

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
Кафедра « Механика и анализ конструкций и процессов »

Р/Д ба-1

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин



«20» сентября 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины « Прикладная механика »

основной профессиональной образовательной программы
подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и
теплотехника»

Направленность (профиль) - " Тепловые электрические станции"

Форма обучения	<u>заочная</u>
Технология обучения	<u>Традиционная,</u>

Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы
доцент, к.т.н.

 М.Р. Петров.
« 12 » май 2017г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

 И.А. Романовская
« 12 » май 2017г.

Заведующий кафедрой «МАКП»

 А.А. Буренин
« 12 » май 2017г.

Декан ФЗДО

 М.В. Семибратова
« 12 » май 2017г.

Начальник учебно-методического
управления

 Е.Е. Поздеева
« 12 » май 2017г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Прикладная механика» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.10.2015 № 1081, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Направленность (профиль) - "Тепловые электрические станции"

1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Прикладная механика
Цель дисциплины	Обеспечение системного овладения студентами теоретическими и практическими знаниями об основах сопротивления материалов, теории механизмов и машин, деталей машин
Задачи дисциплины	Формирование у студентов - знаний об основных законах при различных видах деформирования элементов (растяжение-сжатие, кручение, смятие и изгиб); - о разработке математических моделей объектов на основе аналитических и численных методов расчета на прочность, деформированность или других технических требований; - требований к конструкциям узлов и технологического оборудования; - о принципах оптимального проектирования конструкций, механизмов и машин; об определении их надежности и ресурса.
Основные разделы дисциплины	1. Теория прочности - Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении; - растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении-сжатии; - геометрические характеристики поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции; - сдвиг и кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге; - изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе; - дифференциальные зависимости при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе; - касательные напряжения при изгибе; - перемещения при изгибе; - основы напряженно-деформированного состояния. Теория прочности; - устойчивость сжатых стержней; - структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма; 2. Теория машин и механизмов - кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод; - динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация; - механические передачи. Общие сведения. Привод. Фрикционные и ременные передачи;

	- валы и оси. Опоры валов и осей;							
Общая трудоемкость дисциплины	<u>6</u> з.е. / <u>216</u> академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промеж уточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лек ции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	<u>3</u> семестр	4	4	4	-	92	4	108
	<u>4</u> семестр	4	-	6	-	94	4	108
		8	4	10	-	186	8	216

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Прикладная механика» нацелена на формирование компетенции ОПК-2– Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. В целях унификации на основании компетенций выпускника, определенных ФГОС ВО по направлениям подготовки, разработана унифицированная дисциплинарная компетенция (УДКпм по дисциплине «Прикладная механика»). УДКпм - Способность понимать сущность общих методов расчета и принципов проектирования; использовать методы анализа и синтеза механизмов и машин. Знания, умения, навыки этой компетенции указаны в таблице 1. Дисциплина Прикладная механика обеспечивает знания, умения и навыки компетенции УДКпм.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень знаний (с указанием шифра)
УДКпм	31(УДКпм) основы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов и машин	У1(УДКпм) разрабатывать структурные и кинематические схемы механизмов и машин	Н1(УДКпм) методами структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов и машин
	32(УДКпм) методы расчета прочности, жесткости,	У2(УДКпм) выполнять структурный, кинематический и	Н2(УДКпм) методами проектирования типовых конструкций механизмов и машин с

	износостойкости элементов конструкций;	динамический анализ механизмов;	учетом условий эксплуатации.
	ЗЗ(УДКпм) основные виды механизмов, их достоинства и особенности;	УЗ(УДКпм) разрабатывать конструкции типовых изделий;	НЗ(УДКпм) принципами выбора размеров и свойств элементов конструкций и оборудования;
	З4(УДКпм) виды соединений деталей;	У4(УДКпм) выбирать рациональный вид соединений деталей в конструкции;	Н4(УДКпм) методами обработки экспериментальных данных и оценки результатов эксперимента;
	З4(УДКпм) требования, предъявляемые при разработке изделий	У6(УДКпм) рассчитывать номинальные нагрузки, при которых должны эксплуатироваться механические узлы, звенья, машины и механизмы, в штатном режиме;	Н6(УДКпм) навыками расчёта конструкций аналитическими и численными методами;
		У7(УДКпм) оформлять пояснительную записку и рабочие чертежи типовых конструкций.	Н7(УДКпм) способами построения расчетных схем, позволяющими анализировать, моделировать и решать производственные задачи.

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина(модуль) «Прикладная механика» изучается на 2 курсе в 3, 4 семестрах.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ОПК-2 при изучении дисциплин Физика, Математика, Теоретическая механика. Дисциплина Прикладная механика являются основой для успешного изучения дисциплин Турбины тепловых и атомных электрических станций.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 зачетные единицы, 216 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Заочная (очно-заочная) форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	216
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	22
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	8
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	14
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	186
Промежуточная аттестация обучающихся	8

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Раздел 1 Теория прочности					

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 1 Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении Растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении-сжатии; Геометрические характеристики поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции; Сдвиг и кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге; Изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе;	Лекция	4	традиционная	УДКпм	32(УДКпм)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 2 Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении Растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении-сжатии; Геометрические характеристики поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции; Сдвиг и кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге; Изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе;	Практическая работа	4	традиционная	УДКпм	У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 3 Ознакомительное занятие. Техника безопасности в лаборатории. Ознакомление с испытательными машинами и принципами их действия Испытание на растяжение углеродистой стали с целью получения основных прочностных характеристик и мер пластичности Испытание различных материалов на сжатие с целью изучения характера деформации и разрушения Определение коэффициентов упругости с целью определения взаимозависимост и продольной и поперечной деформаций при растяжении в упругой стадии	Лабораторная работа	4	традиционная	УДКпм	У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Раздел 2 Теория машин и механизмов					
Тема 4 Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация Механические передачи. Общие сведения Привод. Фрикционные и ременные передачи Валы и оси. Опоры валов и осей	Лекция	4	традиционная	УДКпм	31(УДКпм) 33(УДКпм) 34(УДКпм)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 4 Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация Механические передачи. Общие сведения Привод. Фрикционные и ременные передачи Валы и оси. Опоры валов и осей	Практическое занятие	4	традиционная	УДКпм	У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))
Самостоятельная работа обучающихся	<u>РГР №1, РГР №2</u> , подготовка к лекционным и практическим занятиям, оформление и защита лабораторных работ	186	традиционная	УДКпм	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
					31(УДКпм) У1(УДКпм) Н1(УДКпм) У2(УДКпм) Н2(УДКпм) 33(УДКпм) У3(УДКпм) 34(УДКпм) У4(УДКпм) Н4(УДКпм) 34(УДКпм)
Промежуточный контроль	3 сем. – зачет, 4 сем. - зачет с оценкой	4 4			
ИТОГО по дисциплине	Лекции	8	-	-	-
	Лабораторные работы	4			
	Практические занятия	10			
	Самостоятельная работа обучающихся	186			
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 216 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 5 час					

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

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Прикладная механика», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических и практических разделов дисциплины; подготовка и оформление РГР, оформление и защита лабораторной работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Г.С Лейзерович, В.С. Симонов. Руководство к самостоятельной работе по сопротивлению материалов/ Комсомольск на Амуре, ФГБОУ ВПО КнАГТУ, 2007
2. Г.С Лейзерович, С.В. Макаренко. Методические указания ао курсу «Сопротивление материалов»/ Комсомольск на Амуре, ФГБОУ ВПО КнАГТУ, 2003

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы

представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов при 17 -недельном семестре

[illegible]

ИТОГО в 4 семестре	3	3	3	3	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	94
-------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

**7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 1, РГР №1 Вопросы к защите лабораторных работ	Различает внешние и внутренние силовые факторы. Определяет напряжения в простейших случаях растяжения и сжатия
Растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении- сжатии;	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 1, РГР №1 Вопросы к защите лабораторных работ	Определяет внутренние силовые факторы и напряжения в брусе при сложном случае растяжения- сжатия. Владеет методом сечений и определяет работу силы при растяжении и сжатии
Геометрические характеристики поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции;	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 2 РГР №1	Определяет статический момент и моменты инерции поперечного сечения стержня. Демонстрирует понимание роли геометрических сечений стержня в определении прочности стержня

Сдвиг и кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге;	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 3 РГР №1 Вопросы к защите лабораторных работ	Определяет внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня, работающего на кручение. Строит эпюры внутренних силовых факторов и напряжений, проектирует поперечное сечение вала
Изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе;	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 4 РГР №2	Определяет внутренние силовые факторы в поперечных сечениях стержня, работающего на изгиб. Строит эпюры внутренних силовых факторов и напряжений, проектирует поперечное сечение балки
Дифференциальные зависимости при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе;	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) 34(УДКПМ)	Задание 4 РГР №2	Определяет согласованность эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балке
Касательные напряжения при изгибе	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 4 РГР №2	Определяет касательные напряжения в поперечных сечениях балки при изгибе, оценивает прочность балки по

