

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Факультет _____ Технологический _____

Кафедра _____ строительных и общепрофессиональных дисциплин _____



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Н.И. Задорожная

20 19 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине _____ Б1.Б.16 Техническая механика _____

по направлению подготовки
бакалавров _____ 15.03.02 Технологические машины и оборудование _____

по профилю подготовки _____ Машины и аппараты пищевых производств _____

Квалификация (степень) выпускника _____ бакалавр _____

Программа подготовки _____ академический бакалавриат _____

Форма обучения _____ очная, заочная _____

Год начала подготовки _____ 2019 _____

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель изучения курса: целью дисциплины является создать основу общетехнической подготовки студента, необходимую для последующего изучения специальных дисциплин, а также начальные умения проектирования и использования типовых механических устройств в своей профессиональной деятельности.

Задачи курса:

- получение сведений о различных разделах механики, основных гипотезах и моделях прикладной механики и границах их применения;
- приобретение первичных навыков практического расчета, конструирования, обеспечения надежности простейших механических устройств;
- самообучение и непрерывное профессиональное самосовершенствование.

Основные блоки и темы дисциплины: содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением следующих разделов:

- аксиомы статики; приведение систем сил к простейшему виду; условия равновесия; кинематика точки; кинематика твердого тела; сложное движение точки; динамика материальной точки; общие теоремы динамики; динамика твердого тела;
- основные понятия теории механизмов и машин; основные виды механизмов;
- основные понятия; метод сечений; центральное растяжение–сжатие; сдвиг; геометрические характеристики сечений; прямой поперечный изгиб; кручение; элементы рационального проектирования простейших систем.

2. Учебная дисциплина входит в перечень дисциплин базовой части ОП.

3. В результате изучения дисциплины бакалавр должен обладать следующими компетенциями:

- Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата (ОПК-1)
- Способен принимать решения в профессиональной сфере, используя теоретические основы и нормативную базу строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства (ОПК-3)
- Способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ОПК-5)
- Способен участвовать в проектировании объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства, в подготовке расчетного и техникоэкономического обоснований их проектов, участвовать в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов (ОПК-6)

знать:

- основные понятия и аксиомы механики, операции с системами сил, действующими на твердое тело;
- методы нахождения реакции связей; законы трения-качения;
- кинематические характеристики движения точки при различных способах задания движения;
- дифференциальное уравнение движения точки относительно инерциальной и неинерциальной системы координат;
- методы нахождения реакций связей в движущейся системе твердых тел;
- основные методы исследования нагрузок, перемещений и напряженно-деформированного состояния в элементах конструкций, методы проектных расчетов.

уметь:

- составлять уравнения равновесия для тела, находящегося под действием произвольной системы сил;
- находить положение центра тяжести тел;
- вычислять скорости, ускорения точки тел, совершающих поступательное, вращательное и плоское движение;
- вычислять кинетическую энергию механической системы, работу сил, приложенных к телу при различных случаях его движения;
- применять методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций и систем;
- проектировать и конструировать простейшие элементы машин, выполнять их оценку на прочность, жесткость и другие критерии работоспособности.

владеть:

- навыками работы с учебной и научной литературой при решении практических задач механики, а также элементами проектирования и использования типовых механических устройств в своей профессиональной деятельности.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.	Семестры
		2
Контактные часы (всего)	51,35/ 1,42	51,35/ 1,42
В том числе:		
Лекции (Л)	17/ 0,47	17/ 0,47
Практические занятия (ПЗ)	17/ 0,47	17/ 0,47
Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Контактная работа в период аттестации (КРАТ)	0,35/ 0,47	0,35/ 0,47
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)	0,35/ 0,095	0,35/ 0,095
Самостоятельная работа студентов (СР) (всего)	21/ 0,53	21/ 0,53
В том числе:		
Расчетно-графические работы		
Реферат, доклад		
Курсовой проект (работа)		
Контроль (всего)	35,65/ 0,99	35,65/ 0,99
Форма промежуточной аттестации: (зачет, экзамен)		экзамен
Общая трудоемкость (часы/з.е.)	108/ 3	108/ 3

