

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»

Факультет _____ технологический _____

Кафедра _____ строительных и общепрофессиональных дисциплин _____

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



Схаляхов А.А.

« 29 » 05 20 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.03 Сопротивление материалов

по направлению
подготовки бакалавров 08.03.01 Строительство

по профилю подготовки «Промышленное и гражданское строительство»

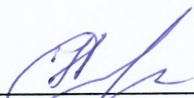
квалификация (степень)
выпускника _____ бакалавр _____

форма обучения _____ очная, заочная _____

год начала подготовки _____ 2020 _____

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана МГТУ по направлению подготовки бакалавров 08.03.01 Строительство

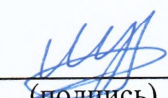
Составитель рабочей программы
Старший преподаватель
(должность, ученое звание, степень)


(подпись)

Саенко Н.Н.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин

Заведующий кафедрой
« 26 » 05 2020 .

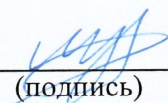

(подпись)

Меретуков З.А.
(Ф.И.О.)

Одобрено учебно-методической комиссией факультета
(где осуществляется обучение)

«26 » 05 2020 .

Председатель
учебно-методического
совета направления (специальности)
(где осуществляется обучение)


(подпись)

Меретуков З.А.
(Ф.И.О.)

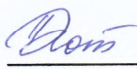
Декан факультета
(где осуществляется обучение)
« 26 » 05 2020 .



Схалыхов А.А.

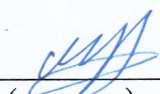
СОГЛАСОВАНО:

Начальник УМУ
« 26 » 05 2020 .


(подпись)

Чудесова Н.Н.
(Ф.И.О.)

Зав. выпускающей кафедрой
по направлению (специальности)
« 26 » 05 2020 .


(подпись)

Меретуков З.А.
(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины является изучение основных понятий и принципов выполнения расчетов различных элементов сооружений на прочность, жесткость, устойчивость. Также цель дисциплины является - заложить фундамент для грамотного проектирования инженерных конструкций.

Задачами курса являются:

- изучить основные виды деформаций и приемы оценки прочности элементов конструкций;
- научить будущего инженера умению представить работу элемента при помощи упрощенной расчетной схемы и соответствующих аналитических зависимостей – физико-математической модели работы конструкции;
- дать оценку прочности существующей конструкции, провести оптимизацию её параметров и т.д.

Студент должен знать: основные понятия и упрощения сопротивления материалов, основные приемы определения внутренних усилий и напряжений для каждого вида деформаций; основные аналитические зависимости, определяющие характер прочностных расчетов, расчетов на жесткость и устойчивость элементов конструкций, а также методы оптимизации основных параметров элементов.

Студент должен уметь: производить расчеты на прочность и жесткость стержней и стержневых систем при растяжении-сжатии, кручении, изгибе и сложном нагружении при статическом и ударном приложении нагрузок, расчеты тонкостенных оболочек вращения по безмоментной теории, расчеты стержней на устойчивость; определять деформации и напряжения в стержневых системах при температурных воздействиях; используя современную вычислительную технику, определять оптимальные параметры системы при изменении одного или нескольких параметров.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Современная действительность требует ускорения научно-технического прогресса, повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, снижения материалоемкости конструкции, повышения производительности, долговечности, надежности машин. Исключительная роль в обеспечении этого процесса принадлежит инженерам, конструкторам, машиностроителям. Значительная роль в формировании облика инженеров широкого профиля отводится дисциплинам общинженерного цикла и, в частности, дисциплине «Сопротивление материалов». Создавая новую конструкцию, инженер назначает первоначальные размеры ее элементов, проводя прочностные расчеты методами сопротивления материалов. Дальнейший расчет конструкций, как правило, производится с помощью ЭВМ численными методами с использованием пакетов прикладных программ. Однако для анализа достоверности получаемых результатов используется сравнение с результатами расчетов по упрощенным моделям методами сопротивления материалов.

Дисциплина «Сопротивление материалов» базируется на знаниях, полученных в процессе изучения курсов «Физика», «Математика», «Строительные материалы», «Теоретическая механика» и, в свою очередь, является базой для изучения курсов «Строительная механика», «Строительные конструкции», «Строительные машины, оборудование и инструменты» и других.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины бакалавр должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- способностью выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения (ПКУВ-3);

- способностью проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения (ПКУВ-4).

В результате обучения дисциплине студент должен:

знать:

- принципы проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, методики назначения основных параметров и их корректировки по результатам расчетного обоснования;

- принципы проектирования зданий сооружений, инженерных систем и оборудования; основные методики расчетного обоснования, составления расчетных схем и порядок выполнения расчетов.

уметь:

- выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию, связанные с расчетным назначением и корректировкой параметров зданий (сооружений);

- составить расчетную схему для проектируемой конструкции согласно задания, выбрать необходимую расчетную методику для назначения (обоснования) ее параметров; использовать соответствующий математический аппарат.

владеть:

- основными методиками расчета параметров строительной конструкции здания (сооружения); корректировки параметров строительной конструкции (сооружения) по результатам расчетного обоснования.

- методами проектирования конструкций, зданий и сооружений в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы по очной форме обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Контактные часы (всего)	85,6/ 2,38	51,25/ 1,42	34,35/ 0,95
В том числе:			
Лекции (Л)	34/0,94	17/0,47	17/ 0,47
Практические занятия (ПЗ)	51/1,42	34/0,94	17/ 0,47
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Контактная работа в период аттестации (КРАТ)	0,35/ 0,01		0,35/ 0,01
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	0,25/ 0,007	0,25/ 0,007	
Самостоятельная работа (СР) (всего)	94,75/ 2,63	20,75/ 0,58	74/ 2,06
В том числе:			
Расчетно-графические работы	84,75/ 2,35	20,75/ 0,58	64/ 1,78
Реферат, доклад	10/ 0,28		10/ 0,28
Курсовой проект (работа)			
Контроль (всего)	35,65/ 0,99		35,65/ 0,99
Форма промежуточной аттестации: (зачет, экзамен)		зачет	экзамен
Общая трудоемкость (часы/ з.е.)	216/6	72/2	144/4

4.2. Объем дисциплины и виды учебной работы по заочной форме обучения

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		3	4
Контактные часы (всего)	20,6/ 0,57	10,25/ 0,28	10,35/ 0,29
В том числе:			
Лекции (Л)	8/0,22	4/0,11	4/0,11
Практические занятия (ПЗ)	12/0,33	6/0,17	6/0,17
Семинары (С)			
Лабораторные работы (ЛР)			
Контактная работа в период аттестации (КРАт)	0,6/ 0,017	0,25/ 0,007	0,35/ 0,01
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)			
Самостоятельная работа (СР) (всего)	183/ 5,08	58/ 1,61	125/ 3,47
В том числе:			
Расчетно-графические работы	183/ 5,08	58/ 1,61	125/ 3,47
Реферат, доклад			
Курсовой проект (работа)			
Контроль (всего)	12,4/ 0,34	3,75/ 0,10	8,65/ 0,24
Форма промежуточной аттестации: (зачет, экзамен)		зачет	экзамен
Общая трудоемкость (часы/ з.е.)	216/6	72/2	144/4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Л	С/ПЗ	КРАТ	СРП	Контроль		СР
3 семестр									
1	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение-сжатие. Расчет статически определимых систем при растяжении-сжатии.	1-2	2	4				3	Конспект темы. Тестовые задания. Решение задач по теме. РГР №1 (Задачи 1.1, 1.3)
2	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.	3-4	2	4				2	Конспект темы. Основные механические характеристики, их определение
3	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.	5-6	2	4				3	Конспект темы. Решение задач по теме. Тестовые задания. РГР №1 (Задача 1.2)
4	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	7-8	2	4				2	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР №2
5	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	9-10	2	4				2	Конспект темы. Решение задач по теме. Тестовые задания. РГР № 3
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр. Напряжения при чистом изгибе.	11-12	2	4				3	Конспект темы. Правила построения эпюр Решение задач по теме.

7.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Напряжения при поперечном изгибе. Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	13-14	2	4				2	Конспект темы. Тестовые задания. РГР № 4. Решение задач по теме.
8.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.	15-16	2	4				2	Конспект темы. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба. Решение задач по теме.
9.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина	17	1	2				1,75	Конспект темы. Определение перемещений способом Верещагина. Решение задач по теме.
	Промежуточная аттестация	17					0,25		Зачет в устной форме
	Итого:		17	34			0,25	20,75	
4 семестр									
10	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых стержневых систем при изгибе.	1-2	2	2				10	Конспект темы. Метод сил. Использование способа Верещагина. Решение задач по теме.
11	Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение-сжатие.	3-4	2	2				8	Конспект темы. Тестовые задания. РГР № 5. Решение задач по теме.
12	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке	5-6	2	2				8	Конспект темы. Матрицы напряжений и деформаций.

	тела.								Решение задач по теме.
13	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	7-8	2	2				8	Конспект темы. Тестовые задания. Решение задач по теме. РГР № 6.
14	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.	9-10	2	2				8	Конспект темы. Тестовые задания. РГР № 7. Решение задач по теме.
15	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	11-12	2	2				8	Конспект темы. Решение задач по теме.
16	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	13-14	2	2				8	Конспект темы. Тестовые задания. РГР № 8. Решение задач по теме.
17	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	15-16	2	2				8	Конспект темы. Решение задач по теме.
18	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	17	1	1				8	Конспект темы. Основные характеристики цикла. Предел выносливости (испытание на выносливость)
	Промежуточная аттестация	17			0,35		35,65		Экзамен в устной форме
	Итого:		17	17	0,35		35,65	74	
	Всего:		34	51	0,35	0,25	35,65	94,75	

5.2. Структура дисциплины для заочной формы обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)					
		Л	С/ЛЗ	КРАТ	СРП	Контроль	СР
3-й семестр							
1	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение-сжатие. Расчет статически определимых систем при растяжении-сжатии.	2	2				6
2	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.						6
3	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.						8
4	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	2	2				6
5	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.						6
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр. Напряжения при чистом изгибе.						8
7.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Напряжения при поперечном изгибе. Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	2	2				6
8.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.	2	2				6
9.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина						6
	Промежуточная аттестация: Зачет в устной форме			0,25		3,75	
	Всего:	4	6	0,25		3,75	58
4-й семестр							
10	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых стержневых систем при изгибе.		2				16
11	Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное						13

	растяжение-сжатие.						
12	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.	2					13
13	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.		2				13
14	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.						16
15	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.						13
16	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.		2				15
17	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	2					13
18	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.						13
	Промежуточная аттестация: Экзамен в устной форме			0,35		8,65	
	Всего:	4	6	0,35		8,65	125
	ИТОГО:	8	12	0,6		12,4	183

5.3. Содержание разделов дисциплины «Сопротивление материалов», образовательные технологии. Лекционный курс.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Трудоемкость (часы / зач. ед.)		Содержание	Формируемые компетенции	Результаты освоения (знать, уметь, владеть)	Образовательные технологии
		ОФО	ЗФО				
4-й семестр							
1.	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение-сжатие. Расчет статически определимых систем при растяжении-сжатии.	2/0,055		Введение: -основные понятия и определения сопротивления материалов; -расчетные схемы; силы внешние и внутренние; -метод сечений; -внутренние усилия и напряжения. Раздел 1. Простое сопротивление. Тема 1.1. Центральное растяжение и сжатие: 1.1.1. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии. 1.1.2. Удлинения, закон Гука. 1.1.3. Влияние температуры. Расчет статически определимых стержневых систем при растяжении и сжатии.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: Основные понятия, определения и допущения сопротивления материалов. Сущность метода сечений. Расчетные формулы для определения напряжений и деформаций. Уметь: анализировать содержание задания, применять метод сечений при решении задач. Владеть: навыками составления расчетной схемы задачи, определения продольных сил, напряжений и деформаций.	Тематическая лекция, слайд-лекция
2	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.	2/0,055		Тема 1.2. Механические испытания материалов. 1.2.1. Диаграмма растяжения углеродистой стали. 1.2.2. Диаграмма истинных напряжений.	ПКУВ-4	Знать: основные механические характеристики материалов, способ их получения и применение. Уметь: анализировать диаграммы испытаний различных материалов и фиксировать по ним основные механические характеристики.	Тематическая лекция, слайд-лекция.

						Владеть: использовать полученные данные для определения расчетных сопротивлений материалов, допускаемых нагрузок, напряжений и перемещений.	
3	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.	2/0,055	2/0,055	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении и сжатии. 1.3.1. Методы раскрытия статической неопределимости. 1.3.2. Уравнения совместности деформаций.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: методы раскрытия статической неопределимости Уметь: составлять уравнения совместности деформаций при решении задач. Владеть: навыками определения внутренних силовых факторов, напряжений и деформаций в статически неопределимых стержневых системах.	Тематическая лекция.
4	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	2/0,055		Тема 1.4. Сдвиг и кручение. 1.4.1. Напряжения при сдвиге. 1.4.2. Закон Гука при сдвиге. 1.4.3. Расчет болтовых и заклепочных соединений на срез и смятие. 1.4.4. Кручение стержней круглого сечения. 1.4.5. Напряжения и углы поворота сечения при кручении круглых стержней. 1.4.6. Эпюры крутящих моментов. 1.4.7. Условие прочности при кручении.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: суть сдвига и кручения как видов деформации, знать основные расчетные формулы для определения напряжений и деформаций при сдвиге и кручении. Уметь: анализировать задачи на сдвиг и кручение, уметь строить эпюры крутящего момента и определять максимальную нагрузку на вал. Владеть: навыками определения внутренних силовых факторов при сдвиге и кручении, расчета нагрузки, проверки прочности и подбора сечения элементов конструкции при заданных допускаемых напряжениях и деформациях.	Тематическая лекция, слайд-лекция
5	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных	2/0,055		Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений. 1.5.1. Статические моменты	ПКУВ-3, ПКУВ-	Знать: основные геометрические характеристики, формулы для их определения. Уметь: применять формулы	Тематическая лекция

	сечений.			площади сечения. 1.5.2. Моменты инерции. 1.5.3. Главные оси и главные моменты инерции.	4	определения геометрических характеристик и перехода к параллельным осям. Владеть: навыками определения различных геометрические характеристики сечений, положения главных центральных осей и главных моментов инерции.	
6	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр. Напряжения при чистом изгибе.	2/0,055		Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. 1.6.1. Внутренние силовые факторы при изгибе. 1.6.2. Изгиб чистый и поперечный. 1.6.3. Дифференциальные зависимости при изгибе. 1.6.4. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. 1.6.5. Напряжения при чистом изгибе.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: суть изгиба, основные компоненты, формулы определения напряжений при чистом изгибе, формулу определения кривизны изогнутого стержня. Уметь: строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, определять опасное сечение стержня. Владеть: навыками определения максимальной нагрузки и напряжений в стержне по эпюре и по расчетным формулам.	Тематическая лекция
7	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Напряжения при поперечном изгибе. Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	2/0,055	2/0,055	1.6.6. Поперечный изгиб. Нормальные и касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского. 1.6.7. Соотношение нормальных и касательных напряжений. 1.6.8. Условие прочности при изгибе. Элементы рационального проектирования простейших систем.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: отличия чистого и поперечного изгиба, допущения для применения расчетных формул, формулы определения напряжений, кривизны изогнутого стержня. Уметь: анализировать задачи изгиба, определять необходимые характеристики по эпюрам и применять расчетные формулы. Владеть: навыками прочностного расчета при изгибе (определение допускаемой нагрузки, проверка прочности и подбор параметров сечения).	Тематическая лекция, слайд-лекция,
8	Тема 1.7. Перемещение при	2/0,055		Тема 1.7. Перемещения при изгибе.	ПКУВ-	Знать: перемещения при изгибе, основные допущения их	Тематическая лекция

	изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.			1.7.1. Приближенное дифференциальное уравнение упругой линии балки. 1.7.2. Интегрирование приближенного дифференциального уравнения. 1.7.3. Методы определения перемещений при изгибе.	3, ПКУВ-4	определения, формулы для определения перемещений при изгибе. Уметь: определять перемещения при изгибе путем интегрирования дифференциального уравнения упругой линии. Владеть: навыками определения уравнений перемещения в стержне, определения перемещений в любой, произвольной точке балки.	
9	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина	1/0,028		Тема 1.7. Перемещения при изгибе. 1.7.4. Интегралы Мора. 1.7.5. Способ Верещагина.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: сущность интегралов Мора, их образования; суть способа Верещагина, принцип перемножения эпюр. Уметь: записывать аналитические выражения для определения перемещений с помощью интегралов Мора, перемножать эпюры по способу Верещагина. Владеть: навыками определения перемещений при изгибе с помощью интегралов Мора и по способу Верещагина.	Тематическая лекция, слайд-лекция
Итого:		17/0,47	4/0,11				
5-й семестр							
10	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых систем при изгибе.	2/0,055		Тема 1.8. Расчет статически неопределимых систем при изгибе. 1.8.1. Метод сил. 1.8.2. Определение перемещений по способу Верещагина.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: суть метода сил; принцип раскрытия статической неопределимости при изгибе. Уметь: составлять рабочую схему балки и определять коэффициенты, входящие в каноническое уравнение метода сил. Владеть: навыками построения эпюр и определения напряжений и деформаций для статически неопределимых систем при изгибе.	Тематическая лекция,

11	Раздел 2. Сложное сопротивление. Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение и сжатие.	2/0,055		Раздел 2. Сложное сопротивление. Тема 2.1. Косой изгиб. 2.1.1. Напряжения при косом изгибе. 2.1.2. Уравнение нейтральной линии сечения при косом изгибе. 2.1.3. Условие прочности при косом изгибе. Тема 2.2. Внецентренное растяжение и сжатие. 2.2.1. Напряжения при внецентренном растяжении и сжатии. 2.2.2. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении и сжатии. 2.2.3. Ядро сечения. 2.2.4. Условие прочности при внецентренном растяжении и сжатии	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: суть определения усилий и напряжений в случае сложного сопротивления; особенности косоугольного изгиба, внецентренного растяжения и сжатия, формулы определения напряжений. Уметь: анализировать задачи сложного сопротивления, определять положение нейтральной линии в сечении при косом изгибе, при внецентренном растяжении и сжатии, определять положение наиболее напряженных точек в сечении. Владеть: навыками расчета на прочность элементов конструкций, работающих в условиях косоугольного изгиба, внецентренного растяжения и сжатия.	Тематическая лекция, слайд-лекция
12	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.	2/0,055	2/0,055	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела. 2.3.1. Тензор напряжений и тензор деформаций. 2.3.2. Главные площадки, главные напряжения и деформации.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: особенности напряженного и деформированного состояний, матрицы и уравнения, их описывающие. Уметь: записывать тензоры напряженного и деформированного состояний для главных и неглавных напряжений и деформаций. Владеть: навыком анализа напряженного и деформированного состояния в точке тела.	Тематическая лекция,
13	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	2/0,055		Тема 2.4. Теории прочности и пластичности. 2.4.1. Условие достижения	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: суть каждого критерия и условие достижения критического состояния по каждому из них.	Тематическая лекция