			касательным напряжениям
Перемещения при изгибе	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задание 4 РГР №2	Определяет перемещения сечений балки при изгибе
Основы напряженно-деформированного состояния. Теория прочности	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм))	Задания 1,2,3,4 РГР №2	Оценивает прочность стержня при различных его деформации
Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) 31(УДКпм) У1(УДКпм) Н1(УДКпм) Н2(УДКпм) 33(УДКпм) У3(УДКпм) 34(УДКпм) У4(УДКпм) Н4(УДКпм)	Задание 5 РГР №2	Владеет системой и принципами структурного анализа механизмов
Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) 31(УДКпм) У1(УДКпм) Н1(УДКпм) Н2(УДКпм) 33(УДКпм)	Задание 6 РГР №2	Определяет планы скоростей и ускорений для рычажного механизма Графическим методом. Определяет скорости и ускорения точек механизма аналитически

	У3(УДКпм) 34(УДКпм) У4(УДКпм) Н4(УДКпм)		
Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация	32(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) 31(УДКпм) У1(УДКпм) Н1(УДКпм) Н2(УДКпм) 33(УДКпм) У3(УДКпм) 34(УДКпм) У4(УДКпм) Н4(УДКпм)	Задание 6 РГР №2	Строит план сил для рычажного механизма
Механические передачи. Общие сведения. Привод. Фрикционные и ременные передачи	(УДКпм) У6(УДКпм) У7(УДКпм) Н3(УДКпм) Н6(УДКпм) Н7(УДКпм)) 31(УДКпм) У1(УДКпм) Н1(УДКпм) Н2(УДКпм) 33(УДКпм) У3(УДКпм) 34(УДКпм) У4(УДКпм) Н4(УДКпм)	Задание 7	Производит силовой расчет ременной передачи

Промежуточная аттестация проводится в 3-м семестре в виде зачета, в 4-м семестре в виде зачета с оценкой. Методические материалы,

определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выпол нения	Шкала оценива ния	Критерии оценивания
_____3_____ семестр Промежуточная аттестация в форме зачета				
1	РГР №1	В течени е семест ра	5 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
2	Задания №1,2,3	В течени е семест ра	5 баллов	5. баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний,

	Наименование оценочного средства	Сроки выпол нения	Шкала оценива ния	Критерии оценивания
				умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
3	Лабораторная работа №1,2,3	В течени е семест ра	5 баллов	5. баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
ИТОГО:		-	<u>35</u> баллов	-
Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: Пороговый (минимальный) уровень для аттестации в форме зачета – 75 % от максимально возможной суммы баллов				
____ 4 ____ семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	РГР №2	В течени е семест ра	5 баллов	5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень

	Наименование оценочного средства	Сроки выпол нения	Шкала оценива ния	Критерии оценивания
				знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
2	Задания № 4,5.6,7	В течени е семест ра	5 баллов	5. баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 5 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
ИТОГО:		-	<u>20</u> баллов	-
Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета с оценкой: Максимальный балл текущего контроля составляет 20 баллов; максимальный итоговый рейтинг – 20 баллов. Оценке «отлично» соответствует 20 баллов; «хорошо» – 16; «удовлетворительно» – 12; менее 12– «неудовлетворительно».				

Задания для текущего контроля

1. Лабораторная работа №1. Испытание стальных образцов на разрыв.

- 1) Какие характеристики отражают прочность материала?
- 2) Какие образцы применяют при испытании на разрыв?
- 3) Какие параметры характеризуют пластичность материала?
- 4) Чем отличается диаграмма истинных напряжений от диаграммы условных напряжений?
- 5) Как определить по диаграмме упругую и пластичную деформации?

2. Лабораторная работа №2. Испытание металлических образцов на сжатие.

- 1) Какие механические характеристики можно определить при сжатии стали, дуралюмина, чугуна?
- 2) Чем объясняется бочкообразная форма стального образца?
- 3) Что называется пределом текучести материала при сжатии?
- 4) Что называется пределом прочности материала при сжатии?
- 5) Чем отличаются диаграммы сжатия хрупких и пластичных материалов?
- 6) Почему разрушение при сжатии хрупкого материала происходит по площадкам, расположенным под углом 45^0 к линии действия сжимающей нагрузки?

3. Лабораторная работа №3. Испытание на кручение.

- 1) Какое свойство материала характеризует модуль сдвига?
- 2) Какая зависимость существует между углом закручивания и крутящим моментом?
- 3) Влияет ли на значение угла закручивания расстояние между сечениями, относительный (взаимный) угол поворота которых определяется?
- 4) Каким образом с помощью индикатора, измеряющего линейные перемещения в лабораторной работе определяется угол закручивания?
- 5) Для чего до начала отсчета по шкале индикатора дается предварительное нагружение?

- 6) Почему и каким значением ограничивается максимальный крутящий момент?
- 7) Какую закономерность можно установить, нагружая образец в несколько раз, увеличивая нагрузку при каждой ступени нагружения на одну и ту же величину?

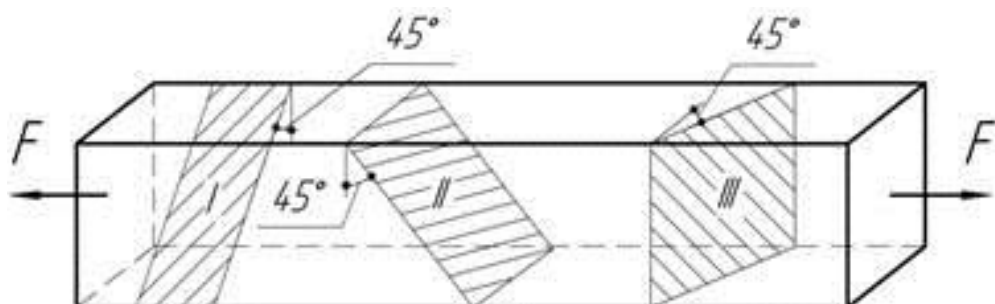
4. Лабораторная работа №4. Определение констант упругости механическими тензометрами.

- 1) Какие значения может принимать коэффициент Пуассона?
- 2) Что характеризует модуль упругости E ?
- 3) Какой физический смысл имеет модуль упругости E ?
- 4) Каким соотношением связаны между собой упругие характеристики материала?
- 5) С какой целью принята попарная установка механических тензометров ?

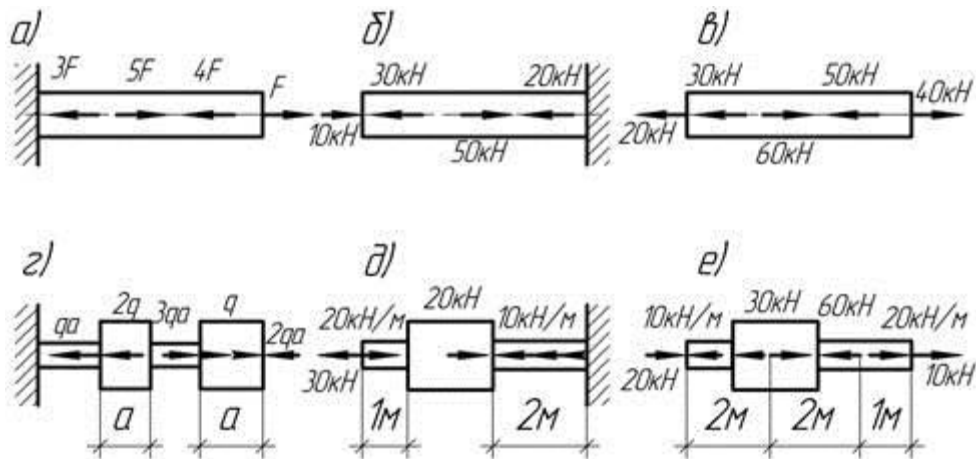
Задание 1

- а) Какие напряжения возникают на заштрихованных площадках при растяжении стержня квадратного сечения? F

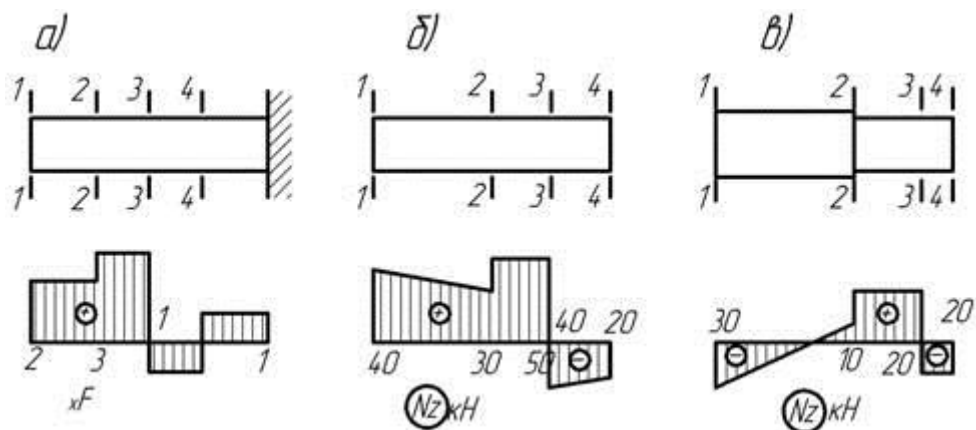
№ Варианта	Сила F , КН	Площадь поперечного сечения стержня S , см ²
1	10	10
2	15	10
3	20	15
4	25	20
5	15	20
6	30	20
7	20	20
8	20	10
9	25	15
0	30	15



б) Построить эпюру продольных сил и нормальных напряжений в поперечных сечениях стержней.