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.	Семестры
		2
Контактные часы (всего)	12/0,34	12/0,34
В том числе:		
Лекции (Л)	4/0,12	4/0,12
Практические занятия (ПЗ)	8/0,22	8/0,22
Семинары (С)		
Лабораторные работы (ЛР)		
Контактная работа в период аттестации (КРАТ)		
Самостоятельная работа под руководством преподавателя (СРП)		
Самостоятельная работа студентов (СР) (всего)	90/2,5	90/2,5
В том числе:		
Расчетно-графические работы	75/2	75/2
Реферат, доклад	15/0,4	15/0,4
Курсовой проект (работа)		
Контроль (всего)	36,5/1	36,5/1
Форма промежуточной аттестации: (зачет, экзамен)		экзамен
Общая трудоемкость (часы/з.е.)	108/3	108/3

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. 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				9
2	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.						9
3	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.						10
4	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.						9
5	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	2	2				9
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Построение эпюр. Напряжения при чистом изгибе.						10
7.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб. Напряжения при поперечном изгибе. Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.			2			12
8.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.	2	2				12
9.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина						10
	Промежуточная аттестация: Зачет в устной форме			0,25		3,75	
	Всего:	4	6	0,25		3,75	90
4-й семестр							
10	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых стержневых систем при изгибе.	2	2				12

11	Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение-сжатие.						10
12	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.	2	2				10
13	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.						10
14	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.						10
15	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	2	2				10
16	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.						10
17	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.						10
18	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.						9
	Промежуточная аттестация: Экзамен в устной форме			0,35		8,65	
	Всего:	6	6	0,35		8,65	91
	ИТОГО:	10	12	0,6		12,4	181

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
		ЗФО				
3-й семестр						
1.	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение-сжатие. Расчет статически определимых систем при растяжении-сжатии.		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.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	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.		Тема 1.2. Механические испытания материалов. 1.2.1. Диаграмма растяжения углеродистой стали. 1.2.2. Диаграмма истинных напряжений.	ОПК-1, ОПК-2	Знать: основные механические характеристики материалов, способ их получения и применение. Уметь: анализировать диаграммы испытаний различных материалов и фиксировать по ним основные механические характеристики. Владеть: использовать полученные данные для определения расчетных сопротивлений материалов, допускаемых нагрузок, напряжений и	Тематическая лекция, слайд-лекция.

					перемещений.	
3	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.	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.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	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.		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.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-2	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 сечений.	2/0,055 2/0,055 2/0,055 2/0,055	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений. 1.5.1. Статические моменты площади сечения. 1.5.2. Моменты инерции. 1.5.3. Главные оси и главные моменты инерции.	ОПК-1, ОПК-2	Знать: основные геометрические характеристики, формулы для их определения. Уметь: применять формулы определения геометрических характеристик и перехода к параллельным осям. Владеть: навыками определения различных геометрические характеристики сечений, положения	Тематическая лекция

	нагружение.		<p>Тема 8.1. Циклическое нагружение. Усталость материала. 8.1.1. Усталость материала. 8.1.2. Предел выносливости. 8.1.3. Влияние различных факторов на предел выносливости: масштабный коэффициент, эффективный коэффициент концентрации напряжений. 8.1.4. Расчет на усталость.</p>	ОПК-2	<p>циклическом нагружении, факторы, влияющие на выносливость материала. Уметь: строить и пользоваться диаграммой выносливости материала, учитывать факторы, влияющие на предел выносливости. Владеть: навыками расчета на прочность при повторно-переменном нагружении.</p>	
	Всего:	6/0,167				
	Итого:	10/0,278				