				критического состояния по каждой из теорий. 2.4.2. Условие прочности для совместного действия кручения и изгиба по III и IV теориям прочности.		Уметь: определять эквивалентное напряжение для конкретной задачи и сравнивать его с допустимым (расчетным сопротивлением). Владеть: навыками расчета на прочность элементов конструкций с использованием теорий прочности.	
14	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.	2/0,055		Раздел 3. Устойчивость элементов конструкций. Тема 3.1. Устойчивость продольно сжатых стержней. 3.1.1. Формула Эйлера для критической силы. 3.1.2. Влияние условий закрепления концов стержня. 3.1.3. Пределы применимости формулы Эйлера. Гибкость стержня. Раздел 4. Продольно поперечный изгиб стержней. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб. 4.1.1. Особенности данного вида нагружения 4.1.2. Расчет на прочность при продольно-поперечном изгибе.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: формулы определения критической силы и критического напряжения, приведенные коэффициенты для различных условий закрепления концов стержня, пределы применимости формулы Эйлера; напряжений при продольно-поперечном изгибе Уметь: определять величины критической силы и напряжения. Владеть: навыками расчета сжатых стержней (подбор сечения, нагрузки и т.д.) на устойчивость; при продольно-поперечном изгибе.	Тематическая лекция, слайд-лекция

15	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	2/0,055		Раздел 5. Динамическое нагружение. Тема 5.1. Учет сил инерции при динамическом нагружении. Расчет элементов конструкций, движущихся с ускорением. 5.1.1. Динамический коэффициент. 5.1.2. Расчет элементов конструкций, движущихся с ускорением.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: принципы динамического расчета, формулы определения усилий, напряжений и перемещений для элементов конструкций, движущихся с ускорением. Уметь: записывать выражения для динамических усилий, напряжений и перемещений с использованием соответствующего динамического коэффициента. Владеть: навыками расчета на прочность элементов конструкций, движущихся с ускорением.	Тематическая лекция, слайд-лекция
16	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	2/0,055	2/0,055	Раздел 5. Динамическое нагружение Тема 5.2. Ударное действие нагрузки. 5.2.1. Приближенный расчет на удар. 5.2.2. Динамический коэффициент при ударе.	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: принципы динамического расчета, формулы определения усилий, напряжений и перемещений для элементов конструкций, подвергающихся ударному воздействию. Уметь: записывать выражения для динамических усилий, напряжений и перемещений с использованием соответствующего динамического коэффициента. Владеть: навыками расчета на прочность элементов конструкций, подвергающихся ударному воздействию.	Тематическая лекция, слайд-лекция
17	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	2/0,055		Раздел 6. Тема 6.1. Работа конструкций за пределами упругости. 6.1.1. Расчет по несущей способности. Раздел 7. Тема 7.1 Оболочки. 7.1.1. Характеристики оболочек. 7.1.2. Расчет безмоментных	ПКУВ-3, ПКУВ-4	Знать: стадии, проходимые балкой вплоть до исчерпания ее несущей способности, формулы пластического предельного момента и пластического момента сопротивления; уравнения равновесия для симметричных оболочек, рассчитываемых по безмоментной теории.	Тематическая лекция

				оболочек вращения.		<p>Уметь: определять предельно допустимые нагрузки и параметры конструкции при расчете по предельному состоянию; определять нагрузку и параметры оболочек, рассчитываемых по безмоментной теории.</p> <p>Владеть: навыками расчета элементов конструкций по предельному состоянию; прочностного расчета безмоментных оболочек вращения.</p>	
18	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	1/0,028		<p>Раздел 8. Повторно-переменное действие нагрузки.</p> <p>Тема 8.1. Циклическое нагружение. Усталость материала.</p> <p>8.1.1. Усталость материала.</p> <p>8.1.2. Предел выносливости.</p> <p>8.1.3. Влияние различных факторов на предел выносливости: масштабный коэффициент, эффективный коэффициент концентрации напряжений.</p> <p>8.1.4. Расчет на усталость.</p>	ПКУВ-3, ПКУВ-4	<p>Знать: суть усталостного разрушения, характеристики цикла при циклическом нагружении, факторы, влияющие на выносливость материала.</p> <p>Уметь: строить и пользоваться диаграммой выносливости материала, учитывать факторы, влияющие на предел выносливости.</p> <p>Владеть: навыками расчета на прочность при повторно-переменном нагружении.</p>	Тематическая лекция
Итого:		17/0,47	4/0,11				
Всего:		34/0,94	8/0,22				

5.4. Практические и семинарские занятия, их наименование, содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических и семинарских занятий	Объем в часах / трудоем-кость в з.е.	
			ОФО	ЗФО
3-й семестр				
1.	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение и сжатие	Расчет статически определимых стержневых систем при растяжении и сжатии. РГР № 1.	4/0,11	2/0,055
2.	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении и сжатии.	Расчет статически неопределимых систем при растяжении и сжатии. РГР № 1.	4/0,11	
3.	Тема 1.4. Сдвиг и кручение. Расчет болтовых и заклепочных соединений на срез и смятие.	Расчет болтовых и заклепочных соединений на срез и смятие.	4/0,11	
4.	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	Расчет элементов конструкций, работающих в условиях сдвига и кручения.	4/0,11	2/0,055
5.	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	Расчет основных геометрических характеристик сечений.	4/0,11	
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб.	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение опасных сечений, проверка прочности балки.	4/0,11	
7.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб.	Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	4/0,11	2/0,055
8.	Тема 1.7. Перемещения при изгибе.	Определение перемещений при изгибе методом интегрирования дифференциального уравнения упругой линии балки.	4/0,11	
9.	Тема 1.7. Перемещения при изгибе.	Определение перемещений при изгибе графо-аналитическими методами.	2/0,055	
Итого:			34/0,94	6/0,17
4-й семестр				
10	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых систем при изгибе.	Расчет статически неопределимых систем при изгибе. Использование способа Верещагина.	2/0,055	2/0,055
11	Раздел 2. Сложное сопротивление. Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение и сжатие.	Расчет статически определимых систем, работающих в условиях сложного сопротивления (косой изгиб, внецентренное растяжение и сжатие).	4/0,11	
12	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	Расчет элементов конструкций с использованием теорий прочности (совместное действие кручения и изгиба).	2/0,055	

13	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.	Расчет элементов конструкций на устойчивость. Расчет элементов конструкций в условиях продольно-поперечного изгиба.	2/0,055	2/0,055
14	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	Динамический расчет. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	2/0,055	2/0,055
15	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	Динамический расчет. Расчет элементов конструкций при ударном действии нагрузки.	2/0,055	
16	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Расчет симметричных оболочек по безмоментной теории.	2/0,055	
17	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	Выносливость элементов конструкций. Особенности определения выносливости конструктивных элементов	1/0,027	
Итого:			17/0,47	6/0,17
Всего:			51/1,42	12/0,33

5.5. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

5.6. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовой проект (работа) учебным планом не предусмотрен.

5.7. Самостоятельная работа обучающихся

Содержание и объем самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения	Объем в часах / трудоемкость в з.е.	
				ОФО	ЗФО
3 семестр					
1.	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение-сжатие. Расчет статически определимых систем при растяжении-сжатии.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР №1 (Задачи 1.1, 1.3)	Неделя 1-2	3/0,083	6/0,167
2.	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.	Конспект темы. Основные механические характеристики, их определение	Неделя 3-4	2/0,055	6/0,167
3.	Тема 1.3. Расчет статически	Конспект темы. Решение задач по	Неделя 5-6	3/0,083	8/0,22

	неопределимых систем при растяжении-сжатии.	теме. РГР №1 (Задача 1.2)			
4.	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР №2	Неделя 7-8	2/0,055	6/0,167
5.	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР № 3	Неделя 9-10	2/0,055	6/0,17
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр. Напряжения при чистом изгибе.	Конспект темы. Правила построения эпюр. Решение задач по теме.	Неделя 11-12	3/0,083	8/0,22
7.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Напряжения при поперечном изгибе. Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	Конспект темы. РГР № 4. Решение задач по теме.	Неделя 13-14	2/0,055	6/0,167
8.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.	Конспект темы. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба. Решение задач по теме.	Неделя 15-16	2/0,055	6/0,167
9.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина	Конспект темы. Определение перемещений способом Верещагина. Решение задач по теме.	Неделя 16-17	1,75/ 0,048	6/0,167
Итого:				20,75/ 0,58	58/ 1,61
4-й семестр					
10.	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых стержневых систем при изгибе.	Конспект темы. Метод сил. Использование способа Верещагина. Решение задач по теме.	Неделя 1-2	10/0,28	16/0,44
11.	Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение-сжатие.	Конспект темы. РГР № 5. Решение задач по теме.	Неделя 3-4	8/0,22	13/0,36
12.	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.	Конспект темы. Матрицы напряжений и деформаций. Решение задач по теме.	Неделя 5-6	8/0,22	13/0,36
13.	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	Конспект темы. Решение задач по	Неделя 7-8	8/0,22	13/0,36

		теме. РГР № 6.			
14.	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.	Конспект темы. РГР № 7. Решение задач по теме.	Неделя 9-10	8/0,22	16/0,44
15.	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	Конспект темы. Решение задач по теме.	Неделя 11-12	8/0,22	13/0,36
16.	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	Конспект темы. РГР № 8. Решение задач по теме.	Неделя 13-14	8/0,22	15/0,42
17.	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	Конспект темы. Решение задач по теме.	Неделя 15-16	8/0,22	13/0,36
18.	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	Конспект темы. Основные характеристики цикла. Предел выносливости (испытание на выносливость)	Неделя 16-17	8/0,22	13/0,36
Итого:				74/ 2,06	125/ 3,47
Всего:				94,75/ 2,63	183/ 5,08

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1. Методические указания (собственные разработки)

1. Учебно-методическое пособие по дисциплине "Соппротивление материалов" [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения / [сост.: Саенко Н.Н., Стерехова Н.В.]. - Майкоп: Магарин О.Г., 2015. - 107 с. - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100025092>
2. Учебно-методическое пособие для выполнения расчетно-графических работ по курсу «Соппротивление материалов» [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей и направлений подготовки (очной и заочной форм обучения) / сост. А.З. Уджуху, Н.Н. Саенко, Н.В. Стерехова – Майкоп, ИП Магарин О.Г., 2011. – 75 с. - Режим доступа: <http://mark.nbmgtu.ru/libdata.php?id=1000053068>

6.2. Литература для самостоятельной работы

1. Схиртладзе, А.Г. Соппротивление материалов. В 2-х ч. Ч.1 [Электронный ресурс]: учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 272 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/933939>
2. Схиртладзе, А.Г. Соппротивление материалов. В 2-х ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 192 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/933947>

3. Сидорин, С.Г. Сопротивление материалов: теория, тестовые задания, примеры решения [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Г. Сидорин, Ф.С. Хайруллин. - М. : РИОР : ИНФРА-М, 2018. - 184 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/792606>
4. Евтушенко, С.И. Сопротивление материалов: Сборник задач с решениями [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Евтушенко, Т.А. Дукмасова, Н.А. Вильбицкая. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 344 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/792242>
5. Атаров, Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.М. Атаров. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 407 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=872437>
6. Межецкий, Г. Д. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник; под общ. ред. Г. Д. Межецкого, Г. Г. Загребина. - М.: Дашков и К, 2016. - 432 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=414836>
7. Логвинов, В.Б. Сопротивление материалов. Лабораторные работы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Логвинов В. Б., Волосухин В. А., Евтушенко С. И. - М.: РИОР, ИНФРА-М, 2016. - 212 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=537040>
8. Муморцев, А.Н. Сборник задач по сопротивлению материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Муморцев, Е.А. Фролов. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2015. - 112 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=494537>
9. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: учебник / В.И.Андреев и др.; под ред. Г.С. Варданяна, Н.М. Атарова. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 512 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448729>

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Этапы формирования компетенции (номер семестра согласно учебному плану)		Наименование учебных дисциплин, формирующих компетенции в процессе освоения образовательной программы
ОФО	ЗФО	
<i>ПКУВ-3 - способность выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения:</i>		
1,2,3	1,2,3	Математика
1,2	1,2	Физика
2	3	Теоретическая механика
3	4	Техническая механика
3,4	3,4	<i>Сопротивление материалов</i>
5	7	Строительная механика

8	9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
8	9	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
8	9	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы
<i>ПКУВ-4 - способностью проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения:</i>		
1,2,3	1,2,3	Математика
1,2	1,2	Физика
2	3	Теоретическая механика
3	4	Техническая механика
3,4	3,4	<i>Сопротивление материалов</i>
5	7	Строительная механика
8	9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
8	9	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
8	9	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

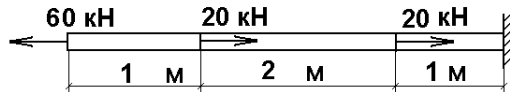
Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	
<p>ПКУВ-3 - способность выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения: ПКУВ -3.6. Назначение основных параметров строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения; ПКУВ -3.7. Корректировка основных параметров по результатам расчетного обоснования строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения.</p>					
<p>знать: принципы проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, методики назначения основных параметров и их корректировки по результатам расчетного обоснования.</p>	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	контрольная работа, защита расчетно-графических работ, тесты, письменный опрос, рефераты, доклады, экзамен
<p>уметь: - выполнять работы по архитектурно-строительному проектированию, связанные с расчетным назначением и корректировкой параметров зданий (сооружений);</p>	Частичные умения	Неполные умения	Учения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
<p>владеть: основными методиками расчета параметров строительной конструкции здания (сооружения); корректировки параметров строительной конструкции (сооружения) по результатам расчетного обоснования.</p>	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
<p>ПКУВ-4 - способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения: ПКУВ-4.4. Выбор методики расчетного обоснования проектного решения конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения; ПКУВ-4.5. Выбор параметров расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения; ПКУВ -4.6. Выполнение расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний.</p>					

<p>знать: - принципы проектирования зданий сооружений, инженерных систем и оборудования; основные методики расчетного обоснования, составления расчетных схем и порядок выполнения расчетов.</p>	<p>Фрагментарные знания</p>	<p>Неполные знания</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания</p>	<p>Сформированные систематические знания</p>	<p>контрольная работа, защита расчетно-графических работ, тесты,</p>
<p>уметь: - составить расчетную схему для проектируемой конструкции согласно задания, выбрать необходимую расчетную методику для назначения (обоснования) ее параметров; использовать соответствующий математический аппарат.</p>	<p>Частичные умения</p>	<p>Неполные умения</p>	<p>Учения полные, допускаются небольшие ошибки</p>	<p>Сформированные умения</p>	<p>письменный опрос, рефераты, доклады, экзамен</p>
<p>владеть: - методами проектирования конструкций, зданий и сооружений в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования.</p>	<p>Частичное владение навыками</p>	<p>Несистематическое применение навыков</p>	<p>В систематическом применении навыков допускаются пробелы</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков</p>	

7.3. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

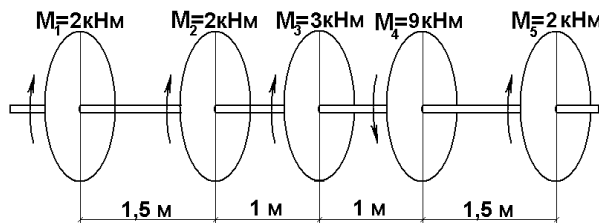
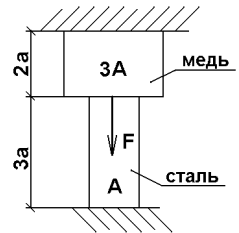
Задания для контрольной работы (приведено несколько вариантов)

Вариант 1 (Промежуточная аттестация (модуль) 4-й семестр)



1) Определить напряжения и удлинения в каждом участке стального стержня модуль упругости стали $E_{ст} = 2 \cdot 10^{11}$ Па. Площадь сечения $A = 4 \text{ см}^2$.

2) Определить внутренние усилия и напряжения в каждом участке стержня. $E_{ст} = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $E_{меди} = 1 \cdot 10^{11}$ Па, $a = 0,5$ м, $F = 20$ кН, $A = 10 \text{ см}^2$.

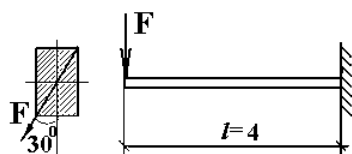


3) На стальной вал через пять шкивов передается крутящий момент. Построить эпюру крутящего момента, подобрать сечение вала при $[\tau] = 90$ МПа. Определить величину угла поворота левого торцевого сечения относительно правого.

Модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^{10}$ Па.

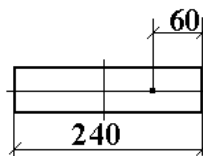
4) Определить, как и во сколько раз изменятся осевые моменты инерции прямоугольного сечения, если его
 а) высота уменьшится в 2 раза?
 б) Ширина увеличится в 3 раза? Доказать рассуждение (в общем виде).

Вариант 2 (Промежуточная аттестация (модуль) 5-й семестр)

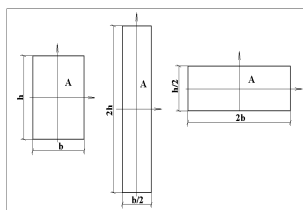


1) Подобрать прямоугольное ($h/b=2$) сечение деревянного стержня, подвергающегося действию силы $F=3$ кН, линия действия которой составляет с вертикалью угол 30° , $l=4$ м, $[\sigma]=10$ МПа.

2) Определить необходимую толщину шириной 24 см, растягиваемой двумя силами 120 кН, приложенными посередине ее см от края полосы; $[\sigma]=180$ МПа.



стальной полосы параллельными ее оси толщины на расстоянии 6



3) Сплошной стальной вал круглого поперечного сечения в опасном сечении подвергается действию крутящего момента $M_z=14$ кНм, и изгибающего момента $M_x=12$ кНм. Из условия прочности по третьей теории прочности, определить необходимый диаметр вала, если допускаемое напряжение $[\sigma]=80$ МПа.

4) Какое из трех сечений стержней наиболее выгодно с точки зрения изгиба? Докажите. А с точки зрения растяжения (сжатия)?

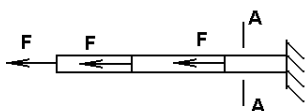
Тесты

Тема: Простое и сложное сопротивление

Вариант 1

1. Как называется способность твердых тел сопротивляться внешним нагрузкам, не разрушаясь?

- | | | | |
|----|---------------|----|---------------|
| 1) | прочностью | 3) | жесткостью |
| 2) | устойчивостью | 4) | выносливостью |

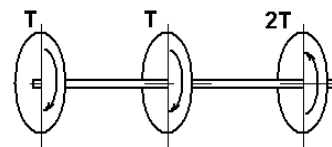


2. Какое усилие действует в сечении А-А?