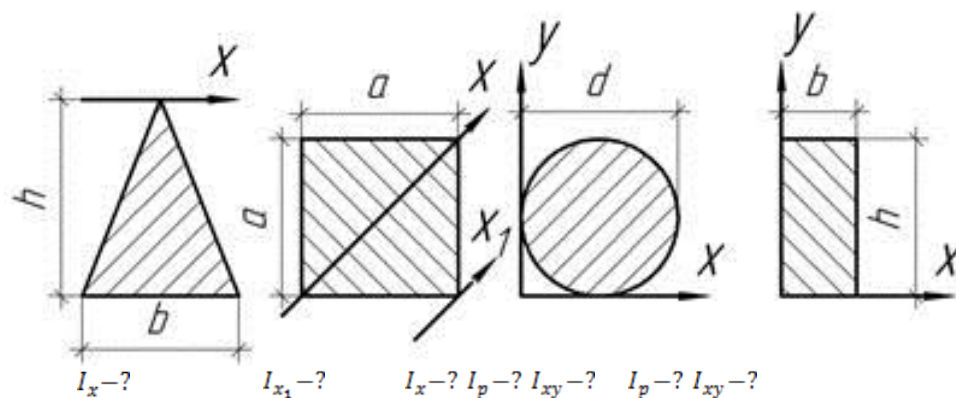


в) По заданной эпюре продольной силы определить величину и направление приложенной к стержню нагрузки.



Задание 2

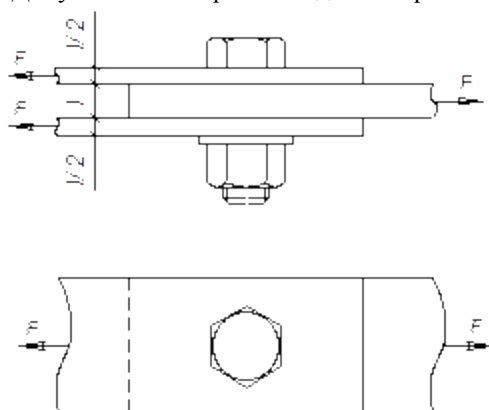
Определите указанные ниже величины.



№ Варианта	a, см	b, см	h, см	d, см
1	10	20	30	15
2	15	20	15	30
3	20	25	30	20
4	25	30	20	20
5	15	15	20	25
6	30	30	25	15
7	20	15	10	30
8	20	20	15	15
9	25	10	15	30
0	30	15	20	10

Задание 3

Определить касательные напряжения и прочность в соединении, изображенном на рисунке. Допускаемые напряжения для материала болта: на срез 80 МПа, на смятие 200 МПа.

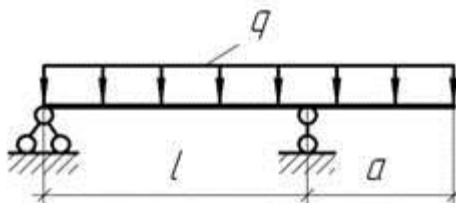


№ Варианта	Сила F, КН	Толщина, t, см
1	10	1
2	15	1
3	20	1.5
4	25	2

5	15	2
6	30	2
7	20	2
8	20	1
9	25	1.5
0	30	1.5

Задание 4

Построить эпюры Q и M.

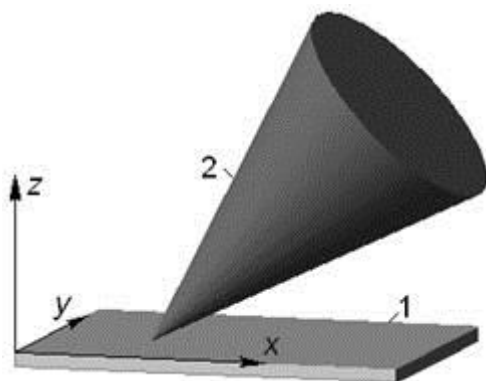


№ Варианта	$q, \text{ КН/м}$	$l, \text{ м}$	$a, \text{ м}$
1	10	1	2
2	15	1	1
3	20	1.5	1.5
4	25	2	1.5
5	15	2	2
6	30	2	2
7	20	2	2
8	20	1	1
9	25	1.5	1
0	30	1.5	1.5

Задание 5

Задача 1

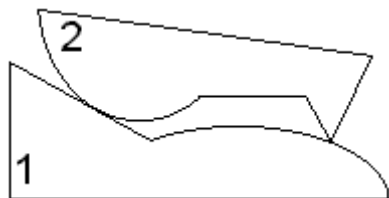
Установить класс кинематической пары, образуемой плоской (1) и конической (2) поверхностями (конус касается плоскости только вершиной). По отношению к координатным осям x и y перечислить все виды допускаемых движений конуса относительно плоскости.



Задача 2

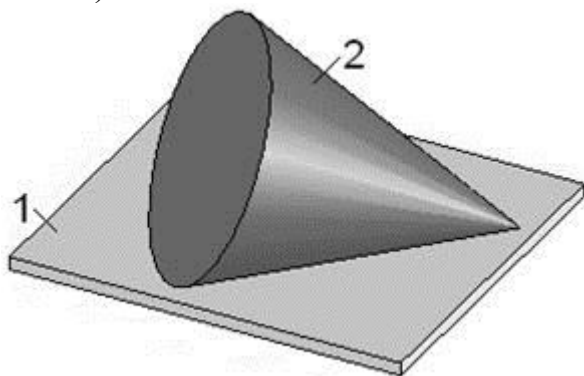
Для плоской кинематической пары, представленной на рисунке, установить:

- высшая пара, или низшая;
- класс кинематической пары;
- число подвижностей в относительном движении звеньев 1 и 2.



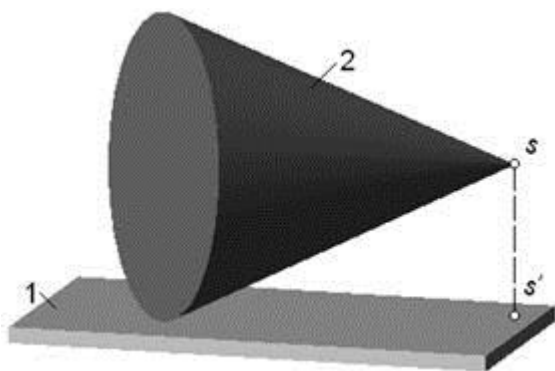
Задача 3

Конус 2 касается плоскости 1 своей образующей. Для кинематической пары, образуемой указанными звеньями, установить класс и число подвижностей в относительном движении звеньев 1 и 2 (назвать эти подвижности по отношению к какой-либо системе координат, связанной с плоскостью).



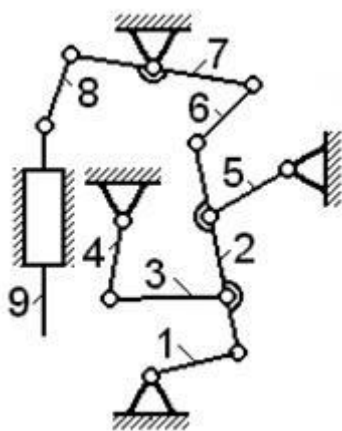
Задача 4

Конус 2 касается плоскости 1 кромкой своего основания, вершина конуса s удалена от плоскости на расстояние $s's$, где s' – проекция вершины конуса на плоскость. Для кинематической пары, образуемой указанными звеньями, установить класс и число подвижностей в относительном движении звеньев 1 и 2 (назвать эти подвижности по отношению к какой-либо системе координат, связанной с плоскостью).



Задача 5

Для механизма с одной степенью свободы указать номера звеньев, образующих группу III класса 3-го порядка при начальном звене 9.



Задача 6 (см. рисунок к задаче 5)

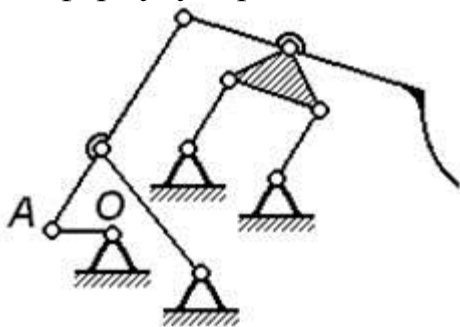
Для механизма с одной степенью свободы указать номера звеньев, образующих группу III класса 3-го порядка при начальном звене 4.

Задача 7 (см. рисунок к задаче 5)

Для механизма с одной степенью свободы написать формулу строения механизма при начальном звене 5.

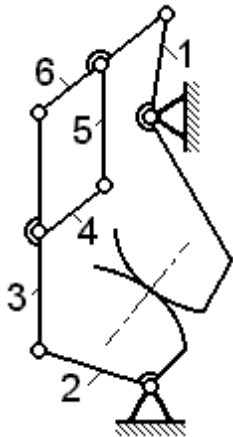
Задача 8

Для механизма с одной степенью свободы пронумеровать звенья и написать формулу строения механизма при начальном звене OA.



Задача 9

Считая звено 1 начальным, указать структурную группу, которую можно отсоединить от механизма, не нарушая его подвижности (ответ обосновать).

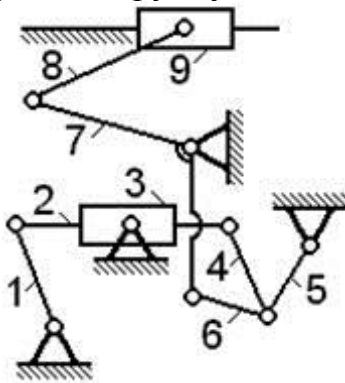


Задача 10 (см. рисунок к задаче 9)

Считая звено 2 начальным, указать структурную группу, которую можно отсоединить от механизма, не нарушая его подвижности (ответ обосновать).