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 / трудоемкость в з.е.
			ЗФО
3-й семестр			
1.	Введение. Тема 1.1. Центральное растяжение и сжатие	Расчет статически определимых стержневых систем при растяжении и сжатии. РГР № 1.	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.	
3.	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	Расчет элементов конструкций, работающих в условиях сдвига и кручения.	2/0,055
4.	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	Расчет основных геометрических характеристик сечений.	
5.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб.	Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Определение опасных сечений, проверка прочности балки.	
6.	Тема 1.6. Прямой поперечный изгиб.	Расчет статически определимых стержневых систем при изгибе.	2/0,055
7.	Тема 1.7. Перемещения при изгибе.	Определение перемещений при изгибе методом интегрирования дифференциального уравнения упругой линии балки.	
8.	Тема 1.7. Перемещения при изгибе.	Определение перемещений при изгибе графо-аналитическими методами.	
Всего:			6/0,167
4-й семестр			
9.	Тема 1.8. Расчет статически неопределимых систем при изгибе.	Расчет статически неопределимых систем при изгибе. Использование способа Верещагина.	2/0,055
10.	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).	
11.	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	Расчет элементов конструкций с использованием теорий прочности (совместное действие кручения и изгиба).	2/0,055
12.	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.	

13.	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	Динамический расчет. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	2/0,055
14.	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	Динамический расчет. Расчет элементов конструкций при ударном действии нагрузки.	
15.	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.	
16.	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	Выносливость элементов конструкций. Особенности определения выносливости конструктивных элементов	
Всего:			6/0,167
Итого:			12/0,333

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.
3-й 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)	сентябрь	9/0,278
2.	Тема 1.2. Механические характеристики материалов.	Конспект темы. Основные механические характеристики, их определение	сентябрь-	9/0,278
3.	Тема 1.3. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР №1 (Задача 1.2)	сентябрь-октябрь	10/0,278
4.	Тема 1.4. Сдвиг и кручение.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР №2	октябрь	9/0,278
5.	Тема 1.5. Геометрические характеристики поперечных сечений.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР № 3	октябрь	9/0,278
6.	Тема 1.6. Прямой гоперечный изгиб. Построение эпюр.	Конспект темы. Правила построения эпюр	октябрь - ноябрь	10/0,278

	Напряжения при чистом изгибе.	Решение задач по теме.		
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.	ноябрь	12/0,333
8.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба.	Конспект темы. Интегрирование дифференциального уравнения изгиба. Решение задач по теме.	Ноябрь - декабрь	12/0,333
9.	Тема 1.7. Перемещение при изгибе. Интегралы Мора. Способ Верещагина	Конспект темы. Определение перемещений способом Верещагина. Решение задач по теме.	декабрь	10/0,278
Всего:				90/2,5
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.	февраль	12/0,333
11.	Тема 2.1. Косой изгиб. Тема 2.2. Внецентренное растяжение-сжатие.	Конспект темы. РГР № 5. Решение задач по теме.	февраль	10/0,25
12.	Тема 2.3. Анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела.	Конспект темы. Матрицы напряжений и деформаций. Решение задач по теме.	февраль - март	10/0,25
13.	Тема 2.4. Расчет по теориям прочности.	Конспект темы. Решение задач по теме. РГР № 6.	март	10/0,25
14.	Тема 3.1. Устойчивость элементов конструкций. Тема 4.1. Продольно-поперечный изгиб.	Конспект темы. РГР № 7. Решение задач по теме.	март	10/0,278
15.	Тема 5.1. Расчет элементов конструкций,двигающихся с ускорением.	Конспект темы. Решение задач по теме.	март - апрель	10/0,25
16.	Тема 5.2. Расчет при ударном действии нагрузки.	Конспект темы. РГР № 8. Решение задач по теме.	апрель	10/0,278
17.	Тема 6.1. Расчет элементов конструкций за пределами упругости. Тема 7.1. Оболочки.	Конспект темы. Решение задач по теме.	апрель - май	10/0,278
18.	Тема 8.1. Повторно-переменное нагружение.	Конспект темы. Основные характеристики цикла. Предел выносливости (испытание на выносливость)	май	9/0,25
Всего:				91/2,528