- | | | | |
|----|-----|----|----------|
| 1) | F. | 3) | -3F. |
| 2) | 3F. | 4) | Никакое. |

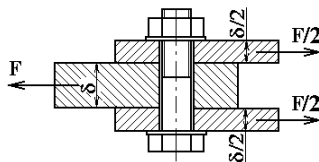
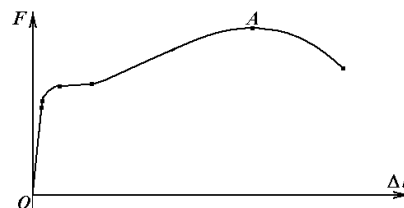
3. Определите вид эпюры крутящего момента для представленного вала.

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 1) | | 3) | |
| 2) | | 4) | |



4. Какую величину рассчитывают, сняв показание по диаграмме в указанной точке А?

- | | |
|----|---------------------------|
| 1) | предел пропорциональности |
| 2) | предел текучести |
| 3) | предел упругости |
| 4) | временное сопротивление |

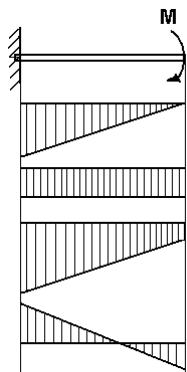


5. Укажите число плоскостей среза для болта, приведенного на рисунке

- | | | | |
|----|----|----|----|
| 1) | 1. | 3) | 2. |
| 2) | 3. | 4) | 4. |

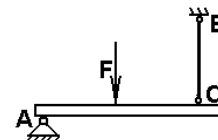
6. Какие напряжения действуют в точке 1 сечения А - А балки?

- | | | |
|--|----|--|
| | 1) | действуют нормальные σ и касательные τ напряжения. |
| | 2) | действуют касательные напряжения τ . |
| | 3) | действуют нормальные напряжения σ . |
| | 4) | нет напряжений. |



7. По какой формуле проводят проверку прочности стержня ВС, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение $[\sigma_p]$ и сжатие $[\sigma_{сж}]$?

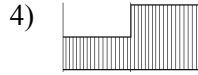
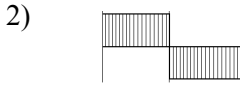
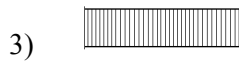
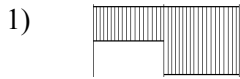
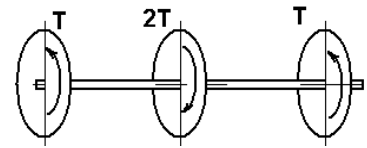
- | | | | |
|----|-------------------------------|----|-----------------------------|
| 1) | $\sigma \leq \sigma_r$. | 3) | $\sigma \leq [\sigma_p]$. |
| 2) | $\sigma \leq [\sigma_{сж}]$. | 4) | $\sigma \leq \sigma_{пц}$. |



8. Какой вид имеет эпюра изгибающего момента для указанной балки?

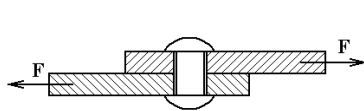
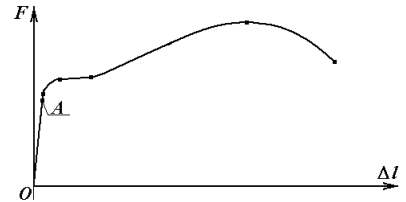
- | | | | |
|----|----------|----|----------|
| 1) | Эпюра 4. | 3) | Эпюра 2. |
| 2) | Эпюра 1. | 4) | Эпюра 3. |

3. Определите вид эпюры крутящего момента для представленного вала.



4. Какую величину рассчитывают, сняв показание по диаграмме в указанной точке А?

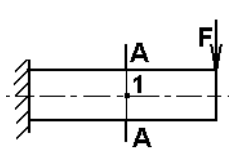
- 1) предел пропорциональности
- 2) предел текучести
- 3) предел упругости
- 4) предел прочности.



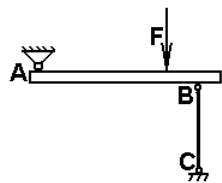
5. Укажите число плоскостей среза для заклепки, приведенной на рисунке

- 1) 4.
- 2) 3.
- 3) 2.
- 4) 1.

6. Какие напряжения действуют в точке 1 сечения А - А балки?



- 1) действуют нормальные напряжения σ .
- 2) действуют касательные напряжения τ .
- 3) нет напряжений.
- 4) действуют нормальные σ и касательные τ напряжения.

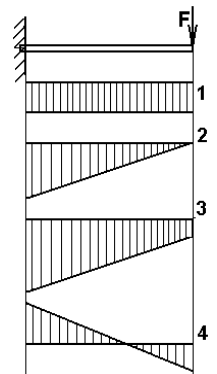


7. По какой формуле проводят проверку прочности стержня ВС, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение $[\sigma_p]$ и сжатие $[\sigma_{сж}]$?

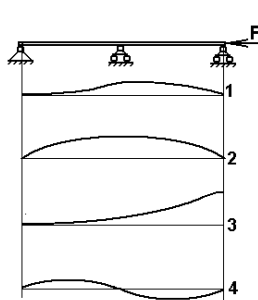
- 1) $\sigma \leq \sigma_T$
- 2) $\sigma \leq [\sigma_{сж}]$
- 3) $\sigma \leq [\sigma_p]$
- 4) $\sigma \leq \sigma_{пц}$

8. Какой вид имеет эпюра изгибающего момента для указанной на рисунке балки ?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



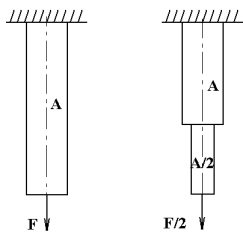
9. Какой вид имеет формула Эйлера для определения критической силы?



- 1) $F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{max}}{l^2}$
- 2) $F_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{min}}{(\mu l)^2}$
- 3) $F_{кр} = EA\epsilon$
- 4) $F_{кр} = \sigma A$

10. Какая форма потери устойчивости имеет место при сжатии упругого стержня, показанного на рисунке ниже силой $F \geq F_{кр}$?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

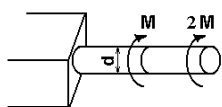


11. Максимальные напряжения в изображенных стержнях соотносятся следующим образом...

- 1) Отсутствуют.
- 2) Равны.
- 3) Во втором вдвое больше первого
- 4) В первом вдвое больше второго.

12. Какая геометрическая характеристика сечения влияет на величину напряжений при изгибе?

- 1) статический момент
- 2) осевой момент инерции
- 3) площадь
- 4) полярный момент инерции

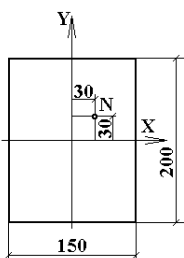


13. Чему равно максимальное перемещение для данного вала?

- 1) $\varphi = 12Ml / G\pi d^2$
- 2) $\varphi = 48M / G\pi d^3$
- 3) $\varphi = 96Ml / G\pi d^4$
- 4) $\varphi = 24M / E\pi d^4$

14. Какая из формул соответствует полярному моменту инерции круглого сечения?

- 1) $J_p = \pi d^3 / 12$
- 2) $J_p = \pi d^3 / 16$
- 3) $J_p = \pi d^4 / 64$
- 4) $J_p = \pi d^4 / 32$



15. Какой вид нагружения возникнет в стержне, если в точке N его поперечного сечения, приложить растягивающую силу F?

- 1) изгиб
- 2) растяжение с изгибом
- 3) растяжение
- 4) изгиб с кручением

Темы расчетно-графических работ

1. Растяжение и сжатие. Статически определимые и неопределимые системы.
2. Кручение стержней с круглым поперечным сечением.
3. .
4. Построение плана положений механизма. Определение рабочего положения механизма. Построение плана скоростей и ускорений.
5. Определение усилий в стержнях при растяжении и сжатии.
6. Построение эпюр крутящих моментов, подбор сечения вала. Определение углов закручивания.
7. Построение эпюр изгибающих моментов, подбор сечения балки.
8. Расчет стержня при внецентренном сжатии.

Темы рефератов и докладов

1. Система сил, произвольно расположенных на плоскости. Составные конструкции.
2. Простейшие движения твердого тела. Практические задачи.
3. Сложное движение материальной точки. Основные элементы движения. Практические задачи.
4. Кинематический анализ рычажных механизмов. Кинематические диаграммы.
5. Силовой анализ рычажных механизмов. Кинетостатический метод. Жесткий рычаг Жуковского.
6. Кулачковые механизмы. Основные характеристики. Проектирование кулачковых механизмов.

7. Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии.
8. Статически неопределимые задачи при кручении.
9. Перемещения при изгибе. Способы определения.
10. Статически неопределимые задачи при изгибе.
11. Основные элементы деталей машин. Соединения разъемные и неразъемные.
12. Передачи трением и зацеплением.
13. Зубчатые передачи с эвольвентным профилем. Основные характеристики.
14. Изготовление зубчатых колес. Применение зубчатых передач.

Примерный список вопросов к экзамену

1. Предмет и задачи курса сопротивления материалов.
2. Основные понятия и определения сопротивления материалов: абсолютно жесткое тело, сплошная среда, расчетная схема, внешние и внутренние силы и т.д.
3. Метод сечений и его применение при определении внутренних усилий.
4. Растяжение и сжатие. Внутренние усилия при растяжении-сжатии.
5. Деформации при растяжении-сжатии. Закон Гука для случая растяжения-сжатия.
6. Напряжения при растяжении-сжатии. Влияние температуры на напряжения (деформации) при растяжении-сжатии.
7. Механические испытания материалов. Испытание материалов на растяжение-сжатие. Диаграмма растяжения углеродистой стали.
8. Механические испытания материалов. Основные механические характеристики материалов. Диаграмма истинных напряжений.
9. Статически определимые и статически неопределимые системы при растяжении-сжатии. Раскрытие статической неопределимости.
10. Сдвиг и кручение. Закон Гука для сдвига. Касательные напряжения при сдвиге. Расчет болтовых и заклепочных соединений.
11. Кручение. Внутренние усилия при кручении. Кручение стержней круглого поперечного сечения. Условие прочности при кручении.
12. Эпюры крутящих моментов.
13. Условия прочности и жесткости при кручении.
14. Геометрические характеристики поперечных сечений. Статические моменты, осевые и центробежные моменты инерции.
15. Формулы перехода к параллельным осям.
16. Главные оси и главные моменты инерции.
17. Изгиб. Внутренние силовые факторы при изгибе. Чистый изгиб. Напряжения при чистом изгибе.
18. Поперечный изгиб. Внутренние силовые факторы при поперечном изгибе. Напряжения при поперечном изгибе. Условие прочности при изгибе.
19. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.
20. Перемещения в стержне при изгибе. Способы определения перемещений в стержнях при изгибе.
21. Интегрирование приближенного дифференциального уравнения изогнутой оси балки.
22. Аналитические и графо-аналитические способы определения перемещений. Интегралы Мора. Способ Верещагина.
23. Статически неопределимые системы при изгибе. Метод сил. Решение простейших статически неопределимых задач при изгибе.
24. Косой изгиб. Нормальные напряжения при косом изгибе. Уравнение нейтральной линии сечения. Условие прочности при косом изгибе.

25. Внецентренное растяжение и сжатие. Нормальные напряжения при внецентренном растяжении и сжатии. Уравнение нейтральной линии сечения при внецентренном растяжении и сжатии.
26. Условие прочности при внецентренном растяжении и сжатии. Ядро сечения.
27. Теории прочности. Теория максимальных касательных напряжений. Энергетическая теория прочности. Выражения для эквивалентных напряжений по III и IV теории прочности.
28. Совместное действие кручения и изгиба. Особенности этого вида нагружения и расчета на прочность.
29. Оболочки. Основные характеристики и свойства оболочек.
30. Расчет оболочек по безмоментной теории. Уравнение Лапласа.
31. Устойчивость сжатых стержней. Критическая сила и критическое напряжение при устойчивости. Пределы применимости формулы Эйлера.
32. Устойчивость сжатых стержней. Влияние закрепления концов стержня на величину критической силы. Гибкость стержня.
33. Динамическое нагружение. Учет сил инерции при динамическом нагружении. Динамический коэффициент при движении тел с ускорением.
34. Динамическое нагружение. Ударные нагрузки. Приближенный расчет на удар. Динамический коэффициент при ударе.
35. Повторно-переменные нагрузки. Характеристики цикла при повторно-переменном нагружении. Усталость материала. Основные свойства.
36. Работа конструкции за пределами упругости. Расчет по несущей способности.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Результаты текущего контроля используются при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования

1. Индивидуальная балльная оценка:
 - оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 85% тестовых заданий;
 - оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 70% тестовых заданий;
 - оценка «удовлетворительно» - не менее 51 %;
 - оценка «неудовлетворительно» - если студент правильно ответил менее чем на 50% тестовых заданий.
2. Показатели уровня усвоения учебного элемента или дисциплины в целом:
 - процент студентов, правильно выполнивших задание;
 - процент студентов, освоивших все дидактические единицы дисциплины.

Требования к расчетно-графической работе

Расчетно-графическая работа представляет собой один из видов самостоятельной работы обучающихся. По сути – это изложение ответов на определенные теоретические вопросы по учебной дисциплине с решением практических задач. Расчетно-графические работы проводятся для того, чтобы развить у обучающихся способность к анализу научной и учебной литературы, умение обобщать, систематизировать и оценивать практический и научный материал, укреплять навыки овладения понятиями определенной науки и другие.

При оценке расчетно-графической работы преподаватель руководствуется следующими критериями:

- работа была выполнена автором самостоятельно;
- обучающийся освоил лекционный материал, который необходим для осмысления темы работы;
- автор сумел составить логически обоснованный план, который соответствует поставленным задачам и сформулированной цели;
- обучающийся проанализировал дополнительный материал в виде основной дополнительной литературы, информации сайтов интернета;
- расчетно-графическая работа отвечает всем требованиям четкости изложения и аргументированности, объективности и логичности, грамотности и корректности;
- обучающийся сумел обосновать свою точку зрения;
- расчетно-графическая работа оформлена в соответствии с требованиями;
- автор защитил расчетно-графическую работу и успешно ответил на все вопросы преподавателя.

Расчетно-графическая работа, выполненная небрежно, без соблюдения правил, предъявляемых к ее оформлению, возвращается без проверки с указанием причин, которые доводятся обучающемуся. В этом случае работа выполняется повторно.

Критерии оценки знаний при написании расчетно-графической работы

Отметка «отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов работы и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Отметка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Отметка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на расчетно-графическую работу тем, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Отметка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания выносимых на расчетно-графическую работу вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания.

Обучающийся для полного освоения материала должен выполнить весь комплекс расчетно-графических работ. Получить общую среднеарифметическую оценку.

Требования к выполнению контрольной работы

Контрольная работа представляет собой один из видов самостоятельной работы обучающихся. По сути – это изложение ответов на определенные теоретические вопросы по учебной дисциплине, а также решение практических задач. Контрольные проводятся для того, чтобы развить у обучающихся способности к анализу научной и учебной литературы, умение обобщать, систематизировать и оценивать практический и научный материал, укреплять навыки овладения понятиями определенной науки и другие.

При оценке контрольной преподаватель руководствуется следующими критериями:

- работа была выполнена автором самостоятельно;

- обучающийся подобрал достаточный список литературы, который необходим для осмысления темы контрольной;
- автор сумел составить логически обоснованный план, который соответствует поставленным задачам и сформулированной цели;
- обучающийся проанализировал материал;
- контрольная работа отвечает всем требованиям четкости изложения и аргументированности, объективности и логичности, грамотности и корректности;
- обучающийся сумел обосновать свою точку зрения;
- контрольная работа оформлена в соответствии с требованиями;
- автор защитил контрольную работу и успешно ответил на все вопросы преподавателя.

Контрольная работа, выполненная небрежно, не по своему варианту, без соблюдения правил, предъявляемых к ее оформлению, возвращается без проверки с указанием причин, которые доводятся до обучающегося. В этом случае контрольная работа выполняется повторно.

Вариант контрольной работы выдается в соответствии с порядковым номером в списке студентов.

Критерии оценки знаний при написании контрольной работы

Отметка «отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов контрольной работы и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Отметка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Отметка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на контрольную работу тем, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Отметка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания выносимых на контрольную работу вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания.

Результаты промежуточной аттестации

Зачет

Зачет – форма проверки знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в процессе усвоения учебного материала лекционных, практических и семинарских занятий по дисциплине.

Критерии оценки знаний на зачете

Зачет может проводиться в форме устного опроса или по вопросам, с предварительной подготовкой или без подготовки, по усмотрению преподавателя.

Вопросы утверждаются на заседании кафедры и подписываются заведующим кафедрой. Преподаватель может проставить зачет без опроса или собеседования тем студентам, которые активно участвовали в семинарских занятиях.

Шкала оценивания: двухбалльная шкала – не зачтено (не выполнено); зачтено (выполнено).

Оценка «зачтено» ставится обучающемуся, ответ которого свидетельствует:

- о полном знании материала по программе;
- о знании рекомендованной литературы,
- о знании концептуально-понятийного аппарата всего курса а также содержит в целом правильное и аргументированное изложение материала.

Оценка «не зачтено» ставятся обучающемуся, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

Экзамен

Экзамен по дисциплине (модулю) служит для оценки работы обучающегося в течение семестра (семестров) и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных им теоретических и практических знаний, приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления, умение синтезировать полученные знания и применять их в решении профессиональных задач.

Критерии оценки знаний на экзамене

Экзамен может проводиться в форме устного опроса по билетам (вопросам) или без билетов, с предварительной подготовкой или без подготовки, по усмотрению преподавателя. Экзаменатор вправе задавать вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи по программе данного курса.

Экзаменационные билеты (вопросы) утверждаются на заседании кафедры и подписываются заведующим кафедрой. В билете должно содержаться не более трех вопросов. Комплект экзаменационных билетов по дисциплине должен содержать 20-25 билетов.

Экзаменатор может проставить экзамен без опроса или собеседования тем студентам, которые активно участвовали в семинарских занятиях.

Отметка «отлично» - студент глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Студент не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, заданиями и другими видами применения знаний, показывает знания законодательного и нормативно-технического материалов, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

Отметка «хорошо» - студент твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических заданий.