Задача 11

Для механизма с одной степенью свободы указать номера звеньев, образующих группу III класса 3-го порядка при начальном звене 9.



Задача 12 (см. рисунок к задаче 11)

Для механизма с одной степенью свободы указать номера звеньев, образующих группу III класса 3-го порядка при начальном звене 5.

Задание 6

Задача 1

Для некоторой структурной группы имеется уравнение плана скоростей

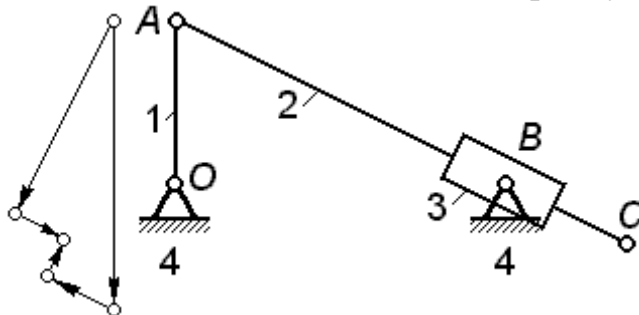
$$\bar{V}_D = \bar{V}_C + \bar{V}_{D_3C} + \bar{V}_{DD_3}.$$

Написать для этой группы:

- 1) уравнение плана ускорений;
- 2) формулы для вычисления угловой скорости и углового ускорения звена 3.

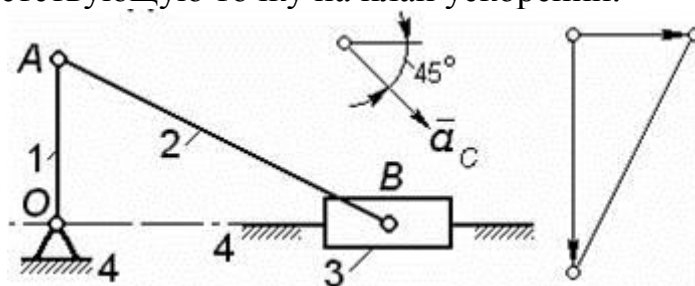
Задача 2

Кривошип OA механизма вращается равномерно; обозначить полюс и все векторы плана ускорений. Считая все постоянные размеры звеньев заданными, нанести на этот план вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки C .



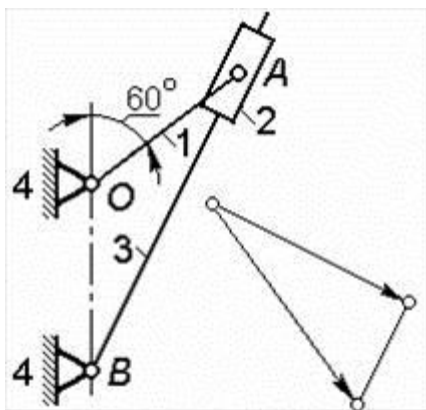
Задача 3

Кривошип OA механизма вращается равномерно; обозначить полюс и все векторы плана ускорений. Считая все постоянные размеры звеньев заданными, указать на прямой AB звена 2 такую точку C , ускорение которой $\vec{a}_C$ направлено, как показано на рисунке (написать формулу, по которой вычисляется положение этой точки на звене). Нанести соответствующую точку на план ускорений.



Задача 4

На плане скоростей кривошипно-кулисного механизма отметить полюс и векторы скоростей всех обозначенных на схеме точек. Найти для изображенного положения механизма точную величину отношения (ω_1/ω_3), если $OA = OB$.



Задача 5

Для структурной группы имеется уравнение плана ускорений

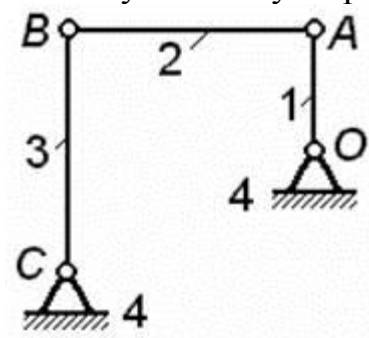
$$\vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{B_1 B}^* + \vec{a}_{B_1 B}^t + \vec{a}_{BB_1}^r + \vec{a}_{BB_1}^k.$$

Написать для этой группы:

- 1) уравнение плана скоростей; формулы для расчета угловой скорости ω_2 и углового ускорения ε_2 ;
- 2) формулы для расчета нормального и кориолисова ускорений.

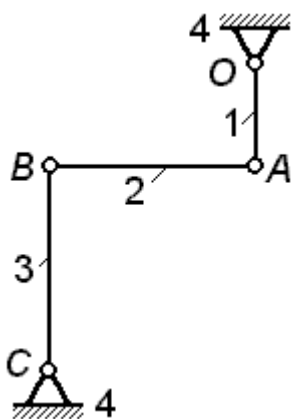
Задача 6

В рассматриваемом положении механизма звенья 1 и 3 вертикальны, звено 2 горизонтально. Звено 1 вращается равномерно с угловой скоростью $\omega_1 = 10$ рад / с. Длины звеньев: $AB = BC = 2OA$. Найти величину и направление углового ускорения звена 2.



Задача 7

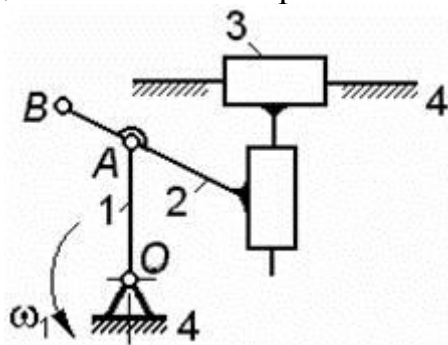
В рассматриваемом положении механизма звенья 1 и 3 вертикальны, звено 2 горизонтально. Звено 1 вращается равномерно с угловой скоростью $\omega_1 = 10$ рад/с. Длины звеньев: $AB = BC = 2OA$. Найти величину и направление углового ускорения звена 2.



Задача 8

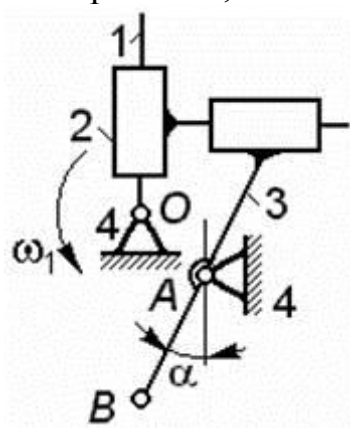
Определить скорость и ускорение точки B звена 2; указать направления обоих векторов для заданного положения механизма.

Исходные данные: $OA=0,20$ м; $AB=0,10$ м; $\omega_1=5$ рад/с; кривошип OA в текущем положении вертикален.



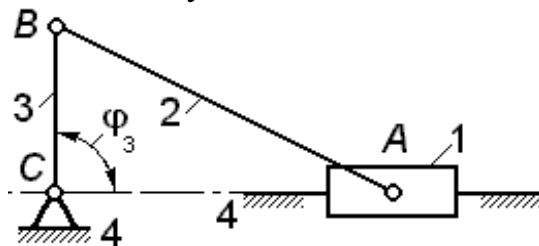
Задача 9

Для механизма крестово-кулисной муфты определить скорость и ускорение точки B звена 3; указать направления обоих векторов. В текущем положении механизма звено 1 вертикально и вращается равномерно с угловой скоростью $\omega_1 = 10$ рад/с, звено 3 отклонено от вертикали на угол $\alpha = 30^\circ$. Размер $AB = 0,3$ м.



Задача 10

В текущем положении механизма угол $\varphi_3 = 90^\circ$ ползун 1 движется равномерно. Размеры звеньев: длина кривошипа $BC = 0.1\text{ м}$, длина шатуна $AB = 0.2\text{ м}$. Определить точное соотношение угловых ускорений звеньев ($\varepsilon_2 / \varepsilon_3$) в указанном положении.



Задача 11 (см. рисунок к задаче 10)

Установить величину отношения угловых ускорений звеньев 2 и 3 ($\varepsilon_2 / \varepsilon_3$) при равномерном движении ползуна 1 в изображенном положении кривошипно-ползунного механизма (т.е. при угле $\varphi_3 = 90^\circ$). Соотношение длин звеньев: $AB = 3 \cdot BC$.

Задача 12 (см. рисунок к задаче 10)

Доказать, что при равномерном движении ползуна 1 в изображенном положении механизма (т.е. при угле $\varphi_3 = 90^\circ$) угловые ускорения звеньев 2 и 3 одинаковы по величине и направлению.

Задание 7

Задача 1.

Рассчитать передачу (рис. 1) хлопчатобумажным ремнём к станку и подобрать электродвигатель. Мощность и угловая скорость на ведомом валу соответственно равны N_2 и ω_2 . Передача горизонтальная. Межцентровое расстояние минимальное. Работа трёхсменная. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 1.