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

6.1. Методические указания (собственные разработки)

1. Учебно-методическое пособие по теоретической механике [Электронный ресурс]: для студентов технических специальностей / [сост. Р.Г. Надыров]. - Майкоп: Магарин О.Г., 2016. - 108 с. – Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100003095>

2. Учебно-методическое пособие по теоретической механике [Электронный ресурс]: для студентов высших учебных заведений технических специальностей / [сост. Р.Г. Надыров]. - Майкоп: Магарин О.Г., 2016. - 120 с. - Режим доступа: <http://lib.mkgtu.ru:8002/libdata.php?id=2100018896>

6.2. Литература для самостоятельной работы

1. Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Т. Батиенков [и др.]. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 339 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=792243>

2. Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум / Г.А. Тимофеев. - Москва: Юрайт, 2016. - 429 с.

3. Леонов, И.В. Теория механизмов и машин. Основы проектирования по динамическим критериям и показателям экономичности: учебник / И.В. Леонов, Д.И. Леонов. - Москва: Юрайт, 2016. - 239 с.

4. Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Х.С. Гумерова [и др.]. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. - 142 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62001.html>

5. Борисенко, Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.А. Борисенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Новое знание, 2013. - 285 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=369685>

6. Матвеев, Ю.А. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Матвеев, Л.В. Матвеева. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2009. - 320 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=151094>

7. Сурин, В.М. Прикладная механика: учебное пособие / В.М. Сурин. - Минск: Новое знание, 2008. - 388 с.

8. Техническая механика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.Т. Батиенков и др. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011. - 384 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=219137>

9. Михайлов, А.М. Техническая механика [Электронный ресурс]: учебник / А.М. Михайлов. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 375 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=550272>

СОГЛАСОВАНО
С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ
Е / САМУСОВА Е.Е. /

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
ЗФО	
	<i>ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования</i>
1,2,3	Математика
1	Химия
1,2	Физика
3	Экология
3	Теоретическая механика ✓
4	Техническая механика ✓
3,4	<i>Сопротивление материалов</i>
6,7	Строительная механика
5	Химия вяжущих материалов
8	Научно-исследовательская работа
9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
9	Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
9	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

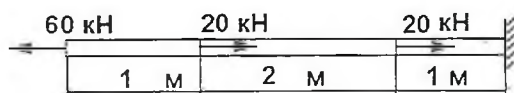
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично	
<i>ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования</i>					
знать: научно-техническую информацию, принципы проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, технологии производства различных видов строительных работ	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
уметь: -разрабатывать планы (сетевые, объектовые, календарные) строительного производства, использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности; уметь выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	Частичные умения	Неполные умения	Учения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
владеть: методами планирования и контроля выполнения подготовки и оборудования участка строительства, планирования строительного производства на участке строительства; основными законами геометрического формирования построения и взаимного пересечения моделей плоскости и	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	

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

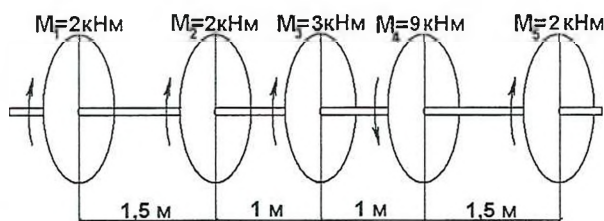
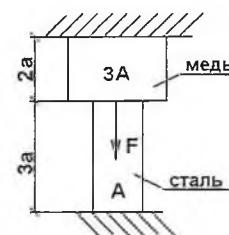
Задания для контрольной работы (приведено несколько вариантов)

Вариант 1 (3-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, $a=0,5 \text{ м}$, $F=20 \text{ кН}$, $A=10 \text{ см}^2$.