Отметка «удовлетворительно» - студент усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

Отметка «неудовлетворительно» - студент не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература:

1. Схиртладзе, А.Г. Сопротивление материалов. В 2-х ч. Ч.1 [Электронный ресурс]: учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 272 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/933939>

2. Схиртладзе, А.Г. Сопротивление материалов. В 2-х ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебник / А.Г. Схиртладзе, А.В. Чеканин, В.В. Волков. - Москва: КУРС: ИНФРА-М, 2018. - 192 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/product/933947>
3. Сидорин, С.Г. Сопротивление материалов: теория, тестовые задания, примеры решения [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.Г. Сидорин, Ф.С. Хайруллин. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2018. - 184 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/792606>
4. Евтушенко, С.И. Сопротивление материалов: Сборник задач с решениями [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И. Евтушенко, Т.А. Дукмасова, Н.А. Вильбицкая. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 344 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/792242>
5. Атаров, Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.М. Атаров. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 407 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=872437>

8.2. Дополнительная литература:

1. Логвинов, В.Б. Сопротивление материалов. Лабораторные работы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Логвинов В. Б., Волосухин В. А., Евтушенко С. И. - М.: РИОР, ИНФРА-М, 2016. - 212 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=537040>
2. Межецкий, Г. Д. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник; под общ. ред. Г. Д. Межецкого, Г. Г. Загребина. - М.: Дашков и К, 2016. - 432 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=414836>
3. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: учебник / В.И.Андреев и др.; под ред. Г.С. Варданяна, Н.М. Атарова. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 512 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=448729>
4. Учебно-методическое пособие по дисциплине "Сопротивление материалов" [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения / [сост.: Саенко Н.Н., Стерехова Н.В.]. - Майкоп: Магарин О.Г., 2015. - 107 с. - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100025092>
5. Учебное пособие по дисциплине "Сопротивление материалов" [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения / [сост. Саенко Н.Н.]. - Майкоп: Магарин О.Г., 2013. - 168 с. - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100025096>
6. Учебно-методическое пособие для выполнения расчетно-графических работ по курсу «Сопротивление материалов» [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей и направлений подготовки (очной и заочной форм обучения) / сост. А.З. Уджуху, Н.Н. Саенко, Н.В. Стерехова – Майкоп, ИП Магарин О.Г., 2011. – 75 с. - Режим доступа: <http://mark.nbmgtu.ru/libdata.php?id=1000053068>

8.3. Информационно-телекоммуникационные ресурсы сети «Интернет»

1. Образовательный портал ФГБОУ ВО «МГТУ» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://mkgtu.ru/>
4. Научная электронная библиотека www.eLIBRARY.RU – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

5. Электронный каталог библиотеки – Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8004/catalog/fo12>;
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
7. http://mysopromat.ru/uchebnye_kursy/sopromat/ На сайте представлены лекции, учебные и учебно-методические материалы по сопротивлению материалов.
8. [https:// www.sopromat.ru](https://www.sopromat.ru) На сайте представлены лекционный курс, учебно-методические материалы, олимпиадные задачи и другие материалы по курсу «Сопротивление материалов».

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Разделы лекционного курса дисциплины: Введение. Основные понятия и определения сопротивления материалов. Метод сечений. Внутренние усилия и напряжения. Центральное растяжение и сжатие. Механические характеристики материалов. Диаграмма растяжения углеродистой стали. Сдвиг и кручение. Расчет болтовых и заклепочных соединений. Кручение. Эпюры крутящих моментов. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Напряжения при чистом и поперечном изгибе. Перемещения при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения упругой линии балки. Интегралы Мора. Способ Верещагина. Статически неопределимые системы при изгибе. Метод сил. Сложное сопротивление. Косой изгиб. Внецентренное растяжение и сжатие. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела. Критерии прочности и пластичности. Устойчивость продольно сжатых стержней. Пределы применимости формулы Эйлера. Продольно-поперечный изгиб. Динамическое нагружение. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением. Расчет при ударе. Оболочки. Расчет симметричных оболочек по безмоментной теории. Работа конструкции за пределами упругости. Расчет по несущей способности. Повторно-переменные нагрузки. Выносливость материала. Факторы, влияющие на предел выносливости.

Для освоения лекционного курса применяются тематические лекции и лекции-визуализации. Тематические лекции представляют студентам основные вопросы темы, практические вопросы и возникающие в связи с ними задачи, способы их решения. Основные блоки лекции, которые обязательно должен усвоить студент, конспектируются. Лекции-визуализации помогают освоить темы, как на слух, так и зрительно, что способствует лучшему усвоению материала.

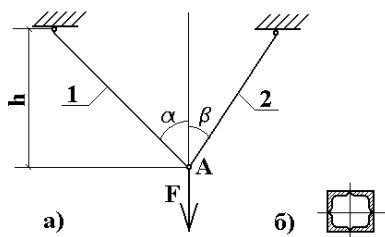
Практические работы включают в себя решение практических задач на основе теоретического материала, усвоенного студентом на лекционном занятии, а также подготавливают почву для самостоятельного выполнения студентом расчетно-графической работы по соответствующей теме курса. Каждое практическое занятие и расчетно-графическая работа дополняет лекционный материал и позволяет студентам самостоятельно использовать свои знания для решения профильных задач. Для выполнения расчетно-графических работ требуются листы формата А4, со стандартной рамкой. Первый лист – титульный включает название работы – тему, данные о студенте, выполнившем работу и соответствующий вариант работы. Последующие листы - постановка задачи (проблемы) и ее решение. Каждая новая расчетно-графическая работа оформляется с нового листа. Для оформления исходных схем и схем расчета необходимы чертежные инструменты. Для грамотного выполнения работы обучающийся обязан изучить предварительно лекционный материал, соответствующую основную и дополнительную литературу, материалы практических занятий по темам. Расчетно-графические работы можно выполнять, используя современные компьютерные технологии.

Каждая выполненная работа защищается преподавателю и оценивается им.

Методические указания к расчетно-графическим работам

Расчетно-графическая работа № 1

Задача 1.1 Статически определимые конструкции. К двум стержням, выполненным из разных материалов, подвешен груз F , как показано на рисунке 1.1, а. Стержень 1 выполнен из стали, стержень 2 – медный. Определить:



1. При заданной величине силы F – параметры сечения стержней 1 и 2 (сечения стержней – четыре равнобоких уголка (рис. 1.1, б)). А также перемещение точки приложения силы F .

2. При заданных размерах сечения стержней 1 и 2, примем одинаковые сечения для обеих стержней (таблица 1.1) – определить предельно допускаемую величину силы F .

Рисунок 1.1

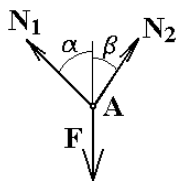
Таблица 1.1

№ п/п	F , кН	Сечение стержней	α , град	β , град	Допускаемое напряжение $[\sigma]_1$, МПа	Допускаемое напряжение $[\sigma]_2$, МПа
0	600	45×45×5	45	30	160	120
1	500	40×40×5	60	30	180	140
2	450	50×50×5	45	60	160	100
3	400	60×60×5	30	45	160	100
4	600	56×56×5	30	60	180	140
5	650	50×50×6	45	60	200	140
6	500	60×60×8	60	45	140	120
7	400	60×60×10	30	60	140	100
8	350	50×50×8	60	45	160	100
9	550	45×45×4	45	60	180	120

Пример решения задачи 1.1

К двум стержням, выполненным из разных материалов, приложена сила $F=500$ кН. Подобрать необходимые параметры сечений стержней 1 и 2, если форма сечения – четыре равнобоких уголка (рис.1.1, б). Материал стержней: 1 – сталь с допускаемым напряжением $[\sigma]_1=180$ МПа, 3 – медь с допускаемым напряжением $[\sigma]_2=120$ МПа. Определим также величину и направление перемещения узла приложения силы F (графически). Углы наклона $\alpha=30^\circ$, $\beta=45^\circ$. Модули упругости материалов стали $E_{cm} = 2 \cdot 10^5$ МПа, и меди $E_{cm} = 1 \cdot 10^5$ МПа. Высота $h=0,7$ м.

Рисунок 1.2



Решение

Вырежем узел А и рассмотрим его равновесие (рис. 1.2). Для данной системы, сходящаяся система сил, мы можем составить только два уравнения равновесия (в виде суммы сил на оси X и Y). Таким образом, имеем:

$$1) \quad \sum F_{iX} = 0; \quad -N_1 \cdot \sin\alpha + N_2 \cdot \sin\beta = 0, \text{ откуда} \quad (1.1)$$

$$N_2 = N_1 \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}. \quad (1.2)$$

$$2) \quad \sum F_{iY} = 0; \quad N_1 \cdot \cos\alpha + N_2 \cdot \cos\beta - F. \quad (1.3)$$

Подставляя зависимость (1.2) во второе уравнение, имеем

$$N_1 \cdot \cos\alpha + \frac{N_1 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta}{\sin\beta} - F = 0, \text{ и подставляя числовые значения}$$

$$N_1 \cdot 0,866 + \frac{N_1 \cdot 0,5 \cdot 0,7071}{0,7071} - F = 0,$$

$$1,366 \cdot N_1 = F, \text{ откуда } N_1 = \frac{F}{1,366} = \frac{500}{1,366} = 366 \text{ кН, тогда}$$

$$N_2 = \frac{366 \cdot 0,5}{0,7071} = 258,82 \text{ кН.}$$

Теперь, зная усилия в стержнях, можно определить необходимые параметры сечений.

Из условия прочности $\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma]$, получим для первого стержня

$$A_1 = \frac{N_1}{[\sigma_1]} = \frac{366 \cdot 10^3}{180 \cdot 10^6} = 20,33 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 20,33 \text{ см}^2,$$

поскольку по условию задачи сечение состоит из 4-х одинаковых уголков, то необходимый профиль первого стержня

$$A_{11} = \frac{20,33}{4} = 5,08 \text{ см}^2.$$

Аналогично, из того же условия прочности для второго стержня получаем

$$A_2 = \frac{N_2}{[\sigma_2]} = \frac{258,82 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6} = 21,57 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 21,57 \text{ см}^2,$$

тогда необходимая площадь сечения, т.е. площадь сечения профиля $A_{21} = \frac{21,57}{4} = 5,39 \text{ см}^2$.

По сортаменту, для первого стержня подбираем уголок $45 \times 45 \times 6$, имеющий площадь сечения $A_{11} = 5,08 \text{ см}^2$. Для второго стержня выбираем сечение $50 \times 50 \times 6$, у которого $A_{21} = 5,69 \text{ см}^2$.

Далее, уже зная параметры сечений стержней, определяем перемещение узла А, приложения внешней силы. Для этого поочередно определяем удлинение каждого стержня по формуле:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \quad (1.4)$$

$$\Delta l_1 = \frac{366 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot \cos 30}{2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 5,08 \cdot 10^{-4}} = 5,46 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,546 \text{ мм}$$

$$\Delta l_2 = \frac{258,82 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot \cos 45}{1 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 5,69 \cdot 10^{-4}} = 5,63 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,563 \text{ мм}$$

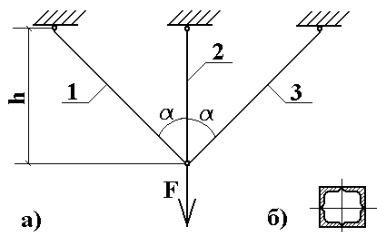
Перемещение узла А получим графически, откладывая на миллиметровке перемещение каждого стержня (под соответствующим углом).



Здесь $|AK| = \Delta l_1$ – удлинение 1-го стержня, $|KA_1| = \Delta l_2$ – удлинение 2-го стержня. Окончательно, $|AA_1|$ – перемещение узла А – вектор, соединяющий начальное и конечное положение узла. Для наглядности, построение выполним в масштабе 50:1 (рис. 1.3). В нашем случае перемещение узла составит 8,6 мм.

Рисунок 1.3

Задача 1.2 Статически неопределимые конструкции. К конструкции, состоящей из трех стержней, приложена сила F, как показано на рисунке 1.4, а. Стержни 1 и 2 – стальные, стержень 3 – медный. Сечения стержней одинаковые и состоят из четырех равнобоких уголков (рис. 1.4, б). Модули упругости стержней принять равными: $E_1 = E_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_2 = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.



Требуется:

1. Определить напряжения в стержнях и допускаемую величину силы F при заданных значениях допускаемых напряжений в стержнях.
2. Определить монтажные напряжения в стержнях при условии, что длина 2-го стержня отличается от номинальной на величину λ .

Рисунок 1.4

Таблица 1.2.

№ пп	Сечение профиля стержней	Высота конструкции и h, м	Угол α, град	Отклонение от номинала λ, мм	Допускаемое напряжение $[\sigma]_{1,3}$, МПа	Допускаемое напряжение $[\sigma]_2$, МПа
0	45×45×5	1	60	2	160	120
1	70×70×6	1,5	30	2,5	180	120
2	50×50×5	1,5	45	2,5	200	140
3	50×50×6	0,8	60	1,2	200	140
4	60×60×6	1,2	30	1,5	160	140
5	60×60×5	1	45	2	180	120
6	40×40×5	2	30	3	200	140
7	70×70×7	2	45	3	160	140
8	70×70×9	1	60	1,5	180	140

9	75×75×8	1,6	45	1,5	160	140
---	---------	-----	----	-----	-----	-----

Пример решения задачи 1.2

К конструкции, состоящей из трех стержней, приложена сила F , как показано на рисунке 1.4, а. Сечения стержней одинаковые, и состоят из четырех равнобоких уголков $50 \times 50 \times 5$ (рис. 1.4, б), площадь поперечного сечения стержней $A = 4 \times 4,8 = 19,2 \text{ см}^2$. Модули упругости стержней принять равными: $E_1 = E_3 = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_2 = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Угол $\alpha = 30^\circ$. Материал стержней: 1, 3 – сталь с допускаемым напряжением $[\sigma]_{1,3} = 180 \text{ МПа}$, 2 – медь с допускаемым напряжением $[\sigma]_2 = 120 \text{ МПа}$. Отклонение длины 2-го стержня от номинала $\lambda = +1,5 \text{ мм}$. Высота $h = 0,7 \text{ м}$.

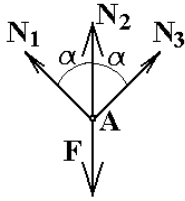
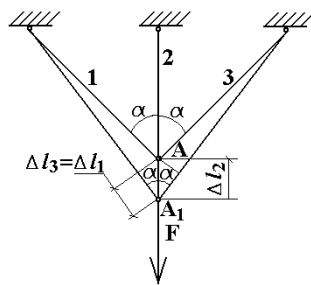


Рисунок 1.5

1.2.1. Определить напряжения в стержнях и допускаемую величину силы F при заданных значениях допускаемых напряжений в стержнях.

Вырежем узел А и рассмотрим его равновесие (рис. 1.5). Для данной системы сил мы можем составить только два уравнения равновесия (в виде суммы сил на оси X и Y).



$$1) \sum F_{iX} = 0; -N_1 \cdot \sin \alpha + N_3 \cdot \sin \alpha = 0, \quad (1.5)$$

$$-N_1 \cdot \sin 30^\circ + N_3 \cdot \sin 30^\circ = 0, \text{ откуда} \\ N_1 = N_3. \quad (1.6)$$

$$2) \sum F_{iY} = 0; N_1 \cdot \cos \alpha + N_3 \cdot \cos \alpha + N_2 - F = 0, \quad (1.7)$$

$$N_1 \cdot \cos 30^\circ + N_3 \cos 30^\circ + N_2 - F = 0.$$

Рисунок 1.6

Таким образом, имеем три неизвестных усилия при двух уравнениях статики. То есть, наша система является один раз статически неопределимой: $(ССН = m - n = 3 - 2 = 1)$. Здесь ССН – степень статической неопределимости системы, m – число неизвестных усилий в системе, n – число уравнений равновесия для заданной системы сил. Для раскрытия статической неопределимости системы, составляем *уравнение совместности деформации*.

Рассматривая характер совместного деформирования всех трех стержней (рис. 1.6), составляем условие совместного деформирования системы:

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{\cos \alpha}, \quad (1.8)$$

поскольку $N_1 = N_3$, и $\Delta l_1 = \Delta l_3$, то вторая зависимость выглядит аналогично

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta l_3}{\cos \alpha}, \quad (1.19)$$

и можно использовать любую из них, тогда $\Delta l_2 = \frac{\Delta l_1}{\cos 30^\circ}$.

$$\frac{N_2 \cdot l_2}{E_2 \cdot A_2} = \frac{N_1 \cdot l_1}{\cos 30^\circ \cdot E_1 \cdot A_1}.$$

Кроме того, согласно схеме закрепления (рис. 1.6) $l_1 = l_3 = \frac{l_2}{\cos 30^\circ}$ и по условию задачи $A_1 = A_2 = A_3 = A$, $E_1 = E_3 = 2 \cdot E_2$, т.к. $E_{\text{стали}} = 2 \cdot E_{\text{меди}}$ следовательно

$$\frac{N_2 \cdot l_2}{E_2 \cdot A} = \frac{N_1 \cdot l_2}{\cos^2 30^\circ \cdot 2 E_2 \cdot A}, \text{ откуда} \\ N_2 = \frac{N_1}{2 \cos^2 30^\circ} = \frac{N_1}{1,5}. \quad (1.10)$$

Подставляя зависимость (1.10) в уравнение равновесия (1.7) при использовании (1.6), имеем

$$2N_1 \cos 30^\circ + \frac{N_1}{2 \cos^2 30^\circ} = F; \quad 2,4 \cdot N_1 = F, \text{ откуда}$$

$$N_1 = F / 2,4. \quad (1.11)$$

Соответственно, реакции в остальных стержнях:

$$N_3 = F / 2,4. \quad (1.12)$$

$$N_2 = \frac{F}{1,5 \cdot 2,4} = \frac{F}{3,6}. \quad (1.13)$$

Далее, определяем реакции в стержнях по формуле

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (1.14)$$

Соответствующие напряжения:

$$\sigma_1 = \sigma_3 = \frac{F}{2,4 \cdot 19,2 \cdot 10^{-4}} = \frac{F}{4,6 \cdot 10^{-3}} = 217,0 \cdot F \text{ Па.}$$

$$\sigma_2 = \frac{F}{3,6 \cdot 19,2 \cdot 10^{-4}} = \frac{F}{6,91 \cdot 10^{-3}} = 144,7 \cdot F \text{ Па.}$$

Используя полученные зависимости для напряжений в стержнях и заданные значения допускаемых напряжений, определим допускаемое значение нагрузки F:

$$[F]_1 = \frac{[\sigma]_1}{217,4} = \frac{180 \cdot 10^6}{217,4} = 829493 \text{ Н} \approx 829,5 \text{ кН.}$$

$$[F]_2 = \frac{[\sigma]_2}{144,7} = \frac{120 \cdot 10^6}{144,7} = 829302 \text{ кН} = 829,3 \text{ кН.}$$

Поскольку, допускаемое значение внешнего усилия, полученного из условия прочности второго стержня меньше, чем аналогичное, полученное из условия прочности первого, то окончательно допускаемая величина силы F принимается равной 829,3 кН:

$$[F] = 829,3 \text{ кН}$$

1.2.2 Определить монтажные напряжения в стержнях от неточности изготовления 2-го стержня. Второй стержень выполнен больше своей номинальной длины на 1,5 мм (рис 1.7).