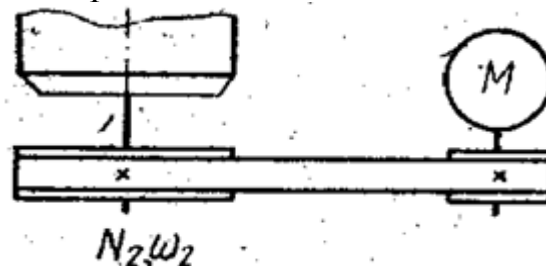


Рис.1. Плоскоремённая передача

Таблица 1. Исходные данные для задачи 1

Вариант	$N_2, \text{ кВт}$	$\omega_2, \text{ рад/с}$
1	2,5	10π
2	3,0	8π

3	3,5	11π
4	4,5	9π
5	5,5	5π
6	6,0	6π
7	7,0	12π
8	10	7π
9	14	13π
0	18	15π

Задача 2.

Рассчитать фрикционную цилиндрическую передачу (рис. 2). Передаваемая ведущим колесом мощность N_1 при угловой скорости ω_1 и на ведомом колесе ω_2 . Межцентровое расстояние A . Выполнить рабочий чертёж ведомого колеса. Данные брать из таблицы 2.

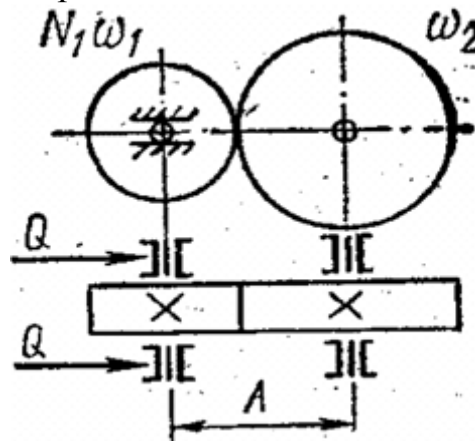


Рис.2. Цилиндрическая фрикционная передача

Таблица 2. Исходные данные для задачи 2

Вариант	N_2 , кВт	ω_1 , рад/с	ω_2 , рад/с	A , мм
1	10	26π	14π	400
2	8	28π	15π	380
3	6	30π	16π	400
4	14	32π	17π	420
5	10	34π	18π	440
6	6	36π	19π	460
7	9	38π	20π	480
8	6	40π	21π	540
9	5	42π	22π	520
0	6	44π	23π	500

Задача 3.

Рассчитать плоскоременную передачу (рис. 3) с натяжным роликом. Передаваемая ведущим валом мощность N_1 , при угловой скорости ω_1 .

Ведомый вал имеет угловую скорость ω_2 . Передача горизонтальная. Работа односменная. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 3.

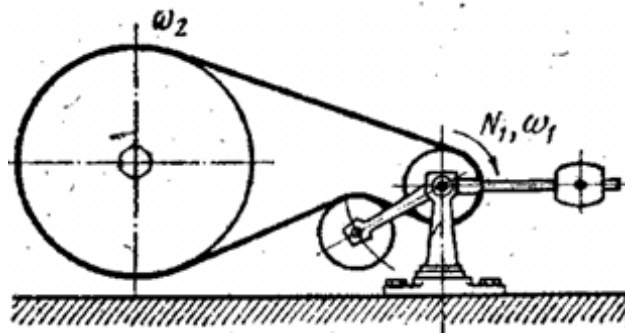


Рис.3. Плоскоременная передача с натяжным роликом

Таблица 3. Исходные данные для задачи 3

Вариант	$N_1, кВт$	$\omega_1, рад/с$	$\omega_2, рад/с$
1	4,5	24π	5π
2	4,5	24π	6π
3	7	24π	7π
4	7	25π	5π
5	10	30π	5π
6	10	31π	4π
7	14	37π	6π
8	16	47π	7π
9	20	48π	8π
0	28	48π	9π

Задача 4.

Определить основные размеры роликов реверсивной конической фрикционной передачи (рис. 4). Мощность на ведомом валу N_2 , обороты ведомого вала n_2 , передаточное отношение передачи 2,5. Ролики чугунные из СЧ15-32. Ведомый ролик облицован прорезиненной тканью. Выполнить рабочий чертёж ведущего ролика. Данные брать из таблицы 4.

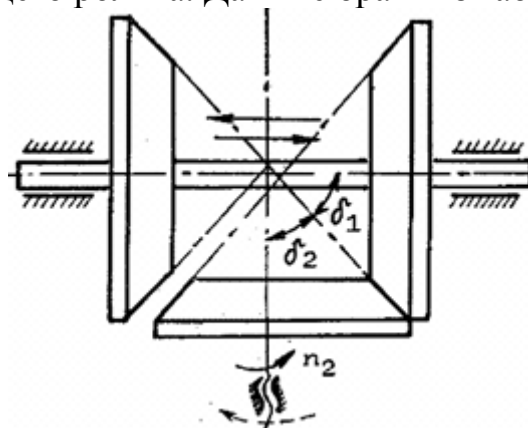


Рис.4. Коническая фрикционная реверсивная передача

Таблица 4. Исходные данные для задачи 4

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$n_2, \text{об/мин}$
1	1	80
2	1,5	85
3	2	90
4	2,5	95
5	3	100
6	3,5	110
7	4	120
8	4,5	130
9	5	140
0	6	150

Задача 5.

Рассчитать клиноременную передачу (рис. 5) от асинхронного двигателя на вентилятор. Передаваемая ведущим валом мощность N_1 , обороты колёс n_1, n_2 . Работа односменная, нагрузка постоянная, пусковая нагрузка равна 120% от номинальной. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 5.

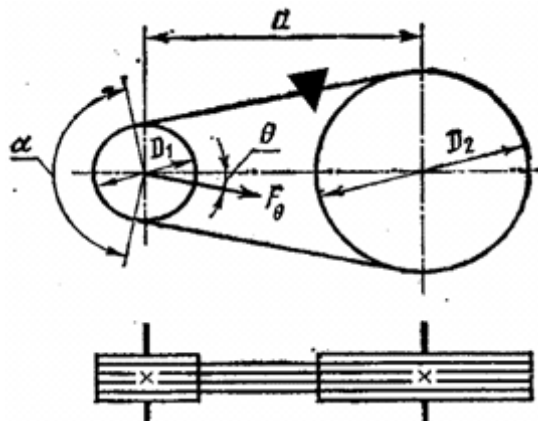


Рис.5. Клиноременная передача

Таблица 5. Исходные данные для задачи 5

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$n_1, \text{об/мин}$	$n_2, \text{об/мин}$
1	1,5	950	700
2	2,2	950	420
3	3	956	315
4	4	956	750
5	5,5	965	480
6	7,5	1440	720
7	10	1440	480
8	13	1450	600
9	17	1450	400
0	22	1500	480

Задача 6.

Определить размеры роликов лобовой фрикционной передачи (рис. 6). Мощность на ведущем валу N_1 , обороты ведущего вала n_1 , наименьшие обороты ведомого вала n_{2min} , диапазон регулирования $D=3$. Диски 1 и маховик 2 изготовлены из чугуна СЧ15-32. Обкладка маховика – кожаная. Выполнить рабочий чертёж диска 1. Данные брать из таблицы 6.

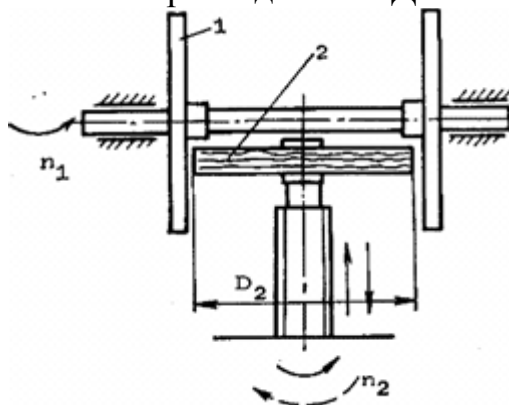


Рис.6. Лобовая фрикционная реверсивная передача

Таблица 6. Исходные данные для задачи 6

Вариант	N_1 , кВт	n_1 , об/мин	n_{2min} , об/мин
1	1	500	100
2	2	550	150
3	3	600	200
4	4	650	300
5	5	700	350
6	6	750	400
7	7	700	380
8	8	650	320
9	9	600	180
0	10	550	150

Задача 7.

Рассчитать плоскоремennую передачу (рис. 7) в системе привода ленточного транспортёра. Мощность электродвигателя N_1 , его угловая скорость ω_1 , скорость ленты транспортёра v , передаточное отношение редуктора u . Диаметр барабана 400 мм. Режим работы равномерный. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 7.

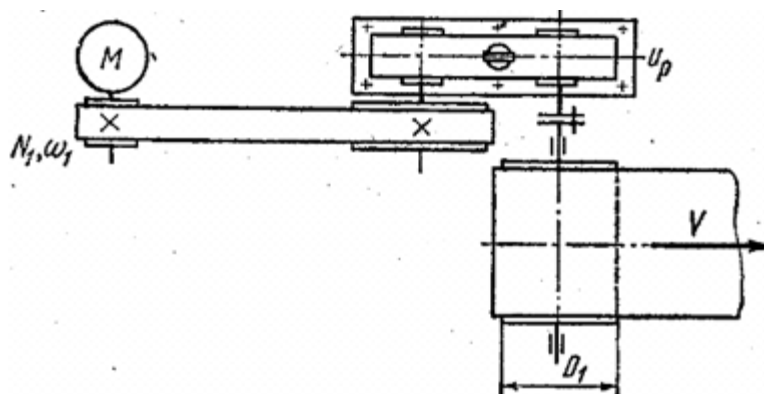


Рис.7. Плоскоременная передача привода ленточного транспортера

Таблица 7. Исходные данные для задачи 7

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$\omega_1, \text{рад/с}$	u	$v, \text{м/с}$
1	28	47π	5,27	1,2
2	28	32π	7,1	0,9
3	20	48π	7,6	0,8
4	20	32π	3,9	1,5
5	14	50π	1,5	0,5
6	14	33π	2,6	1,3
7	10	47π	17,5	0,3
8	10	31π	4,5	0,7
9	7	31π	2,55	1,4
0	7	24π	7,4	0,4

Задача 8.