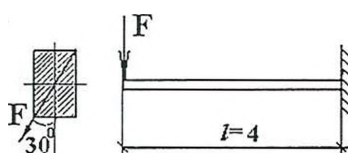


3) На стальной вал через пять шкивов передается крутящий момент. Построить эпюру крутящего момента, подобрать сечение вала при $[\tau]=90$ МПа. Определить величину угла поворота левого торцевого сечения относительно правого.

Модуль сдвига $G=8 \cdot 10^{10}$ Па.

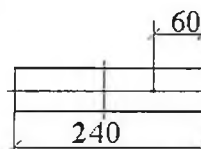
- 4) Определить, как и во сколько раз изменятся осевые моменты инерции прямоугольного сечения, если его
- высота уменьшится в 2 раза?
 - Ширина увеличится в 3 раза? Доказать рассуждение (в общем виде).

Вариант 2 (5-й семестр)

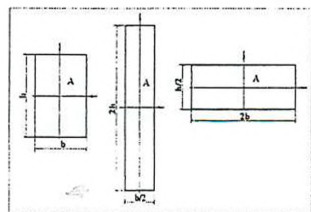


1) Подобрать прямоугольное ($h/b=2$) сечение деревянного стержня, подвергающегося действию силы $F=3 \text{ кН}$, линия действия которой составляет с вертикалью угол 30° , $l=4 \text{ м}$, $[\sigma]=10$ МПа.

2) Определить необходимую толщину шириной 24 см, растягиваемой двумя силами 120 кН, приложенными посредине 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 допустимое напряжение $[\sigma]=80$ МПа.

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

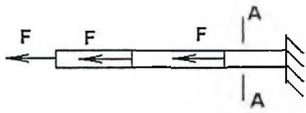
Тесты

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 |

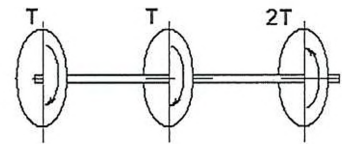


2. Какое усилие действует в сечении А-А?

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

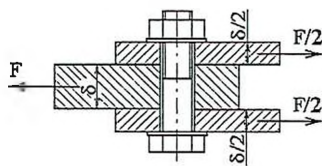
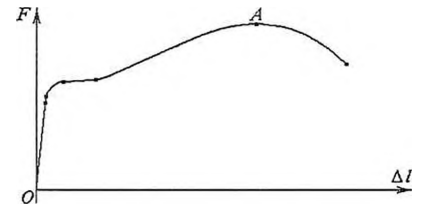
3. Определите вид эпюры крутящего момента для представленного вала.

- | | |
|----|----|
| 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

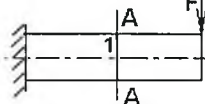


5. Укажите число плоскостей среза для болта, приведенного на рисунке

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

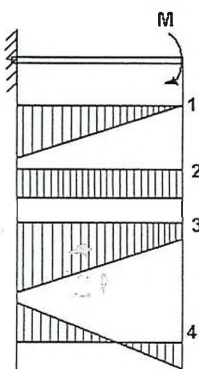
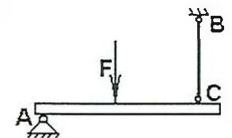
6. Какие напряжения действуют в точке I сечения А - А балки?

- | |
|---|
| 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 $[\sigma_{сж}]$?