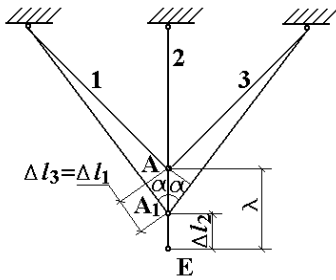


Рисунок 1.7

Поскольку стержень 2 выполнен отличным от номинала, то соединение конструкции в точке А невозможно, также невозможно соединить стержни и в точке Е, поскольку не позволяют стержни 1 и 3. Соединение возможно в некоей промежуточной точке А₁. При этом происходит деформирование всех трех стержней: стержни 1 и 3 удлиняются, а стержень 2 – укорачивается. При этом в стержнях возникают соответствующие продольные силы. Вырежем узел А₁ и рассмотрим его равновесие (рис. 1.8).

Уравнения равновесия узла А₁ запишем в виде суммы сил на оси Х и

У.

Уравнения равновесия узла А₁ запишем в виде суммы сил на оси Х и

$$\sum F_{iX} = 0; -N_1 \cdot \sin\alpha + N_3 \cdot \sin\alpha = 0, \text{ откуда}$$

$$N_1 = N_3. \quad (1.15)$$

$$\sum F_{iY} = 0; N_1 \cdot \cos\alpha + N_3 \cdot \cos\alpha - N_2 = 0. \quad (1.16)$$

Подставив (1.15) в (1.16), получим

$$2N_1 \cdot \cos\alpha = N_2. \quad (1.17)$$

Тогда, согласно условию задачи $N_2 = 2N_1 \cdot \cos 30^\circ$.

Имеем одно уравнение при двух неизвестных. Составляем дополнительно уравнение совместности деформации (рис.1.7):

$$\lambda = \Delta l_2 + \frac{\Delta l_1}{\cos 30^\circ} \quad (1.18)$$

Подставляя сюда выражения для деформаций из (1.4), получаем

$$\lambda = \frac{N_2 \cdot l_2}{E_2 \cdot A_2} + \frac{N_1 \cdot l_1}{E_1 \cdot A_1 \cdot \cos 30^\circ}. \quad (1.19)$$

Кроме того, из той же схемы рисунка 1.7, видно, что длины стержней связаны зависимостью

$$l_1 = l_2 / \cos\alpha. \quad (1.20)$$

Таким образом, используя (1.20) и условие, что $E_1 = E_3 = 2 \cdot E_2$, т.к. $\kappa E_{стали} = 2 \cdot E_{меди}$ и $A_1 = A_2 = A_3 = A$, получаем

$$\lambda = \frac{N_2 \cdot l_2}{E_2 \cdot A} + \frac{N_1 \cdot l_2}{2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ}$$

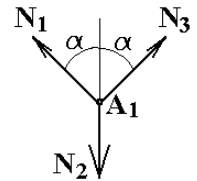
$$\lambda = \frac{2 \cdot N_2 \cdot l_2 \cdot \cos^2 30^\circ}{2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ} + \frac{N_1 \cdot l_2}{2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ}$$

$$\lambda \cdot 2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ = 2 \cdot N_2 \cdot l_2 \cdot \cos^2 30^\circ + N_1 \cdot l_2$$

Используя (1.17), получаем

$$\lambda \cdot 2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ = 4 \cdot N_1 \cdot l_2 \cdot \cos^3 30^\circ + N_1 \cdot l_2$$

Рисунок 1.8



$$N_1 = \frac{\lambda \cdot 2 \cdot E_2 \cdot A \cdot \cos^2 30^\circ}{4 \cdot l_2 \cos^3 30^\circ + l_2}, \text{ подставим числовые значения, учитывая что, } h = \Delta l_2, \text{ имеем}$$

$$N_1 = N_3 = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 1 \cdot 10^{11} \cdot 19,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,75}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,65 + 0,7} = \frac{432000}{2,52} = 171429 \text{ Н} = 171,4 \text{ кН.}$$

$$N_2 = 2 \cdot 171,4 \cdot \cos 30^\circ = 296,9 \text{ кН}$$

Соответствующие монтажные напряжения в стержнях будут равны:

$$\sigma_1 = \sigma_3 = \frac{171429}{19,2 \cdot 10^{-4}} = 89,3 \cdot 10^6 \text{ Па} = 89,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_2 = \frac{296924}{19,2 \cdot 10^{-4}} = 154,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 154,6 \text{ МПа}$$

Поскольку $\sigma_2 > [\sigma]_2 = 120 \text{ МПа}$, то для сохранения прочности конструкции, необходимо увеличить площадь сечения стержня 2 до значения

$$A_2 = \frac{296924}{120 \cdot 10^6} = 24,74 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 24,74 \text{ см}^2,$$

тогда необходимый профиль сечения $A_{22} = \frac{24,74}{4} = 6,19 \text{ см}^2$. Таким образом, необходимым профилем для стержня 2 является уголок $50 \times 50 \times 7$ с $A_{22} = 6,56 \text{ см}^2$.

Задача 1.3 Влияние изменения температуры при растяжении и сжатии. Температура металлического стержня, жестко зашпеленного с обоих концов, изменяется на величину $\Delta t, ^\circ\text{C}$ (рис. 1.9). Определить величину напряжения и деформации, возникающих в стержне при изменении температуры. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha, ^\circ\text{C}^{-1}$.

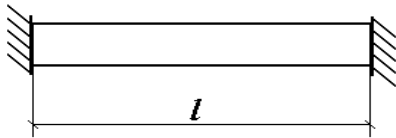


Рисунок 1.9

Таблица 1.3

№ п/п	Длина l , м	Изменение температуры, $\Delta t, ^\circ\text{C}$	Материал	Коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^7, ^\circ\text{C}^{-1}$
0	1.2	40	алюминий	230
1	1.4	-40	медь	170
2	1.6	-50	сталь	120
3	1.8	50	сталь	120
4	2.0	30	медь	170
5	1.7	-30	алюминий	230
6	1.5	60	сталь	120
7	1.9	-55	алюминий	230
8	1.3	55	медь	170
9	2.2	-60	сталь	120

Пример решения задачи 1.3.

Пусть задан медный ($E = 1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$) стержень длиной $l = 1,5 \text{ м}$, жестко зашпеленный обоими концами (рис. 1.9), температура которого повышается на $\Delta t = 50 ^\circ\text{C}$. Определить величину напряжения и деформации, возникающих в стержне при изменении температуры. Коэффициент линейного расширения материала $\alpha = 170 \cdot 10^{-7}, ^\circ\text{C}^{-1}$.

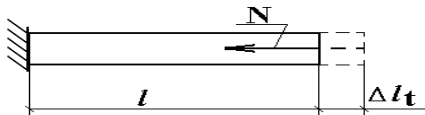


Рисунок 1.10

По условию задачи температура стержня повысилась на $\Delta t = 50 ^\circ\text{C}$. При нагревании происходит расширение материала, т.е. стержень удлиняется на величину Δl_t , м. Изменение длины стержня определяется по формуле

$$\Delta l_\Sigma = \Delta l + \Delta l_t, \tag{1.21}$$

где Δl_Σ - общее (полное) изменение длины стержня, Δl – механическая деформация, и, наконец

$$\Delta l_t = l \cdot \alpha \cdot \Delta t, \tag{1.22}$$

изменение длины стержня под действием изменения температуры.

Отбросим одну из опор, например правую, заменив ее возникающим при нагревании усилием N_t и соответствующим удлинением Δl_t (рис. 1.10). Поскольку защемление обоих концов стержня приводит к тому, что общая деформация равна нулю, и, следовательно, механическая деформация компенсирует температурное расширение, то есть является сжатием. Из (1.21) получаем

$$\Delta l_t - \Delta l = 0, \text{ откуда} \\ \Delta l_t = \Delta l.$$

Подставляя в это выражение формулы для Δl_t и Δl , получаем

$$l \cdot \alpha \cdot \Delta t = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}.$$

Продольное усилие, возникающее в стержне при изменении температуры

$$N = \alpha \cdot \Delta t \cdot E \cdot A$$

$$N = 170 \cdot 10^{-7} \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{11} \cdot 19,2 \cdot 10^{-4} = 163200 \text{ Н}.$$

А соответствующие напряжение и изменение длины, укорочение,

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

$$\sigma = \frac{163200}{19,2 \cdot 10^{-4}} = 85 \cdot 10^6 \text{ Па} = 85 \text{ МПа}$$

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}$$

$$\Delta l = \Delta l_t = \frac{163200 \cdot 1,5}{1 \cdot 10^{11} \cdot 19,2 \cdot 10^{-4}} = 1,28 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1,28 \text{ мм}$$

Ответ: $\sigma = 85 \text{ МПа}$, $\Delta l = \Delta l_t = 1,28 \text{ мм}$

Расчетно-графическая работа № 2

Определение геометрических характеристик составного сечения. Согласно номеру и схеме задания (рис. 2.1), табл. 2.1, определить положение главных центральных осей и главные моменты инерции сечения. Схему расположения ЦТ и главных центральных осей сечения выполнить на листах миллиметровой бумаги в масштабе (1:1 или 1:2).

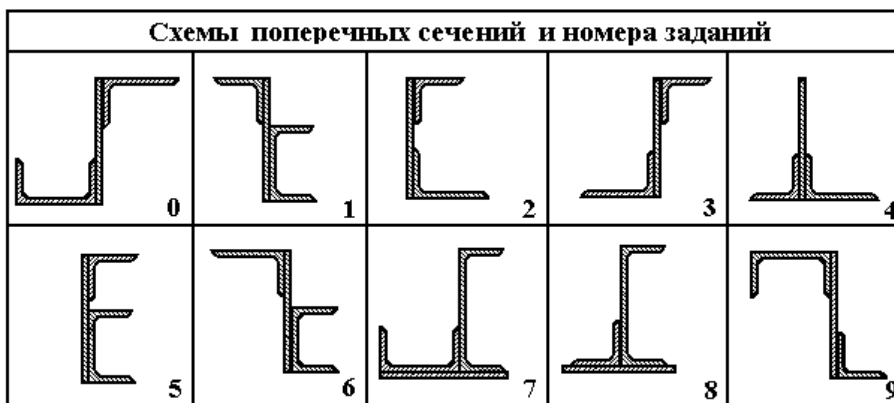


Рисунок 2.1

Таблица 2.1

№ условия	Составляющие элементы сечения			
	Швеллер	Уголок равнобокий	Уголок неравнобокий	Лист
0	№16	100x100x10	160x100x12	180x20
1	№20	120x120x12	110x70x8	300x16
2	№18	100x100x12	180x110x10	260x10
3	№22	160x160x12	140x90x10	300x12
4	№24	140x140x12	160x100x14	360x20
5	№20a	120x120x15	160x100x12	320x16
6	№18a	100x100x14	160x100x12	300x16
7	№16a	125x125x12	125x80x10	250x12
8	№18	100x100x12	140x90x10	260x16

9	№14	125x125x10	110x70x8	240x10
Примечание. Если в составе сечения отсутствует какой-либо из профилей, то данные из таблицы, относящиеся к нему, игнорируются, а учитываются только присутствующие элементы.				

Пример выполнения задачи 2

Для неравнополочного уголка 100x63x10 полосы 220x14 и швеллера №18 (рис. 2.2) определить положение главных центральных осей и величину главных моментов инерции.

Решение

Из сортамента выбираем параметры сечения Таблица 2.2.

Показываем центры тяжести сечений C_1 , C_2 и C_3 , проводим центральные оси для каждого сечения

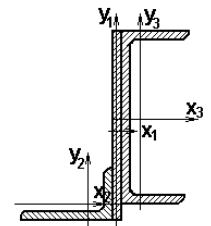


Рис. 2.2

Таблица 2.2

Параметры сечения	Элементы сечения		
	Полоса 220x14 №1	Уголок неравнополочный 100x65x10 №2	Швеллер №18 №3
Площадь A , см ²	30,8	15,67	20,7
Моменты инерции J_x , см ⁴	1242	51,68	1090
Моменты инерции J_y , см ⁴	5	155,52	86
Расстояние до центра тяжести x_0 , см	На оси симметрии	3,37	1,94
Расстояние до центра тяжести y_0 , см	На оси симметрии	1,64	На оси симметрии
Центробежный момент инерции J_{xy} , см ⁴	0	51,18	0

Моменты инерции полосы рассчитываем как для прямоугольника:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{1,4 \cdot 22^3}{12} = 1242 \text{ см}^4$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12} = \frac{22 \cdot 1,4^3}{12} = 5 \text{ см}^4$$

Выбираем в качестве вспомогательных осей центральные оси полосы. Тогда, координаты центров тяжести сечений 1, 2 и 3 относительно выбранных осей:

$$C_1(0;0); C_2(-3,37+0,7); -(11-1,64)); C_3(1,94+0,7; 11-9) \text{ то есть}$$

$$C_1(0;0); C_2(-4,07); -(9,36)); C_3(2,64; 2)$$

Определяем координаты центра тяжести сечения в этих осях по формулам [1]:

$$y_c = \frac{S_x}{A} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}, \quad x_c = \frac{S_y}{A} = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i} \quad (2.1)$$

$$x_c = \frac{15,67 \cdot (-4,07) + 20,7 \cdot 2,64}{30,8 + 20,7 + 15,67} = -0,14 \text{ см}; \quad y_c = -\frac{15,67 \cdot (-9,36) + 20,7 \cdot 2}{30,8 + 20,7 + 15,67} = -1,57 \text{ см.}$$

Отложив полученные значения от осей x_1 , y_1 , находим положение центра тяжести сечения (рис. 2.3).

Проводим центральные оси сечения X , Y . Положение центров тяжести элементов сечения C_1 , C_2 и C_3 относительно этих осей запишутся следующим образом:

$$C_1(0,14; 1,57), C_2(-4,07-0,14); -(9,36-1,57)), C_3(2,64+0,14; 2+1,57), \text{ то есть } C_1(0,14; 1,57), C_2(-3,93; -7,79), C_3(2,78; 3,57)$$

Находим осевые и центробежные моменты инерции сечения относительно центральных осей X , Y по формулам: $J_X = \sum J_{x1} + a_i^2 \cdot A_i$; $J_Y = \sum J_{y1} + b_i^2 \cdot A_i$;

$$J_{XY} = \sum J_{x1y1} + a_i \cdot b_i \cdot A_i \quad (2.2)$$

причем здесь $a_i = y_i$ и $b_i = x_i$.

$$J_x = 1242 + 1,57^2 \cdot 30,8 + 51,68 + (-7,79)^2 \cdot 15,67 + 1090 + 3,57^2 \cdot 20,7 = 3674 \text{ см}^4$$

$$J_y = 5 + 0,14^2 \cdot 30,8 + 155,52 + (-3,93)^2 \cdot 15,67 + 86 + 2,78^2 \cdot 20,7 = 649 \text{ см}^4$$

$$J_{xy} = 0 + 0,14 \cdot 1,57 \cdot 30,8 + 51,18 + (-3,93) \cdot (-7,79) \cdot 15,67 + 0 + 2,78 \cdot 3,57 \cdot 20,7 = 743 \text{ см}^4$$

$$J_{xy} = 0 + 0,14 \cdot 1,57 \cdot 30,8 + 51,18 + (-3,93) \cdot (-7,79) \cdot 15,67 + 0 + 2,78 \cdot 3,57 \cdot 20,7 = 743 \text{ см}^4$$

Вычисляем значения главных центральных моментов инерции сечения по формулам [1]:

$$J_{\frac{\max}{\min}} = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(J_x - J_y)^2 + 4 \cdot J_{xy}^2} \quad (2.3)$$

$$J_{\frac{\max}{\min}} = \frac{3674 + 649}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(3674 - 649)^2 + 4 \cdot 743^2} = 2161,5 \pm 1685,1 \text{ см}^4$$

или окончательно $J_{\max} = 3846,6 \approx 3847 \text{ см}^4$; $J_{\min} = 476,4 \approx 476 \text{ см}^4$.

Определяем положение главных центральных осей по формулам:

$$\text{tg} \alpha_1 = - \frac{J_{xy}}{J_{\max} - J_y}$$

$$\text{tg} \alpha_1 = - \frac{743}{3847 - 649} = -0,232, \quad \alpha_1 = -13,08 \text{ или } \alpha_1 = -13^\circ 5'$$

Положительные углы откладываются от оси X против хода часовой стрелки, а отрицательные – по ходу часовой стрелки. Напомним, что угол α_1 – это угол между осью X и осью, относительно которой момент инерции равен

J_{\max} (рис. 1.3).

Выполняем проверку правильности вычислений:

$$J_x + J_y = J_{\max} + J_{\min},$$

$$674 + 649 = 3847 + 476$$

$$4323 = 4323$$

Правая часть равна левой, следовательно, вычисления выполнены верно.

Выполняем чертеж сечения в масштабе, либо в натуральную величину (см. рис. 2.3) на миллиметровой бумаге формата А4, с нанесенными главными центральными осями сечения и указанными расчетными величинами x_c , y_c .

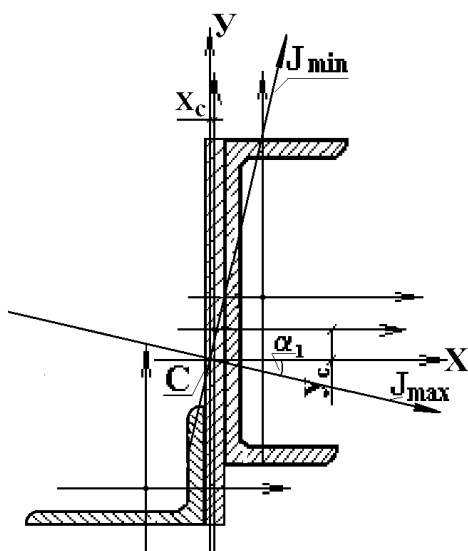


Рисунок 2.3

Расчетно-графическая работа № 3

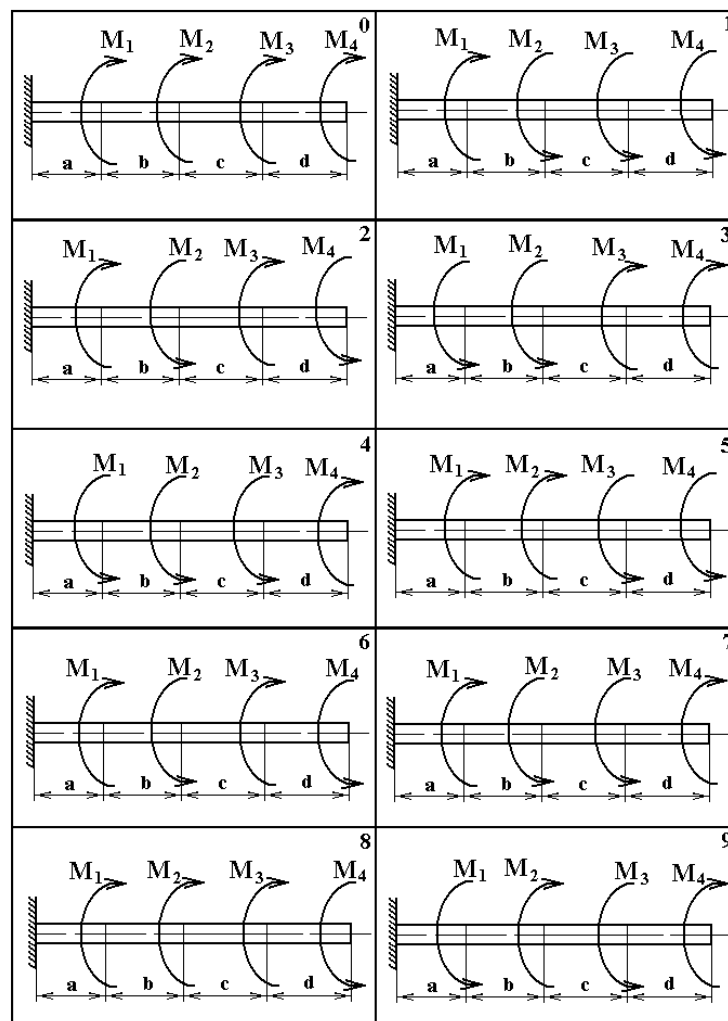
Статически определяемые системы при кручении. К стальному валу приложены 4 крутящих момента: M_1 , M_2 , M_3 , M_4 . Требуется:

1. построить эпюру крутящих моментов;
2. при заданном значении допускаемого напряжения $[\tau]$ определить диаметр вала d из расчёта на прочность и округлить его значение до ближайшего большего, равного: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм;
3. построить эпюру углов закручивания φ ;
4. найти наибольший относительный угол закручивания γ (на 1 м).
Данные для расчёта взять из Таблицы 3.1 и рис. 3.2.