Рассчитать лобовой фрикционный вариатор (рис. 8). Мощность на ведущем валу N_1 , угловая скорость ω_1 . Максимальная скорость ведомого вала $\omega_{2\max}$, минимальная $\omega_{2\min}$. Срок службы T часов. Работа равномерная, режим нагрузки постоянный. Выполнить рабочий чертёж ведущего катка. Данные брать из таблицы 8.

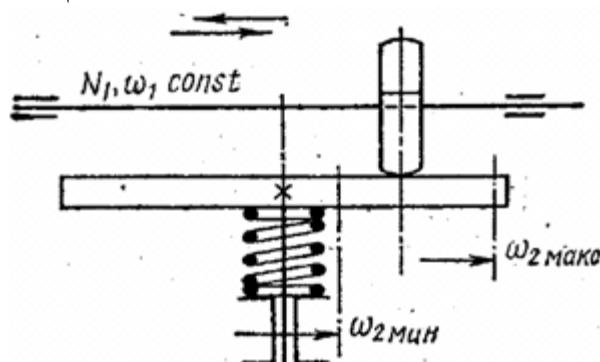


Рис.8. Лобовой фрикционный вариатор

Таблица 8. Исходные данные для задачи 8

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$\omega_1, \text{рад/с}$	$\omega_{2\min}, \text{рад/с}$	$\omega_{2\max}, \text{рад/с}$	$T, \text{час}$
---------	-------------------	--------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------

1	2,5	16π	8π	30π	3000
2	2,0	15π	7π	31π	
3	1,5	10π	5π	19π	
4	1,8	11π	4π	23π	
5	3,0	14π	6π	29π	25000
6	1,6	9π	5π	19π	
7	2,2	8π	6π	17π	
8	2,8	10π	4π	22π	5000
9	3,2	17π	7π	35π	
0	1,4	12π	5π	26π	

Задача 9.

Рассчитать клиноременную передачу (рис. 9) и подобрать электродвигатель. Мощность на ведомом валу N_2 , угловая скорость ведомого шкива ω_2 . Межцентровое расстояние минимальное. Передача горизонтальная. Работа двухсменная. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 9.

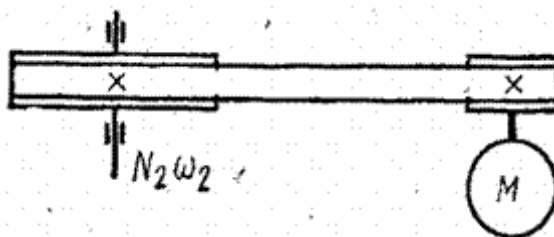


Рис.9. Клиноременная передача

Таблица 9. Исходные данные для задачи 9

Вариант	$N_2, кВт$	$\omega_2, рад/с$
1	2	13π
2	2	10π
3	4	7π
4	4	8π
5	6,5	12π
6	6,5	6π
7	9,5	8π
8	13,3	11π
9	13,3	9π
0	26	17π

Задача 10.

Рассчитать коническую фрикционную передачу (рис. 10). Мощность на ведущем валу – N_1 . Угловая скорость ведущего вала - ω_1 , ведомого вала - ω_2 . Режим работы и необходимые конструктивные параметры задать

самостоятельно. Выполнить рабочий чертёж ведущего катка. Данные брать из таблицы 10.

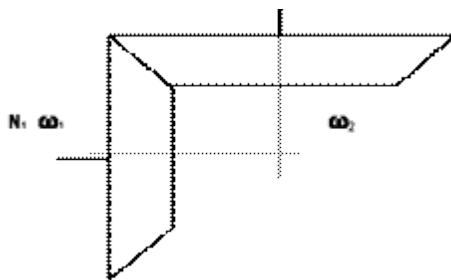


Рис.10. Коническая фрикционная передача

Таблица 10. Исходные данные для задачи 10

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$\omega_1, \text{рад/с}$	$\omega_2, \text{рад/с}$
1	8	142	25
2	9	95	32
3	10	97	25
4	11	93	32
5	12	97	28
6	12	144	35
7	11	95	30
8	10	142	25
9	9	144	32
0	8	93	25

РГР№1

Задание 1. Стальной стержень (модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$) находится под действием внешних осевых сил P и $2P$ (рис. 3.1). Построить эпюры продольных сил N и нормальных напряжений σ_z . Оценить прочность стержня, если предельное напряжение (предел текучести) $\sigma_m = 24 \text{ кН/см}^2$, а допускаемый коэффициент запаса $[n] = 1,5$. Найти удлинение стержня Δl . Исходные данные взять из табл.1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче 1

Буквы алфавита	Номер схемы (рис. 3.1)	$F, \text{см}^2$	$a, \text{м}$	$b, \text{м}$	$c, \text{м}$	$P, \text{кН}$
А, П	1	2,0	1,2	1,4	1,6	11
Б, Р	2	2,2	1,4	1,6	1,4	12

В, С	3	2,4	1,8	1,6	1,2	13
Г, Т	4	2,6	1,6	2,0	1,0	14
Д, У	5	2,8	2,0	1,8	1,2	15
Е, Ф	6	3,0	2,2	1,6	1,4	16
Ж, Х	7	3,2	2,4	1,4	1,6	17
З, Ц	8	3,4	2,6	1,2	1,8	18
И, Ч	9	3,6	2,8	1,0	1,4	19
К, Ш	0	3,8	2,4	1,6	1,2	20
Л, Щ	1	2,2	1,6	1,4	1,2	10
М, Э	2	2,4	1,6	1,8	1,0	11
Н, Ю	3	2,6	2,0	1,8	1,0	13
О, Я	4	2,8	1,8	2,0	1,4	14

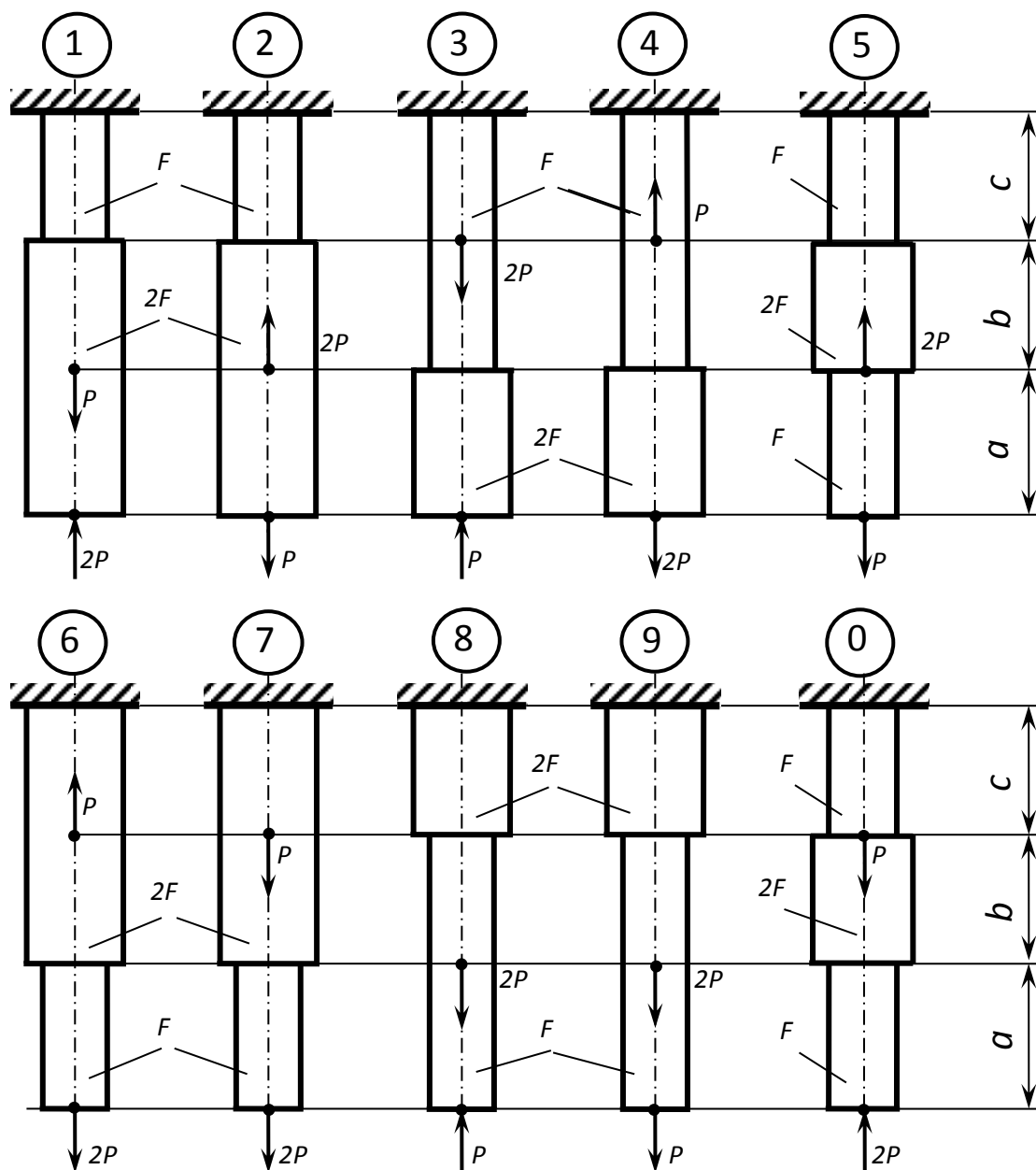


Рис. 1

Задание 2. Для заданного поперечного сечения стержня (рис. 1), состоящего из двух прокатных профилей и полосы, требуется найти положение центра тяжести сечения, направление главных центральных осей инерции u и v , а также вычислить главные центральные моменты инерции $I_{\max}$ и $I_{\min}$. Данные взять из табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные к задаче 2