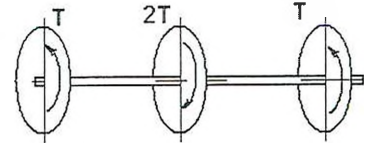
- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 1) $\sigma \leq \sigma_{\tau}$. | 3) $\sigma \leq [\sigma_p]$. |
| 2) $\sigma \leq [\sigma_{сж}]$. | 4) $\sigma \leq \sigma_{пл}$. |



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

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

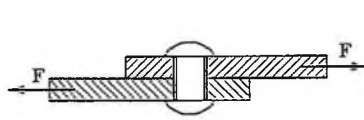
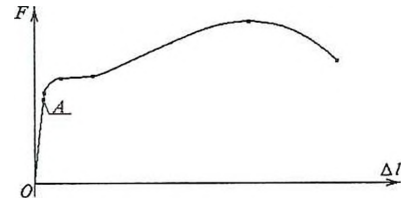
3. Определите вид эпюры крутящего момента для представленного вала.



- 1) 3) 2) 4)

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

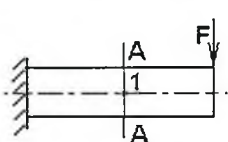
- 1) предел пропорциональности
2) предел текучести
3) предел упругости
4) предел прочности.



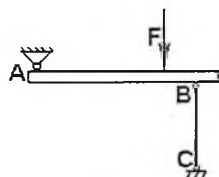
5. Укажите число плоскостей среза для заклепки, приведенной на рисунке

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

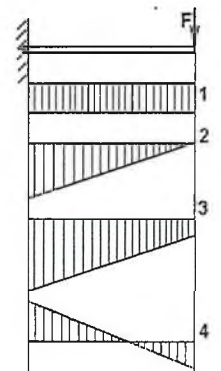


7. По какой формуле проводят проверку прочности стержня ВС, имеющего разные допускаемые напряжения на растяжение $[\sigma_p]$ и сжатие $[\sigma_{сж}]$?

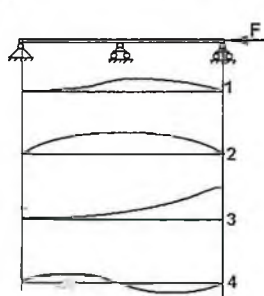
- 1) $\sigma \leq \sigma_t$ 3) $\sigma \leq [\sigma_p]$
2) $\sigma \leq [\sigma_{сж}]$ 4) $\sigma \leq \sigma_{пц}$

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

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



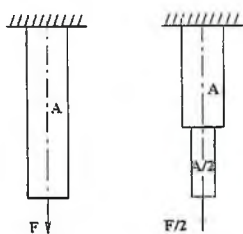
9. Какой вид имеет формула Эйлера для определения критической силы?



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

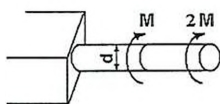


11. Максимальные напряжения в изображенных стержнях соотносятся следующим образом...

- 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

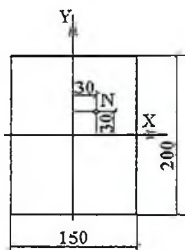


13. Чему равно максимальное перемещение для данного вала?

- 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. Геометрические характеристики плоских сечений.
4. Изгиб. Построение эпюр.
5. Сложное сопротивление. Внецентренное сжатие.
6. Сложное сопротивление. Совместное действие кручения и изгиба.
7. Устойчивость продольно сжатых стержней.
8. Расчет при ударном действии нагрузки.

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.

нагрузении. 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.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.Т. Батиенков и др. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2019. - 339 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <https://new.znanium.com/catalog/document?id=339952>

Прикладная механика: в 2-х ч. Ч. 1. Основы расчета, проектирования и моделирования механизмов [Электронный ресурс]: учебник / А.Н. Соболев и др. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. - 224 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=550577>

Прикладная механика: в 2-х ч. Ч. 2. Основы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов [Электронный ресурс]: учебник / А. Н. Соболев и др. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. - 160 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=550572>

б) дополнительная литература

Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Т. Батиенков [и др.]. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. - 339 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=792243>

Тимофеев, Г.А. Теория механизмов и машин: учебник и практикум / Г.А. Тимофеев. - Москва: Юрайт, 2016. - 429 с.