Таблица 3.1

Номер	Расстояния (м)	Крутящие моменты (Н·м)	$[\tau]$
-------	----------------	------------------------	----------

варианта	a	b	c	d	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	МПа
0	1,1	1,2	1,3	0,7	1100	800	1000	1200	55
1	1,2	1,3	0,9	0,8	1200	950	2000	1300	60
2	0,6	1,1	1,2	1,0	1300	700	1950	1400	65
3	1,5	1,6	0,8	1,1	1400	600	1750	750	70
4	1,6	0,9	1,0	0,9	1500	1900	1550	1050	75
5	1,0	0,8	1,7	0,5	1600	1750	1100	900	80
6	1,7	1,8	1,5	1,6	1700	1500	1200	1000	85
7	1,8	0,7	1,4	1,3	1800	1400	1350	1500	90
8	1,9	2,0	1,1	1,9	1900	1650	1450	2000	90
9	2,0	1,9	1,8	1,7	2000	1000	1550	1650	100



Пример решения задачи 3.1

Рисунок 3.2

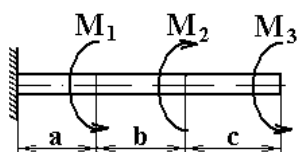


Рис. 3.1.

К стальному валу приложены три крутящих момента: $M_1=5$ кН·м, $M_2=4$ кН·м, $M_3=0,5$ кН·м (рис. 3.2). Размеры вала $a=1,1$ м; $b=0,8$ м; $c=1,3$ м. Допускаемое касательное напряжение $[\tau]=45$ МПа.

Требуется:

1. построить эпюру крутящих моментов;
2. при заданном значении допускаемого касательного напряжения $[\tau]$ определить диаметр вала d из расчёта на прочность;

3. построить эпюру углов закручивания;
4. найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м).

Решение

1. Покажем расчётную схему (рис. 3.3). Реакцию в заделке определять не нужно, поскольку, используя метод сечений, можно при движении справа налево постоянно отбрасывать левую часть. Вал имеет три силовых участка. Рассмотрим равновесие каждого из этих участков.

I участок $0 \leq z_1 < c$;

$$M(z_1) = M_3;$$

Так как момент на участке постоянный (не зависит от длины участка), то

$$M(0) = M(1,3) = 0,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

II участок $0 \leq z_2 < b$;

$$M(z_2) = M_3 - M_2$$

Так как момент на участке постоянный (не зависит от длины участка), то

$$M(0) = M(0,8) = -3,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

III участок $0 \leq z_3 < a$;

$$M(z_3) = M_3 - M_2 + M_1$$

Так как момент на участке постоянный (не зависит от длины участка), то

$$M(0) = M(1,1) = 1,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

2. Как видно из эпюры (рис. 3.3), по абсолютной величине максимальным является момент на II участке: $M_{\max} = 3,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$. По этому моменту будем рассчитывать диаметр вала по формуле [2]:

$$\tau = \frac{M_{\max}}{W_p} \leq [\tau], \quad (3.1)$$

где W_p – полярный момент сопротивления.

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad (3.2)$$

С учётом (3.2) выразим диаметр d из (3.1):

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\max}}{\pi \cdot [\tau]}} = 4,27 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 42,7 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Согласно стандартному ряду принимаем $d = 50 \text{ мм}$.

3. При построении эпюр углов закручивания будем использовать формулы [2]:

$$\text{Для углов закручивания: } \varphi = \frac{M \cdot l}{G \cdot J_p} \quad (3.4)$$

Для относительных углов закручивания:

$$\gamma = \frac{M}{G \cdot J_p} \quad (3.5)$$

где M – крутящий момент на данном участке;

l – длина данного участка;

G – модуль упругости при сдвиге, для стали $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$;

J_p – полярный момент инерции.

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = 62,5 \text{ см}^4.$$

Эпюру углов закручивания необходимо строить с места защемления балки, так как в этом месте угол закручивания φ известен ($\varphi = 0$), то есть с участка III (рис. 3.4).

III участок $0 \leq z_3 < a$;

$$\varphi(z_3) = \frac{M(z_3) \cdot z_3}{G \cdot J_p}; \quad \varphi(0) = 0; \quad \varphi(1,1) = 0,033 \text{ рад}$$

$$\gamma(z_3) = \frac{M(z_3)}{G \cdot J_p}; \quad \gamma(0) = \gamma(1,1) = 0,03 \text{ рад/м}$$

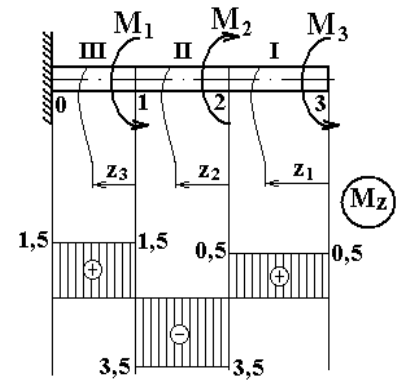


Рис. 3.3.

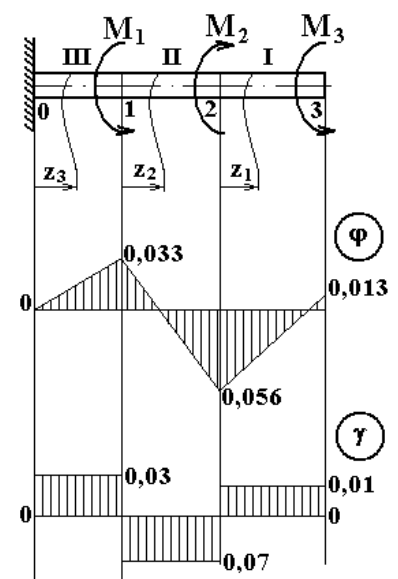


Рис. 3.4

II участок $0 \leq z_2 < b$;

$$\varphi(z_2) = \frac{M(z_2) \cdot z_2}{G \cdot J_p}; \quad \varphi(0) = 0,033 \text{ рад}; \quad \varphi(0,8) = -0,056 \text{ рад}$$

$$\gamma(z_2) = \frac{M(z_2)}{G \cdot J_p}; \quad \gamma(0) = \gamma(0,8) = -0,07 \text{ рад/м}$$

I участок $0 \leq z_1 < c$;

$$\varphi(z_1) = \frac{M(z_1) \cdot z_1}{G \cdot J_p}; \quad \varphi(0) = 0,056 \text{ рад}; \quad \varphi(1,3) = 0,013 \text{ рад}$$

$$\gamma(z_1) = \frac{M(z_1)}{G \cdot J_p}; \quad \gamma(0) = \gamma(1,3) = 0,013 \text{ рад/м}$$

Наибольший относительный угол закручивания – на втором участке: $\gamma = -0,07 \text{ рад/м}$

Расчетно-графическая работа № 4

Изгиб. Построение эпюр Для заданных двух схем балок (рис. 4.1) необходимо написать выражения M и Q для каждого участка в общем виде и, построить эпюры M и Q . Требуется:

1. Подобрать для схем (а) и (б) балку круглого, прямоугольного (отношение сторон $h/b=2$), кольцевого (отношение диаметров $s=0.7$), двутаврового сечений при заданном $[\sigma]$;
2. Сравнить площади поперечных сечений и сделать вывод о том, какая форма наиболее рациональна.

Данные для расчета взять из Таблицы 4.1 и рис. 4.1.

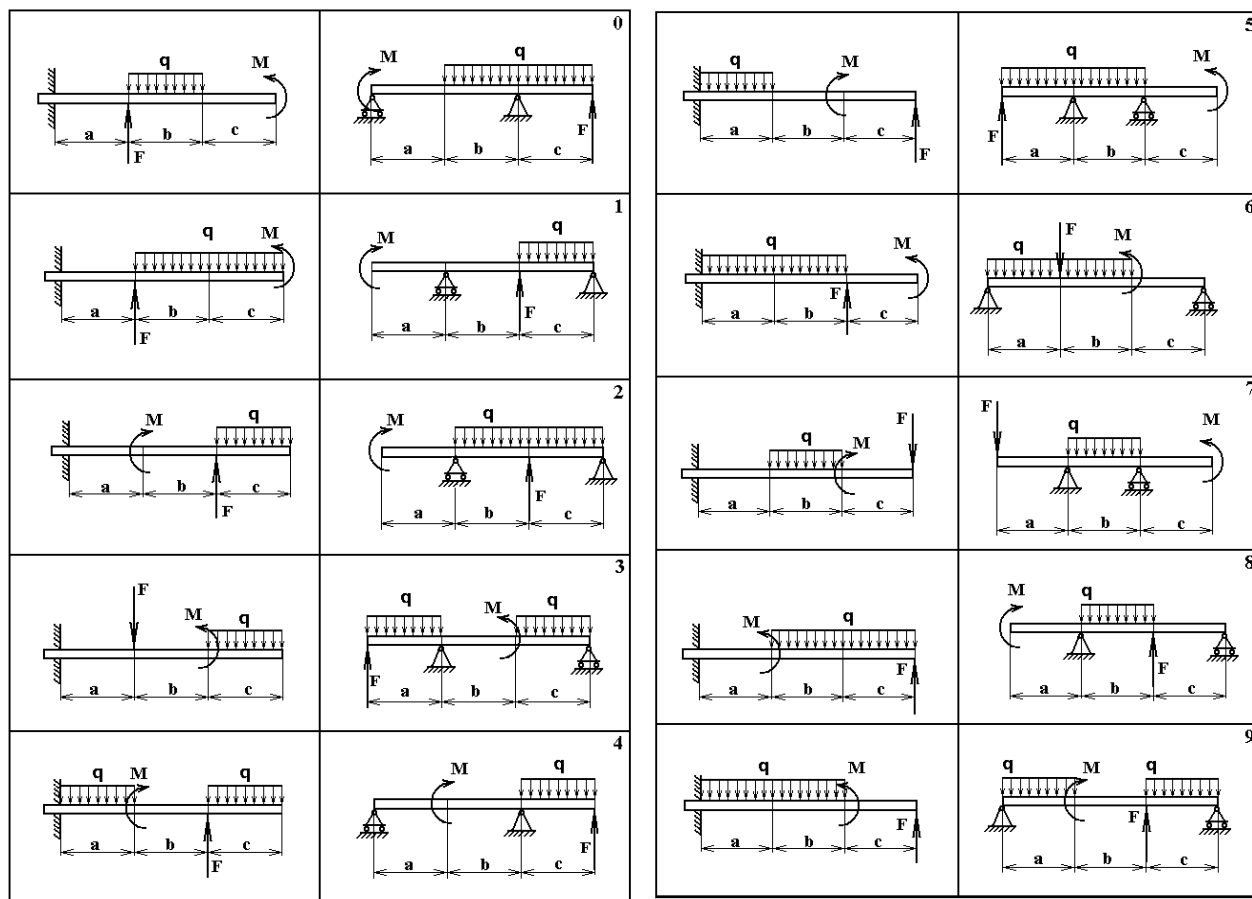


Рисунок 4.1 – Схемы балок и нагрузки

Таблица 4.1

Номер варианта	q кН/м	F кН	M кНм	a м	$[\sigma]$ МПа
0	-10	15	-10	0.5	160
1	12	-20	-15	0.8	180

2	-17	11	17	0.9	200
3	11	-14	-9	1.1	250
4	-13	16	14	0.4	280
5	14	-18	-13	0.7	220
6	-16	22	-18	0.6	240
7	15	-12	12	1.2	300
8	-19	10	19	1.4	280
9	20	-13	20	1.5	320

Примечание: Знак «-» перед значением нагрузки (q, F или M) показывает, что направление заданной нагрузки необходимо изменить на противоположное, а в расчетах использовать значение, взятое по модулю.

Пример решения задачи 4.1

Дана двухопорная балка с приложенными к ней нагрузками $M=4$ кН·м; $F=2$ кН; $q=3$ кН/м (рис. 4.2). Допускаемое напряжение $[\sigma]=160$ МПа.

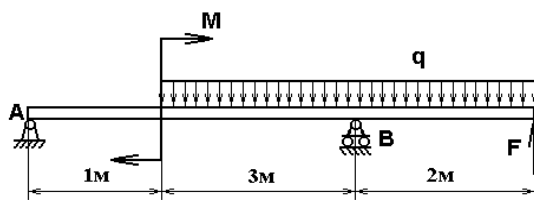


Рисунок 4.2

Требуется:

- Подобрать для схем (а) и (б) балку круглого, прямоугольного (отношение сторон $h/b=2$), кольцевого (отношение диаметров $s=0,6$), двутаврового сечений при заданном $[\sigma]$;
- Сравнить площади поперечных сечений и сделать вывод о том, какая форма наиболее рациональна.

Решение

- Вначале определяем опорные реакции балки. Составляем уравнения моментов относительно опорных точек.

$$\sum M_A(F_i) = 0; F \cdot 6 + R_B \cdot 4 - q \cdot 5 \cdot 3,5 - M = 0, \text{ откуда}$$

$$R_B = \frac{q \cdot 5 \cdot 3,5 - F \cdot 6 + M}{4}; R_B = \frac{3 \cdot 17,5 - 12 + 4}{4} = 11,125 \text{ кН}$$

$$\sum M_B(F_i) = 0; -R_A \cdot 4 - M + q \cdot 5 \cdot 0,5 + F \cdot 2 = 0, \text{ откуда}$$

$$R_A = \frac{q \cdot 5 \cdot 0,5 - M + F \cdot 2}{4}; R_A = 1,875 \text{ кН}$$

Проверяем правильность определения опорных реакций:

$\sum F_{iy} = R_A - q \cdot 5 + R_B + F = 1,875 - 15 + 11,125 + 2 = 0$, следовательно, опорные реакции найдены правильно.

- Далее запишем уравнения поперечных сил и изгибающих моментов для каждого участка балки.

Участок I. $0 \leq z_1 < 2$ м.

$$Q(z_1) = -F + q \cdot z_1; Q(0) = -F = -2 \text{ кН}; Q(2) = 4 \text{ кН.}$$

$$M(z_1) = F \cdot z_1 - q \cdot \frac{z_1^2}{2}; M(0) = 0; M(2) = -2 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Строим эпюры по вычисленным значениям (Рис. 4.3).

Так как на силовом участке поперечная сила пересекает нулевую линию, то на эпюре моментов должен быть экстремум.

Вычислим положение этого сечения.

$$Q(z_{01}) = -F + q \cdot z_{01} = 0; \Rightarrow z_{01} = \frac{F}{q} = 0,66 \text{ м.}$$

$$M(0,66) = 0,669 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Участок II. $0 \leq z_2 < 3$ м.

$$Q(z_2) = -F - R_B + q \cdot (2 + z_2); Q(0) = -F = -7,125 \text{ кН}; Q(3) = 1,875 \text{ кН.}$$

$$M(z_2) = F \cdot (2 + z_2) + R_B \cdot z_2 - q \cdot (2 + z_2)^2 / 2; M(0) = -2 \text{ кН} \cdot \text{м}; M(3) = 5,875 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Строим эпюры по вычисленным значениям (рис. 4.3).

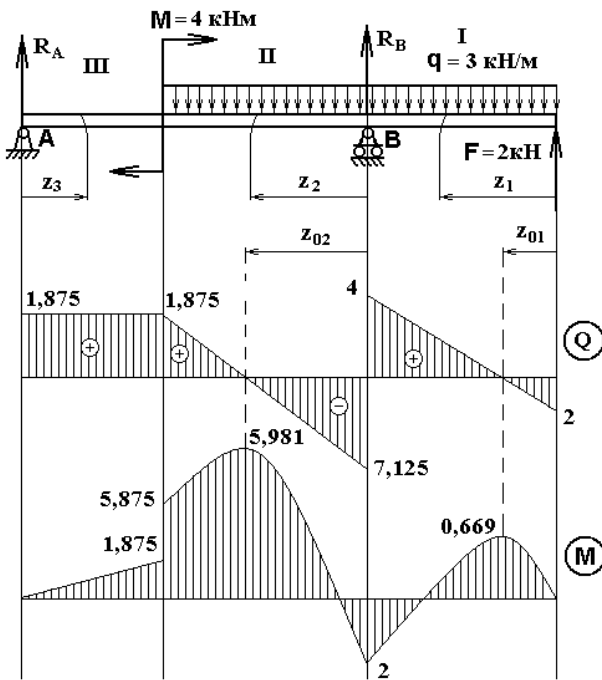


Рисунок 4.3

Так как на силовом участке поперечная сила пересекает нулевую линию, то на эпюре моментов должен быть экстремум.

Вычислим положение этого сечения.

$$Q(z_{02}) = -F - R_B + q \cdot z_{02} = 0; \quad z_{02} = 2,37 \text{ м.}$$

$$M(2,37) = 5,981 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Участок II. $0 \leq z_3 < 1 \text{ м.}$

$$Q(z_3) = R_A; \quad Q(0) = Q(3) = R_A = 1,875 \text{ кН.}$$

$$M(z_3) = R_A \cdot z_3; \quad M(0) = 0; \quad M(1) = 1,875 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов по участкам (рис. 4.3.).

Итак, опасным будет сечение, в котором изгибающий момент достигает максимального значения по абсолютной величине.

В данной задаче $M_{\max} = 5,981 \text{ кН} \cdot \text{м.}$

3. Вычисляем необходимый момент сопротивления поперечного сечения балки

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]} = \frac{5,981 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 37,4 \text{ см}^3.$$

3.1. Двутавровое поперечное сечение.