Буквы алфавита	Номер схемы (рис. 3.9)	Номер швеллера	Номер двутавра	Размеры уголка	Толщина листа, мм
1	2	3	4	5	6
А, П	1	24	12	100×100×8	12
Б, Р	2	22	14	100×100×10	12
В, С	3	20	16	100×100×12	12
Г, Т	4	18	18	100×100×8	14
Д, У	5	16	20	100×100×10	14
Е, Ф	6	14	22	100×100×12	14
Ж, Х	7	12	24	100×100×8	16
З, Ц	8	24	22	100×100×10	16
И, Ч	9	22	20	100×100×12	16
К, Ш	0	20	18	100×100×8	10
Л, Щ	1	18	16	100×100×10	10
М, Э	2	16	14	100×100×12	10
Н, Ю	3	14	12	100×100×8	14
О, Я	4	12	10	100×100×10	14

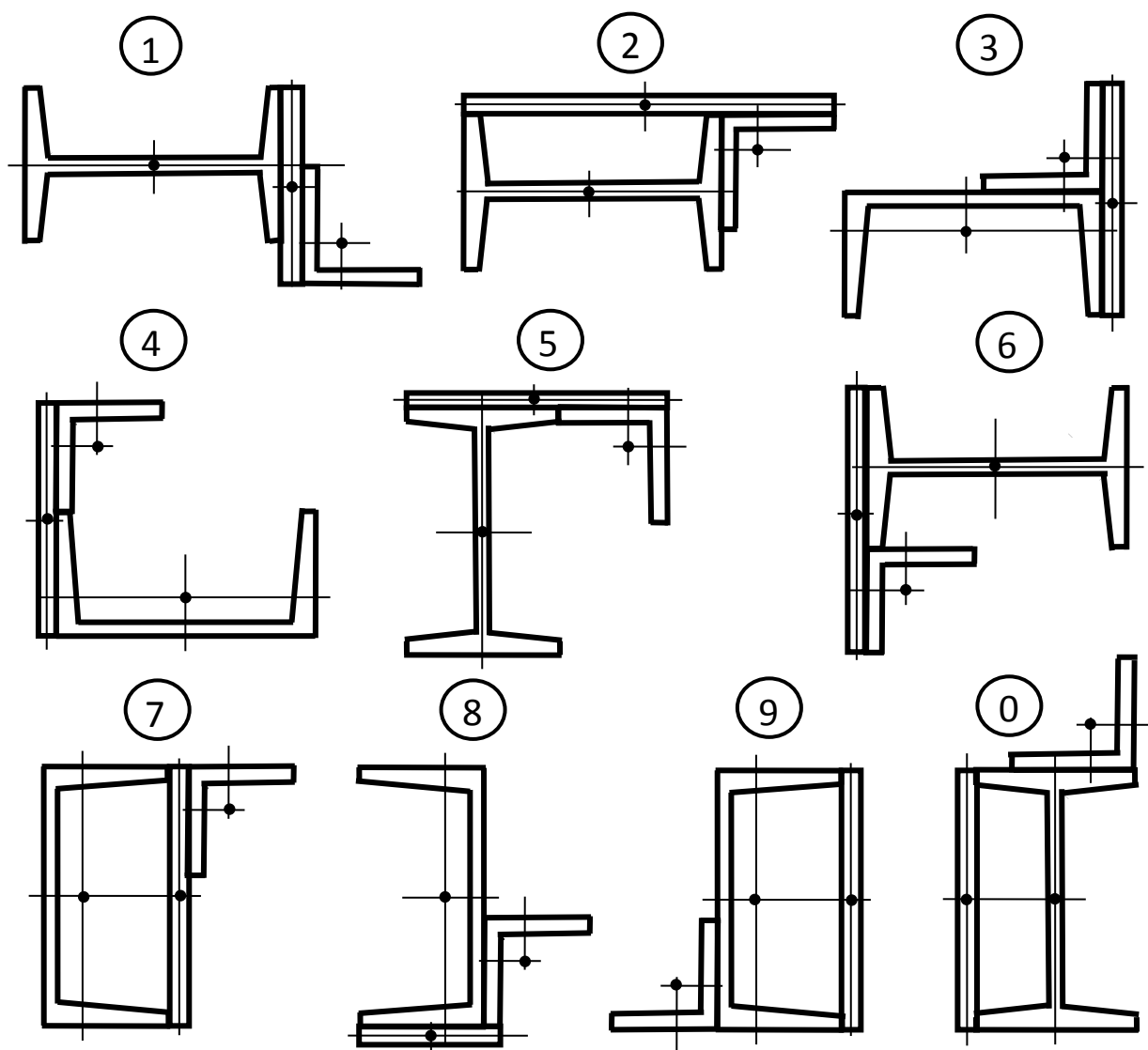


Рис. 1

Задание 3. Жестко защемленный одним концом стальной стержень (модуль сдвига $G = 0,8 \cdot 10^4$ кН/см²) круглого поперечного сечения скручивается четырьмя моментами M_i (рис. 1).

Требуется:

- построить эпюру крутящих моментов;
- при заданном допуске касательном напряжении $[\tau] = 8$ кН/см² из условия прочности определить диаметр вала, округлив его до ближайшего из следующих значений 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200 мм;
- построить эпюру углов закручивания поперечных сечений стержня. Данные взять из табл. 3.

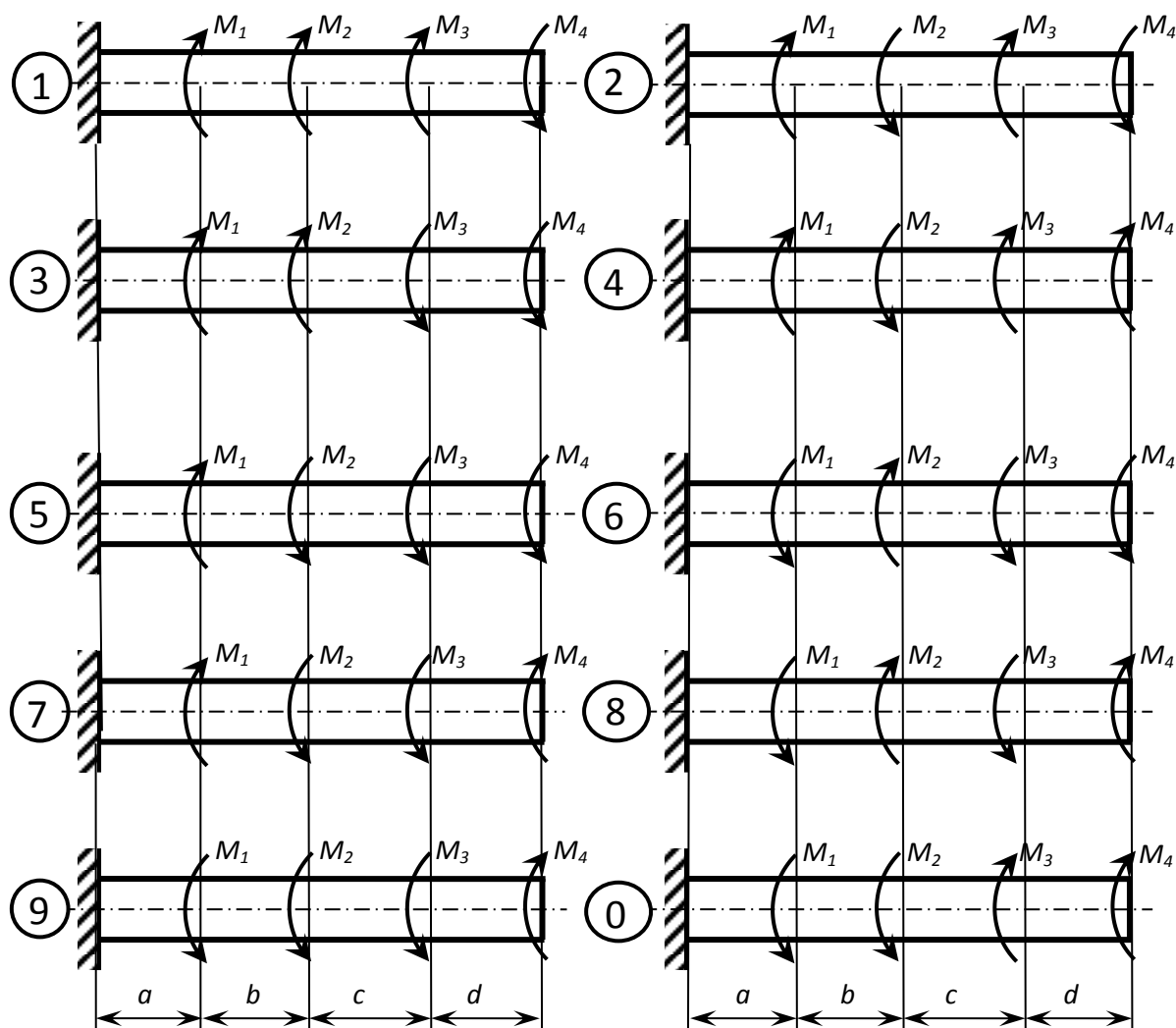


Рис. 1

Таблица 3

Исходные данные к задаче

Буквы алфавита	Номер схемы (рис. 1)	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м	M_3 , кН·м	M_4 , кН·м	a , м	b , м	c , м	d , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А, П	1	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6
Б, Р	2	1,0	2,0	1,0	0,8	1,2	1,4	1,6	1,9
В, С	3	2,0	4,0	1,0	1,0	1,4	1,6	1,0	1,2
Г, Т	4	3,0	5,0	1,6	1,4	1,6	1,0	1,2	1,4