Леонов, И.В. Теория механизмов и машин. Основы проектирования по динамическим критериям и показателям экономичности: учебник / И.В. Леонов, Д.И. Леонов. - Москва: Юрайт, 2016. - 239 с.

Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Х.С. Гумерова [и др.]. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. - 142 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62001.html>

Борисенко, Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.А. Борисенко. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Новое знание, 2013. - 285 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=369685>

Матвеев, Ю.А. Теория механизмов и машин [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.А. Матвеев, Л.В. Матвеева. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2009. - 320 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=151094>

Сурин, В.М. Прикладная механика: учебное пособие / В.М. Сурин. - Минск: Новое знание, 2008. - 388 с.

Техническая механика [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / В.Т. Батиенков и др. - М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011. - 384 - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=219137>

Михайлов, А.М. Техническая механика [Электронный ресурс]: учебник / А.М. Михайлов. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 375 с. - ЭБС «Znanium.com» - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=550272>

Техническая механика в анализе архитектурных форм сооружений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.А. Каюмов [и др.]. - Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. - 346 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73322.html>

Кальмова, М.А. Техническая механика [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Кальмова М.А., Муморцев А.Н., Ахмедов А.Д. - Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 144 с. - ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58836.html>

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**» ставится 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.

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.

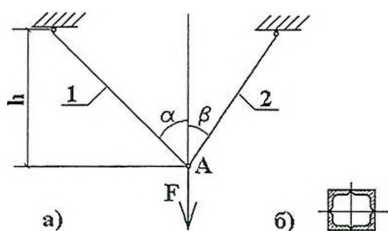
Практические работы включают в себя решение практических задач на основе теоретического материала, усвоенного студентом на лекционном занятии, а также готовят почву для самостоятельного выполнения студентом расчетно-графической работы по соответствующей теме курса. Каждое практическое занятие и расчетно-графическая 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 обоих стержней (таблица 1.1) – определить предельно допустимую 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, 2 – 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 $E_{ст} = 2 \cdot 10^5$ МПа, и меди $E_{мед} = 1 \cdot 10^5$ МПа. Высота $h=0,7$ м.

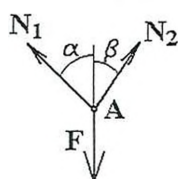


Рисунок 1.2

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

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

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

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

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

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

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

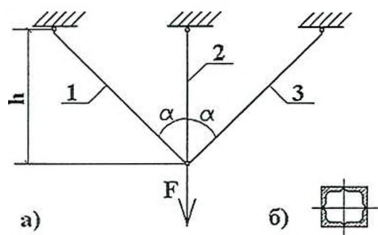
Перемещение узла А получим графически, откладывая на миллиметровке перемещение каждого стержня (под соответствующим углом).



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 допустимую величину силы F при заданных значениях допустимых 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

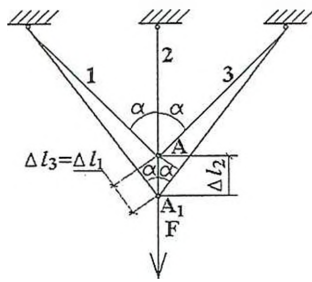
Пример решения задачи 1.2

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 50×50×5 (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 $[\sigma]_{1,3} = 180 \text{ МПа}$, 3 – 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 допустимую величину силы F при заданных значениях допустимых 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

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

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

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).

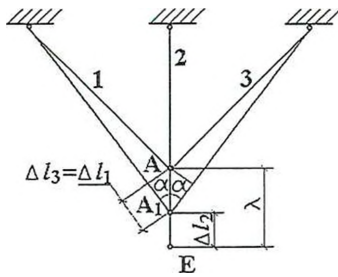
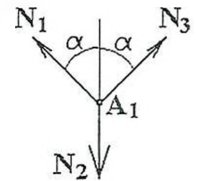


Рисунок 1.7

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 A_1 . 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 A_1 и рассмотрим его равновесие (рис. 1.8).