Этому моменту сопротивления $W_x = 37,4 \text{ см}^3$ соответствует двутавр №10, момент сопротивления и площадь поперечного сечения которого соответственно равны $W_x = 39,7 \text{ см}^3$; $A = 12 \text{ см}^2$.

3.2. Прямоугольное сечение ($h/b=2$).

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{h^3}{12} = 37,4 \Rightarrow h = \sqrt[3]{12 \cdot 37,4} = \sqrt[3]{448,8} = 7,65 \text{ см.}$$

$$h = 7,65 \text{ см}; \quad b = 3,83 \text{ см}; \quad A = 29,26 \text{ см}^2.$$

3.3. Круглое поперечное сечение:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 37,4, \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{32}{\pi} \cdot W_x} = 7,25 \text{ см}$$

$$A = \pi \cdot r^2 = 41,3 \text{ см}^2.$$

3.4. Кольцевое сечение ($c=0,5$).

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^3}{32} (1 - c^4) = 37,4 \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi \cdot (1 - c^4)}} = 7,4 \text{ см}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} (1 - c^2) = 32,3 \text{ см}^2.$$

4. Сравниваем площади поперечных сечений A , см² подобранных профилей, сведя данные в Таблицу 4.2:

Таблица 4.2

Тип сечения	Площадь сечения, см ²
Двутавровое	12
Прямоугольное	29,26
Круглое	41,3
Кольцевое	32,3

Таким образом, при изгибе оптимальным является сечение двутавра.

Пример построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов для консольной балки не приведен, т.к. задача решается так же, как и первая. Особенностью является то, что

начала координат для всех силовых участков следует выбирать со стороны свободного конца балки. В этом случае нет необходимости вычислять вертикальную составляющую реакции и реактивный момент в заделке.

Расчетно-графическая работа № 5

Внецентренное сжатие. Чугунный короткий стержень сжимается продольной силой F , приложенной в точке А. Требуется:

1. вычислить наибольшие растягивающие и сжимающие напряжения в поперечном сечении, выразив эти напряжения через F и размеры сечения;
 2. найти допускаемую нагрузку $[F]$ при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна на сжатие $[\sigma_c]$ и на растяжение $[\sigma_p]$.
- Данные для расчёта взять из Таблицы 5.1 и рисунка 5.1.

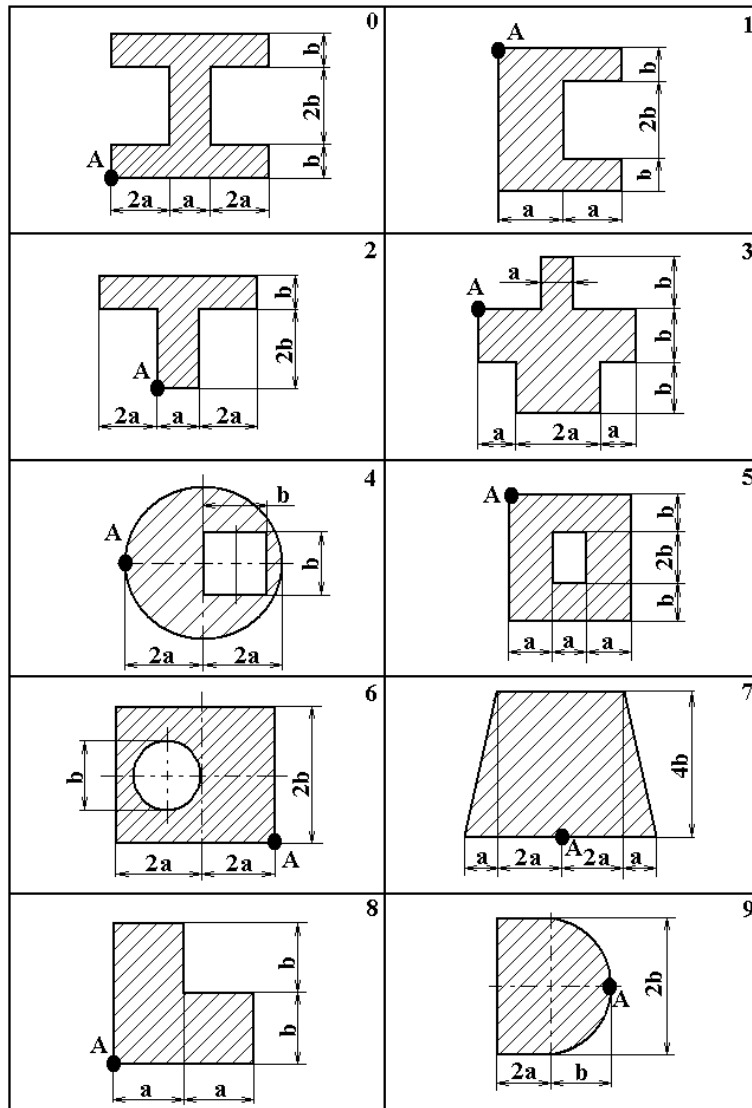


Рисунок 5.1 – Схемы сечений

Таблица 5.1

Номер варианта	a, см	b, см	$[\sigma_c]$, МПа	$[\sigma_p]$, МПа
0	6	4	120	30
1	4	6	130	40
2	5	7	140	50
3	5	8	150	60
4	8	6	140	60
5	6	8	130	50
6	7	10	120	60

7	8	10	150	70
8	10	8	140	70
9	9	7	130	60

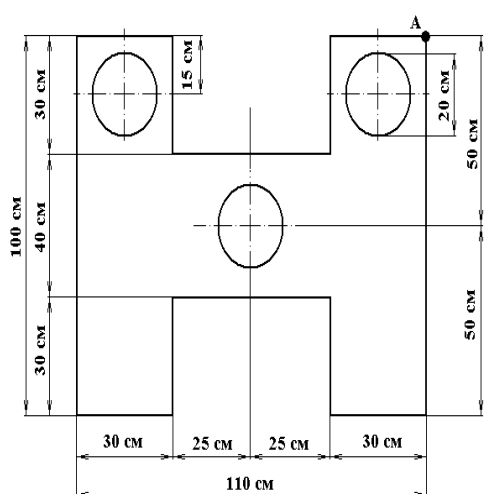
Пример выполнения работы

Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого показано на рисунке 5.2, сжимается продольной силой F , приложенной в точке A . Требуется:

1. вычислить наибольшие растягивающие и сжимающие напряжения в поперечном сечении, выразив эти напряжения через F и размеры сечения; найти допускаемую нагрузку $[F]$ при заданных размерах сечения и допускаемых напряжениях для чугуна: на сжатие $[\sigma_c]=100$ МПа и на растяжение $[\sigma_p]=25$ МПа.

Нормальные напряжения в любой точке поперечного сечения при внецентренном сжатии определяются по формуле:

$$\sigma = -\frac{F}{A} \cdot \left(1 + \frac{x_F \cdot x}{i_y^2} + \frac{y_F \cdot y}{i_x^2} \right) \quad (5.1)$$



где A – площадь поперечного сечения;

x_F ; y_F – координаты точки приложения силы F от главных центральных осей;

x ; y – координаты точки сечения, в котором определяются напряжения, взятые от главных центральных осей;

i_x , i_y – радиусы инерции сечения относительно оси X и Y соответственно.

Опасными точками сечения будут точки, наиболее удалённые от нейтральной линии. Найдём эти точки.

Определяем положения главных центральных осей инерции поперечного сечения. Ось Y является осью симметрии сечения, следовательно, является главной центральной осью. Положение второй главной центральной оси X определится координатой центра тяжести поперечного сечения по формуле (2.1) из Задачи 2:

$$y_c = \frac{S_x}{A} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i} \quad (5.2)$$

Разбиваем сечение на 3 прямоугольника, как показано на рисунке 5.3. В качестве вспомогательной оси будем использовать ось X_1 .

$$y_N = \frac{\left(30 \cdot 100 \cdot 50 - \pi \cdot \frac{20^2}{4} \cdot 85 \right) \cdot 2 + 50 \cdot 40 \cdot 50 - \pi \cdot \frac{20^2}{4} \cdot 50}{\left(30 \cdot 100 - \pi \cdot \frac{20^2}{4} \right) + 50 \cdot 40 - \pi \cdot \frac{20^2}{4}} = 46,9 \text{ см}$$

Определяем главные моменты инерции J_x , J_y :

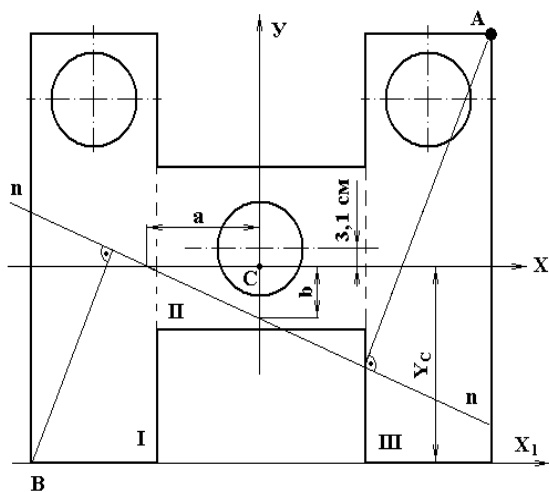
$$J_x = \left(\frac{100^3 \cdot 30}{12} + 3,1^2 \cdot 30 \cdot 100 - (0,05 \cdot 20^4 + 3,1^2 \cdot \pi \cdot \frac{20^2}{4}) \right) \cdot 2 + \frac{40^3 \cdot 50}{12} + 3,1^2 \cdot 50 \cdot 40 - (0,05 \cdot 20^4 + 3,1^2 \cdot \pi \cdot \frac{20^2}{4})$$

$$J_x = 4455368,2 \text{ см}^4$$

$$J_y = \left(\frac{30^3 \cdot 100}{12} + 40^2 \cdot 30 \cdot 100 - (0,05 \cdot 20^4 + 40^2 \cdot \pi \cdot \frac{20^2}{4}) \right) \cdot 2 + \frac{50^3 \cdot 40}{12} - 0,05 \cdot 20^4 = 9438316 \text{ см}^4$$

Вычисляем квадраты главных радиусов инерции:

$$i_x^2 = \frac{J_x}{A} = 624,14 \text{ см}^2; \quad i_y^2 = \frac{J_y}{A} = 1337,25 \text{ см}^2 \quad (5.3)$$



Определяем положение нулевой линии. Значения координат точки приложения силы F : $x_F=55$ см; $y_F=53,1$ см. Отрезки, отсекаемые нулевой линией на главных центральных осях определяются по формулам:

$$y = 0; a = x = -\frac{i_y^2}{x_F};$$

$$x = 0; b = y = -\frac{i_x^2}{y_F}. \quad (5.4)$$

$$a = x = -\frac{1337,25}{55} = -24,3 \text{ см}$$

$$b = y = -\frac{624,14}{53,1} = -11,75 \text{ см}$$

Отложив отрезки a и b соответственно на осях X и Y , и, проведя через их концы прямую, получим нейтральную линию сечения, на которой нормальные напряжения равны нулю ($\sigma=0$). Эта линия разбивает поперечное сечение на две части. В той части сечения, где находится точка приложения сжимающей силы F , т. е. точка A , действуют только напряжения сжатия.

В части сечения, расположенной ниже нулевой линии $n-n$, действуют только напряжения растяжения. Наиболее удаленная от нулевой линии $n-n$ в сжатой зоне - точка A , а в растянутой зоне — точка B . Следовательно, наибольшие по величине напряжения сжатия будут в точке A , а наибольшие растягивающие напряжения — в точке B . Все значения координат точек, в которых определяются напряжения, отсчитываются от главных центральных осей инерции X, Y :

$$x_A=55 \text{ см}; y_A = 53,1 \text{ см}; x_B=-55 \text{ см}; y_B= -46,9 \text{ см}.$$

Определяем наибольшие сжимающие σ_A и растягивающие σ_B напряжения:

$$\sigma_A = -\frac{F}{A} \cdot \left(1 + \frac{x_F \cdot x_A}{i_y^2} + \frac{y_F \cdot y_A}{i_x^2} \right) = -11,02 \cdot F \text{ 1/м}^2$$

$$\sigma_B = -\frac{F}{A} \cdot \left(1 + \frac{x_F \cdot x_B}{i_y^2} + \frac{y_F \cdot y_B}{i_x^2} \right) = 7,45 \cdot F \text{ 1/м}^2$$

Определяем допускаемую нагрузку $[F]$:

Из условия прочности на сжатие:

$$\sigma_A \leq [\sigma_c]; \quad 11,02 \cdot F \text{ 1/м}^2 \leq 100 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$[F_c] \leq 9074 \text{ кН}$$

Из условия прочности на растяжение:

$$\sigma_B \leq [\sigma_p]; \quad 7,45 \cdot F \text{ 1/м}^2 \leq 25 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$[F_p] \leq 134 \text{ кН}$$

Следовательно, допускаемая нагрузка

$$[F] = 134 \text{ кН},$$

как отвечающая сразу двум условиям прочности.

Расчетно-графическая работа № 7

Расчет на устойчивость. Стержень длиной l сжимается силой F . Требуется:

1. Найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на сжатие $[\sigma]$ для соответствующего материала;
2. критическую силу F_k ;
3. коэффициент запаса устойчивости n_y .

4. Расчёт вести последовательными приближениями, предварительно задавшись коэффициентом $\phi=0,5$. Данные для расчёта взять из Таблицы 7.1 и рисунков 7.1 и 7.2.

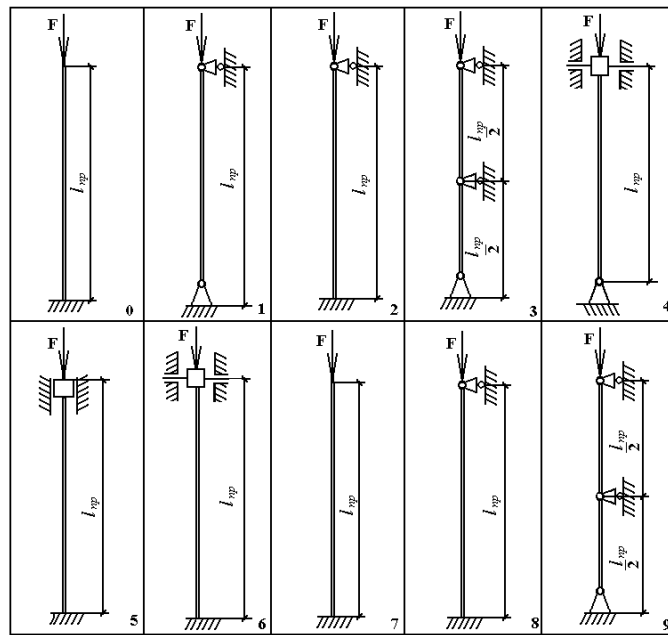
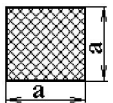
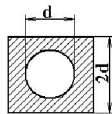
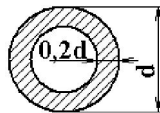

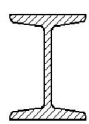
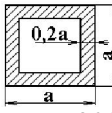


Рисунок 7.1

Таблица 7.1

Номер варианта	Длина стержня $l_{сп}$, м
0	2,2
1	2,1
2	2,2
3	2,3
4	2,4
5	2,9
6	2,5
7	2,6
8	2,7
9	2,8

<p>0</p>  <p>Дерево; $F=50$ кН; $l=l_{сп}$</p>	<p>5</p>  <p>Чугун; $F=160$ кН; $l=0,5l_{сп}$</p>
<p>1</p>  <p>Чугун; $F=160$ кН; $l=l_{сп}$</p>	<p>6</p>  <p>Сталь; $F=80$ кН; $l=0,7l_{сп}$</p>
<p>2</p>  <p>Сталь; $F=150$ кН; $l=0,8l_{сп}$</p>	<p>7</p>  <p>Чугун; $F=200$ кН;</p>

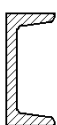
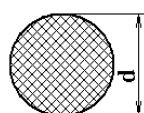
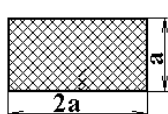
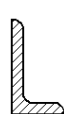
	$l=0,5l_{np}$
 3 Сталь; $F=140$ кН; $l=0,6l_{np}$	 8 Дерево; $F=50$ кН; $l=l_{np}$
 4 Дерево; $F=60$ кН; $l=1,2l_{np}$	 9 Сталь; $F=100$ кН; $l=0,7l_{np}$

Рисунок 7.2

Пример решения задачи 7

Дан стержень с опорами, закрепленными по схеме 5 (рис. 7.1), сжатый силой $F=100$ кН. Поперечное сечение стержня - квадратное со сторонами «а». Длина стержня $l=4,14$ м. Материал стержня - сталь. Модуль упругости $E=2 \cdot 10^{11}$ Па, допустимое напряжение $[\sigma]=160$ МПа.

Требуется определить:

- размеры поперечного сечения при допустимом напряжении на сжатие $[\sigma]$;
- величину критической силы F_k ;
- коэффициент запаса устойчивости n_y .

Решение

Задача решается методом последовательных приближений. В первом приближении задаемся коэффициентом уменьшения основного допустимого напряжения $\varphi_1=0,5$. Из условия устойчивости [1] определяем площадь сечения:

$$A = \frac{F}{\varphi \cdot [\sigma]} \quad (7.1)$$

$$A_1 = \frac{100 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 160 \cdot 10^6} = 12,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; A = a^2 \Rightarrow a = \sqrt{A} = 3,535 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем минимальные момент инерции и радиус инерции сечения [1]:

$$I_{\min} = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{a^4}{12}; i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} = \sqrt{\frac{a^4}{a^2 \cdot 12}} = 0,288a = 1,018 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем гибкость стержня [1]:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{\min}} \quad (7.2)$$

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 4,14}{1,018 \cdot 10^{-2}} = 203$$

По таблице приложения П2 находим соответствующее значение $\varphi'=0,19$. Производим проверку на устойчивость:

$$\sigma = \frac{F}{\varphi \cdot A} = \frac{100 \cdot 10^3}{0,19 \cdot 12,5 \cdot 10^{-4}} = 421 \text{ МПа} > [\sigma]$$

Поскольку $\sigma > [\sigma]$, то задаемся новым значением φ и повторяем весь расчет.

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi'}{2} = \frac{0,5 + 0,19}{2} = 0,345$$

$$A_2 = \frac{100 \cdot 10^3}{0,345 \cdot 160 \cdot 10^6} = 18,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = \sqrt{A} = 4,256 \cdot 10^{-2} \text{ м}; i_{\min} = 0,288 \cdot 4,256 \cdot 10^{-2} = 1,225 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 4,14}{1,225 \cdot 10^{-2}} = 168$$

По таблице соответствующее значение $\varphi'=0,26$.

Проверяем на устойчивость: $\sigma = \frac{100 \cdot 10^3}{0,26 \cdot 18,1 \cdot 10^{-4}} = 212,5 \text{ МПа}$

$$\sigma = 212,5 \text{ МПа} > [\sigma]$$

Поэтому делаем следующее приближение.

$$\varphi_3 = \frac{\varphi_2 + \varphi^1}{2} = \frac{0,19 + 0,26}{2} = 0,226$$

$$A_3 = \frac{100 \cdot 10^3}{0,226 \cdot 160 \cdot 10^6} = 27,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = \sqrt{A} = 5,263 \cdot 10^{-2} \text{ м}; i_{\min} = 0,288 \cdot 5,263 \cdot 10^{-2} = 1,516 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 4,14}{1,516 \cdot 10^{-2}} = 136,6$$

По таблице находим значение $\varphi' = 0,36$.

Проверяем на устойчивость: $\sigma = \frac{100 \cdot 10^3}{0,36 \cdot 27,7 \cdot 10^{-4}} = 100 \text{ МПа} < [\sigma]$

Определяем погрешность δ между значениями:

$$\delta = \frac{160 - 100}{160} \cdot 100\% = 60\%$$

Допускаемая погрешность должна быть не более 5%. Поэтому, делаем следующее приближение.

$$\varphi_4 = \frac{\varphi_3 + \varphi'}{2} = \frac{0,36 + 0,26}{2} = 0,31$$

$$A_4 = \frac{100 \cdot 10^3}{0,31 \cdot 160 \cdot 10^6} = 20,16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = \sqrt{A} = 4,49 \cdot 10^{-2} \text{ м}; i_{\min} = 0,288 \cdot 4,49 \cdot 10^{-2} = 1,293 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 4,14}{1,293 \cdot 10^{-2}} = 160. \text{ По таблице значение } \varphi' = 0,29.$$

Проверяем на устойчивость:

$$\sigma = \frac{100 \cdot 10^3}{0,29 \cdot 20,16 \cdot 10^{-4}} = 171 \text{ МПа} > [\sigma].$$

Определяем погрешность δ между значениями:

$$\delta = \frac{171 - 160}{160} \cdot 100\% = 6,3\% > 5\%$$

Делаем следующее приближение.

$$\varphi_5 = \frac{\varphi_4 + \varphi^1}{2} = \frac{0,31 + 0,29}{2} = 0,3$$

$$A_5 = \frac{100 \cdot 10^3}{0,3 \cdot 160 \cdot 10^6} = 20,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$a = \sqrt{A} = 4,56 \cdot 10^{-2} \text{ м}. i_{\min} = 0,288 \cdot 4,56 \cdot 10^{-2} = 1,315 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Определяем гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{0,5 \cdot 4,14}{1,315 \cdot 10^{-2}} = 157,4. \text{ По Таблице П2 значение } \varphi' = 0,2978.$$

Проверяем на устойчивость:

$$\sigma = \frac{100 \cdot 10^3}{0,2978 \cdot 20,8 \cdot 10^{-4}} = 161,4 \text{ МПа} > [\sigma]$$

Определяем погрешность δ между значениями:

$$\delta = \frac{161,4 - 160}{160} \cdot 100\% = 0,9\% < 5\%$$

Принимаем $a = 4,56 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Определяем минимальный момент инерции:

$$I_{\min} = \frac{a^4}{12} = 36,03 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Определяем критическую силу:

$$F_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\mu \cdot l)^2} \quad (7.3)$$

$$F_k = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 36,03 \cdot 10^{-8}}{(0,5 \cdot 4,14)^2} = 165984 \text{ Н}$$

Определяем коэффициент запаса устойчивости:

$$n_y = \frac{F_k}{F} = \frac{166}{100} = 1,66$$

Ответ: $a=4,56 \cdot 10^{-2}$ м; $F_k=166$ кН; $n_y = 1,66$.

Расчетно-графическая работа № 8

Расчет на удар. На двутавровую балку, свободно лежащую на двух опорах, с высоты h падает груз F .

Требуется

- 1) найти наибольшее нормальное напряжение в балке при заданных условиях;
- 2) заменить вторую опору пружиной с жесткостью α и определить, как изменятся наибольшие нормальные напряжения в балке;
- 3) сравнить полученные результаты.

Данные для расчёта взять из Таблицы 8.1 и рис. 8.2

Таблицы 8.1

Номер варианта	№ двутавра	l , м	F кН	h , см	$\alpha \cdot 10^3$ м/кН
0	20	2,1	10	6	20
1	22	2,2	11	7	21
2	24	2,3	12	8	23
3	24	2,4	13	5	23
4	27	2,5	14	9	25
5	27	2,6	13	9	25
6	30	2,7	14	10	27
7	30	2,8	15	11	27
8	33	2,9	16	8	29
9	33	3,0	15	10	30

Пример выполнения задачи 8.

На двутавровую стальную балку № 30 (рис. 8.1) длиной $l=3$ м, свободно лежащую на двух жестких опорах, с высоты $h=10$ см падает груз $F=1000$ Н. Требуется:

- 1) найти наибольшее нормальное напряжение в балке при заданных условиях;
- 2) заменить вторую опору пружиной с жесткостью α и определить, как изменятся наибольшие нормальные напряжения в балке;
- 3) сравнить полученные результаты.

Массу балки не учитывать. Модуль упругости материала балки $E=2 \cdot 10^5$ МПа.

Для двутавровой балки № 30 по ГОСТ 8239—89 [2] осевые моменты сопротивления W_x и момент инерции I_x поперечного сечения равны: $W_x=472$ см³, $I_x=7080$ см⁴.

Решение

Наибольшие напряжения σ_d в балке при действии динамической нагрузки определяются по формуле [1]:

$$\sigma_d = \sigma_{ст} \cdot \mu_d \quad (8.1)$$

где $\sigma_{ст}$ - напряжение в балке под действием статической нагрузки;

μ_d - динамический коэффициент при ударе определяемый по формуле [1]:

$$\mu_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h}{\lambda_{ст}}}, \quad (8.2)$$

где $\lambda_{ст}$ - перемещение в точке удара.

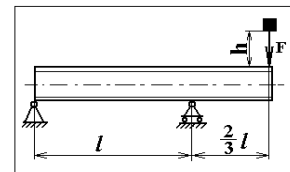


Рис. 8.1

Правая опора шарнирная. Реакции, возникающие в опорах (рис. 8.3), определяются из уравнений равновесия от действия статически приложенной силы F:

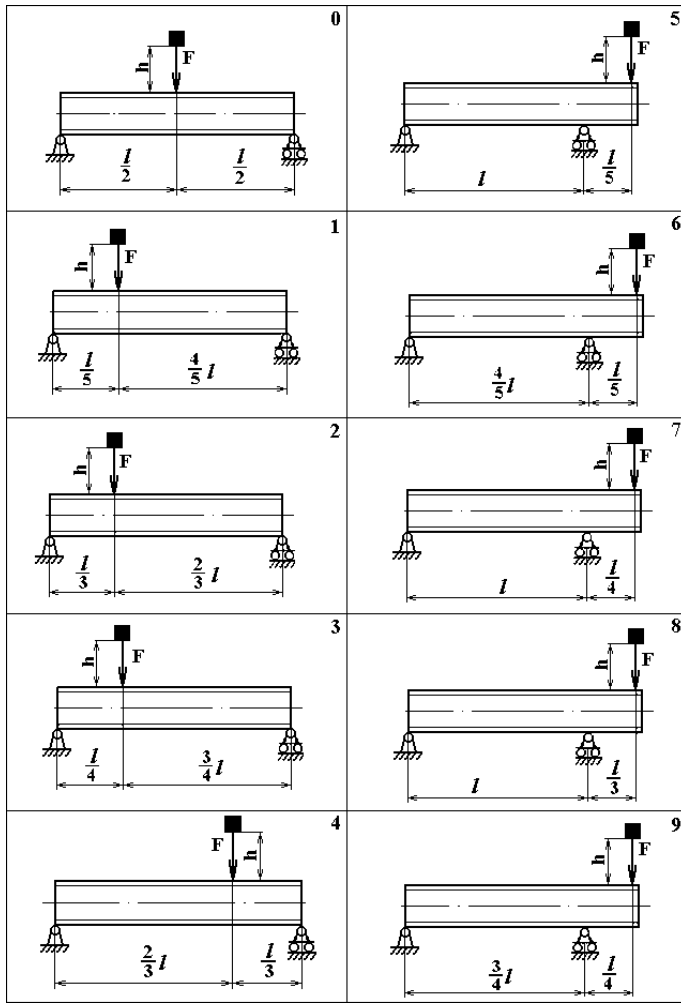


Рисунок 8.2 – Схемы нагрузки на балку

$$\sum M_A = R_B \cdot l - F_{cm} \cdot \frac{5}{3} l = 0; R_B = 1667 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = R_A \cdot l - F_{cm} \cdot \frac{2}{3} l = 0; R_A = -667 \text{ кН}.$$

Проверка:

$$\sum F_{ky} = R_A + R_B - F = -667 + 1667 - 1000 = 0$$

. Следовательно, реакции определены верно.

Эпюра изгибающих моментов от статической силы $F_{ст}$ показана на рис. 8.3 (эпюра M_p).

Наибольшие напряжения изгиба в опасном сечении (над опорой B):

$$\sigma_{н0} = \frac{I_D}{W_x} = \frac{F_{н0} \cdot \frac{2}{3} \cdot l}{W_x} \quad (8.3)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{10^3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 3}{472 \cdot 10^{-6}} = 4,24 \cdot 10^6 \text{ Па} = 4,24 \text{ МПа}$$

Прогиб под грузом определяется по правилу Верещагина[2]:

$$\lambda_{cm} = \sum \frac{\omega \cdot \eta_c}{E \cdot I_x}, \quad (8.4)$$

где ω - площадь эпюры изгибающих моментов от внешней нагрузки (на рис. 8.3 - ω_1 и ω_2);

η_c - ордината на единичной эпюре

моментов M_1 , под центром тяжести площади эпюры изгибающих моментов.

Строим эпюру изгибающих моментов M_1 от фиктивной единичной силы, приложенной в точке удара (рис. 8.3).

Тогда статический прогиб в точке удара:

$$\lambda_{cm} = \frac{1}{E \cdot I_x} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot l \cdot \frac{2}{3} \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{9} \cdot l + l \cdot \frac{2}{3} \cdot l \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{9} \cdot l \right) = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ м}.$$

Динамический коэффициент определяем по формуле (8.2):

$$\mu_0 = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h}{\lambda_{cm}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{1,74 \cdot 10^{-5}}} = 108,2$$

Таким образом, наибольшие динамические напряжения согласно (8.1):

$$\sigma_d = 4,24 \cdot 108,2 = 458,8 \text{ МПа}.$$

II. Правая опора заменена пружиной. Деформационная схема показана на рис. 8.4. В случае опирания правого конца балки на пружину при действии статически приложенной силы F, пружина, под влиянием опорной реакции R_B , уменьшит свою длину на величину λ , называемую осадкой пружины:

$$\lambda = \alpha \cdot R_B \quad (8.5)$$

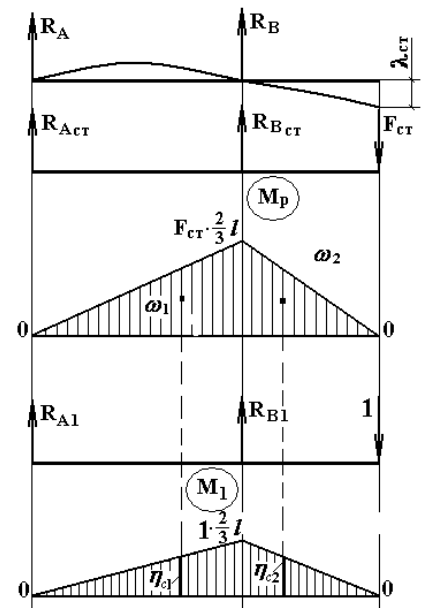
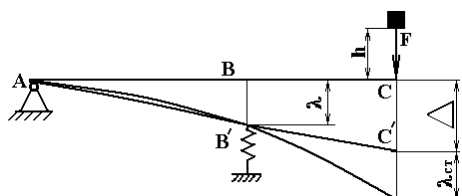


Рисунок 8.3

При этом перемещение точки удара, вызванное сжатием пружины, определяется из подобия треугольников ABB' и ACC' (рис. 8.4):



$$\frac{\Delta}{\lambda} = \frac{AC}{AB}; \Rightarrow \Delta = \frac{5}{3} \cdot \lambda = \frac{5}{3} \cdot \alpha \cdot R_B = 0.0833 \text{ м}$$

Рисунок 8.4.

Полное вертикальное перемещение λ'' точки удара при статическом действии силы F , равно сумме упругих перемещений $\lambda_{ст}$, найденных в балке с жесткими опорами

(п. I) и перемещений балки, как жесткого целого Δ , вызванных поворотом её за счет осадки пружины (п. II):

$$\lambda'' = \lambda_{ст} + \Delta = 1,74 \cdot 10^{-5} + 8,33 \cdot 10^{-2} = 8,332 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Коэффициент динамичности определим из (8.2):

$$\mu_d'' = 2,844$$

Наибольшие нормальные напряжения от статически приложенной силы не зависят от изменения жесткости опоры и определяются по п. I.

Наибольшие динамические напряжения:

$$\sigma_d'' = 4,24 \cdot 2,884 = 12,1 \text{ МПа.}$$

Сравнивая динамические напряжения, определенные в системе с жесткими и упругими опорами

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_d''} = \frac{458,8}{12,1} = 37,9$$

можно сделать вывод, что наличие пружины в системе уменьшит динамические напряжения в 37,9 раз.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Информационные технологии, используемые в осуществлении образовательного процесса, по дисциплине позволяют:

- организовать процесс образования путем визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций, учебных фильмов;
- контролировать результаты обучения на основе компьютерного тестирования;
- использовать графические и текстовые редакторы в написании докладов, контрольных работ;
- автоматизировать поиск информации посредством использования справочных систем.

10.1. Перечень необходимого программного обеспечения

Для осуществления учебного процесса используется свободно распространяемое (бесплатное не требующее лицензирования) программное обеспечение:

Наименование программного обеспечения, производитель	Реквизиты подтверждающего документа (№ лицензии, дата приобретения, срок действия)
Microsoft Office Word 2010	Номер продукта 14.0.6024.1000 SP1 MSO (14.0.6024.1000) 02260-018-0000106-48095
УП ВО	v22.4.73, от 17.11.2017
Kaspersky Anti-virus 6/0	№ лицензии 26FE-000451-5729CF81 Срок лицензии 07.02.2020
Adobe Reader 9	Бесплатно, 01.02.2019,
ОС Windows 7 Профессиональная, Microsoft Corp.	№ 00371-838-5849405-85257, 23.01.2012, бессрочный
VLC Media Player, VideoLAN	01.02.2019, свободная лицензия

7-zip.org	GNU LGPL
Inkscape - профессиональный векторный графический редактор для Linux, Windows и macOS.	Свободно распространяемое ПО GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 3, 29 June 2007
Офисный пакет WPSOffice	Свободно распространяемое ПО
GIMP - растровый графический редактор для Linux, Windows	Свободно распространяемое ПО Стандартная Общественная Лицензия GNU(GNUGPL), опубликованная Фондом свободного программного обеспечения (FSF)
Autodesk AutoCAD - Профессиональное ПО для 2Dи 3Dпроектирования Производитель: Компания Autodesk	Учебная версия
OracleVMVirtualBox - программный продукт виртуализации для операционных систем Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, macOS, Solaris/OpenSolaris, ReactOS, DOS и других Производитель: Oracle	Универсальная общедоступная лицензия GNU


10.2. Перечень необходимых информационных справочных систем:

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам, профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам:

1. ЭБС «Znanium.com» <http://znanium.com/>
2. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>
3. eLIBRARY.RU (НЭБ) <http://elibrary.ru>
4. ЭНБ «Киберленинка» <http://cyberleninka.ru/>

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Наименования специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Специальные помещения		
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: № ауд. 405 адрес ул.Первомайская ,191, 4 этаж Аудитория для практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: №ауд. 403. Адрес ул. Первомайская ,191, 4 этаж	Переносное мультимедийное оборудование, доска, мебель для аудиторий, компьютерный класс на 15 посадочных мест, оснащенный компьютерами Pentium с выходом в Интернет	1. Операционная система «Windows», договор 0376100002715000045-0018439-01 от 19.06.2015; свободно распространяемое (бесплатное не требующее лицензирования) программное обеспечение: 1. Программа для воспроизведения аудио и видео файлов «VLC media player»; 2. Программа для воспроизведения аудио и видео файлов «K-lite codec»; 3. Офисный пакет «WPS office»; 4. Программа для работы с

СОГЛАСОВАНО
С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ
 /САМУСОВА Е.Е.

		архивами «7zip»; 5. Программа для работы с документами формата .pdf «Adobe reader»;
Помещения для самостоятельной работы		
Учебные аудитории для самостоятельной работы: № ауд.403 ул.Первомайская ,191, 4 этаж В качестве помещений для самостоятельной работы могут быть: компьютерный класс, читальный зал: ул.Первомайская ,191, 3 этаж.	Переносное мультимедийное оборудование, доска, мебель для аудиторий, компьютерный класс на 15 посадочных мест, оснащенный компьютерами Pentium с выходом в Интернет	1. Операционная система «Windows», договор 0376100002715000045-0018439-01 от 19.06.2015; свободно распространяемое (бесплатное не требующее лицензирования) программное обеспечение: 1. Программа для воспроизведения аудио и видео файлов «VLC media player»; 2. Программа для воспроизведения аудио и видео файлов «K-lite codec»; 3. Офисный пакет «WPS office»; 4. Программа для работы с архивами «7zip»; 5. Программа для работы с документами формата .pdf «Adobe reader»;

**Дополнения и изменения в рабочей программе
за 2020/2021 учебный год**

программу Сопротивление материалов

(наименование дисциплины)

для направления (специальности) 08.03.01 «Строительство»

(номер направления (специальности))

вносятся следующие дополнения и изменения:

В связи с неблагоприятной ситуацией по новой коронавирусной инфекции (covid-19) Министерство науки и высшего образования РФ рекомендовало вузам организовать обучение студентов с использованием цифровых технологий дистанционного образования. Соответствующий приказ №397 в субботу, 14 марта, подписал Министр науки и высшего образования РФ Валерий Фальков.

В Соответствии приказа ректора С.К. Куижевой от 16.03.2020 №152 с 17 марта Майкопский государственный технологический университет организует контактную работу обучающихся и педагогических работников исключительно в электронной информационно-образовательной среде по всем образовательным программам высшего образования и среднего профессионального образования с использованием технологий, позволяющих обеспечивать взаимодействие обучающихся и педагогических работников опосредованно (на расстоянии) в дистанционной форме обучения.

Дополнения и изменения внес профессор Меретуков З.А.

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры

«Строительных и общепрофессиональных дисциплин»

(наименование кафедры)

« 27 » 08 _____ 2020г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

Меретуков З.А.

(Ф.И.О.)