Рисунок 1.8



Уравнения равновесия узла A_1 запишем в виде суммы сил на оси X и Y.

$$\sum F_{iX} = 0; -N_1 \cdot \sin \alpha + N_3 \cdot \sin \alpha = 0, \text{ откуда} \quad N_1 = N_3. \quad (1.15)$$

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

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. $E_{\text{стали}} = 2 \cdot E_{\text{меди}}$ 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

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

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

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

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

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 зашечлененного 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 $\alpha, ^\circ\text{C}^{-1}$.

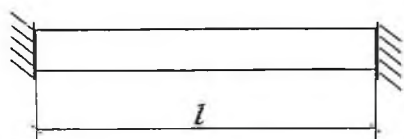


Рисунок 1.9

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 $l=1,5$ м, жестко зашечлененный 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 $\alpha = 170 \cdot 10^{-7}, ^\circ\text{C}^{-1}$.

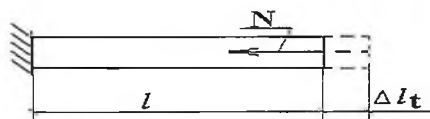


Рисунок 1.10

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 зашечление 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,

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

- 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,
OC 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 2Д и 3Д проектирования Производитель: Компания Autodesk	Учебная версия
Oracle VM VirtualBox- 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/>

СОГЛАСОВАНО
С БИБЛИОТЕКОЙ МГТУ
 /САМУСОВА Е.Е./

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		
<p>Аудитория для занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: <i>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа № ауд.403 адрес: ул. Первомайская, 19, 4этаж</i></p>	<p>Переносное мультимедийное оборудование, доска, мебель для аудиторий, компьютерный класс <i>на 15 посадочных мест</i>, оснащенный компьютерами <i>Pentium</i> с выходом в Интернет</p>	<p>свободно распространяемое (бесплатное не требующее лицензирования) программное обеспечение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Microsoft Office Word 2010. Номер продукта 14.0.6024.1000 SP1 MSO (14.0.6024.1000) 02260-018-0000106-48095. 2. УП ВО. v22.4.73, от 17.11.2017. 3. Kaspersky Anti-virus 6/0. № лицензии 26FE-000451-5729CF81 Срок лицензии 07.02.2020. 4. Adobe Reader 9. Бесплатно, 01.02.2019. 5. ОС Windows7 Профессиональная, Microsoft Corp. № 00371-838-5849405-85257, 23.01.2012, бессрочный. 6. VLC Media Player, VideoLAN. 01.02.2019, свободная лицензия. 7. 7-zip.org. GNU LGPL. 8. Inkscape- профессиональный векторный графический редактор для Linux, Windows и macOS. Свободно распространяемое ПО GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 3, 29 June 2007. 9. Офисный пакет WPSOffice. Свободно распространяемое ПО. 10. GIMP- растровый графический редактор для Linux, Windows. Свободно распространяемое ПО Стандартная Общественная Лицензия GNU(GNUGPL), опубликованная Фондом свободного программного обеспечения (FSF). 11. Autodesk AutoCAD- Профессиональное ПО для 2D и 3Dпроектирования Производитель: Компания Autodesk. Учебная версия. 12. OracleVMVirtualBox- программный продукт виртуализации для операционных систем Microsoft Windows, Linux, FreeBSD, macOS, Solaris/OpenSolaris, ReactOS, DOS и других. Производитель: Oracle. Универсальная общедоступная

Дополнения и изменения к рабочей программе
за _____ / _____ учебный год

В рабочую программу _____
(наименование дисциплины)

Для специальности(ей) _____
(номер специальности)

Вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____

(наименование кафедры)

«__» _____ 201__ г.

Заведующий кафедрой _____ (подпись) _____ (Ф.И.О.)