Д, У	5	4,0	6,0	1,8	1,4	1,1	1,1	1,8	1,5
Е, Ф	6	2,0	4,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,1
Ж, Х	7	2,0	3,0	1,2	1,0	1,5	1,5	1,3	1,3
З, Ц	8	3,0	4,0	1,0	1,0	1,7	1,7	1,5	1,4
И, Ч	9	4,0	5,0	1,8	1,6	1,9	1,9	1,7	1,3
К, Ш	0	5,0	6,0	2,0	1,6	1,2	1,4	1,4	1,2
Л, Щ	1	3,0	4,0	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,4
М, Э	2	3,0	5,0	1,4	1,0	1,6	1,4	1,4	1,6
Н, Ю	3	4,0	5,0	1,2	1,2	1,8	1,6	1,6	1,8
О, Я	4	5,0	7,0	2,0	1,8	2,0	1,8	1,8	2,0

РГР №2

Задание 1. Для двух заданных схем балок (рис. 1) требуется:

- построить эпюры перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_z ;
- подобрать из условия прочности по нормальным напряжениям ($[\sigma]=16 \text{ кН/см}^2$) балку *круглого* поперечного сечения для схемы *а* и балку *двутаврового* поперечного сечения для схемы *б*;
- проверить прочность подобранных балок по касательным напряжениям ($[\tau]=8 \text{ кН/см}^2$).

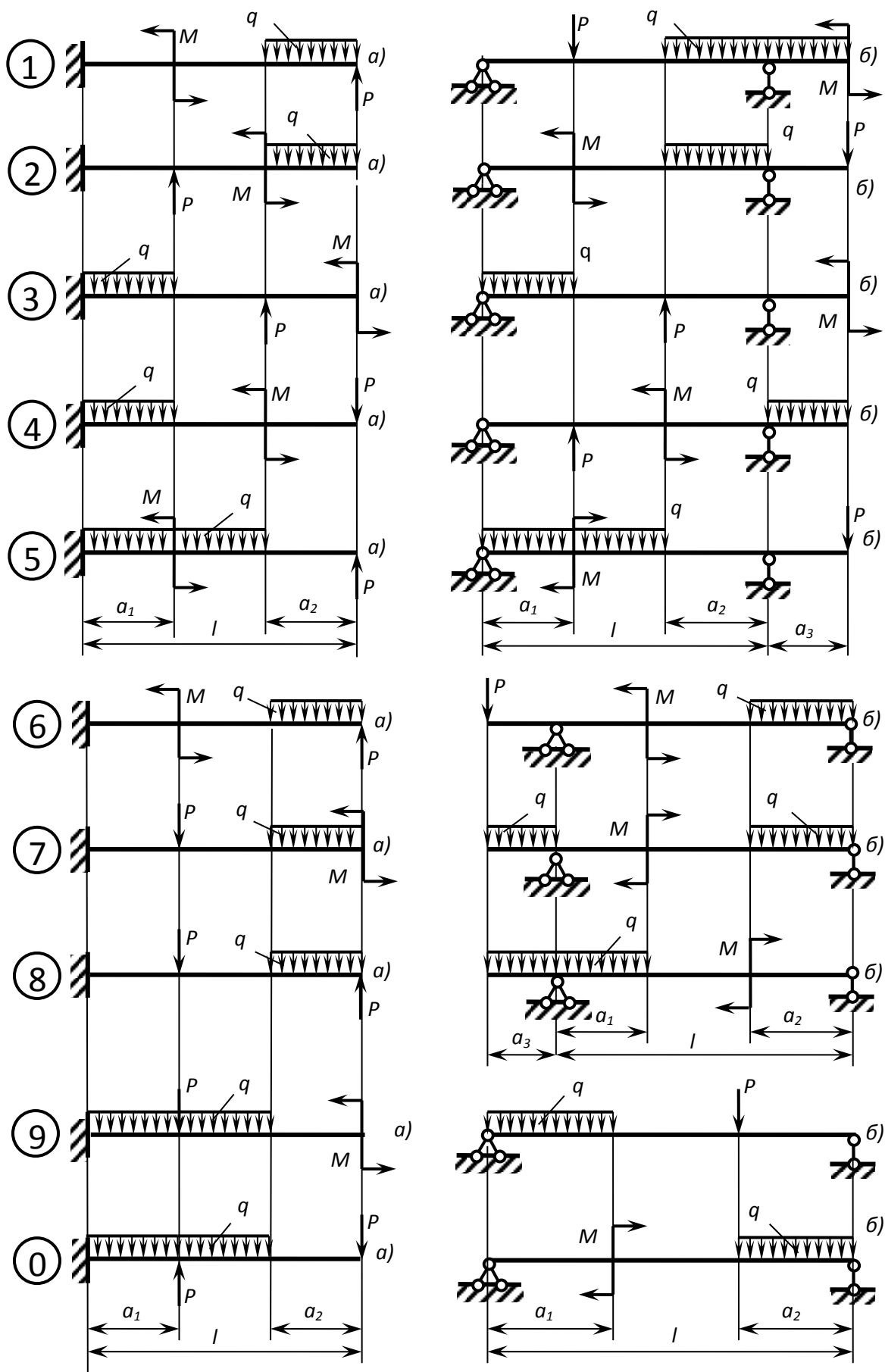
Данные взять из табл. 1

Таблица 1

Исходные данные к задаче

Буквы алфави та	Номер схемы (рис. 1)	l , м	a_1/l	a_2/l	a_3/l	M , кН·м	P , кН	q , кН/м
А, П	1	3	0,2	0,6	0,2	8	5	10
Б, Р	2	4	0,3	0,5	0,3	7	6	11

В, С	3	5	0,4	0,4	0,3	6	7	12
Г, Т	4	6	0,5	0,3	0,2	5	8	13
Д, У	5	3	0,6	0,7	0,2	4	9	14
Е, Ф	6	4	0,7	0,5	0,3	8	10	9
Ж, Х	7	5	0,8	0,4	0,6	7	5	10
З, Ц	8	6	0,2	0,6	0,3	6	6	11
И, Ч	9	3	0,3	0,5	0,4	5	7	12
К, Ш	0	4	0,4	0,4	0,2	4	8	8
Л, Щ	1	5	0,5	0,3	0,4	5	2	9
М, Э	2	6	0,6	0,7	0,5	4	3	10
Н, Ю	3	3	0,7	0,3	0,4	3	4	11
О, Я	4	4	0,8	0,6	0,3	2	5	12



Вопросы к защите РГР

- 1). Закон Гука при растяжении прямых стержней.
- 2). Построение эпюр крутящих моментов и углов закручивания при кручении стержня
- 3). Построение эпюр изгибающих моментов при изгибе консольных балок.
- 4). Формулы расчета на прочность при растяжении, сдвиге, кручении и изгибе.
- 5). Классификация материалов на пластичные и хрупкие. Предельные и допускаемые напряжения для пластичных и хрупких материалов.
- 6) Суть проектного и проверочного расчетов на прочность.
- 7). Диаграммы растяжения (условная и истинная) и выносливости. Механические свойства материалов при растяжении.
- 8). Напряжения в точке. Главные напряжения.
- 9). Обобщенный закон Гука. Критерии прочности.
- 10). Устойчивость стержня, определение критической силы по формуле Эйлера
- 11). Каковы единицы измерения сосредоточенных сил, моментов, погонной нагрузки?
- 12). В чем заключается метод сечений и для чего он применяется?
- 13) Кинематический анализ рычажных механизмов. Построение плана скоростей, ускорений
- 14) Силовой анализ рычажных механизмов. Построение плана сил.
- 15) Напряжения в звеньях рычажного механизма.

Примечание: на усмотрение ведущего преподавателя допускается выдавать задания аналогичные по трудоемкости из других учебно-методических пособий

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

- а. Основная литература

1. Дарков, А.В. Сопротивление материалов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. - 4-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 1989; 1975; 1969. - 654с.
2. Варданян, Г.С. Сопротивление материалов с основами строительной механики : учебник для вузов / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков; Под ред. Г.С.Варданяна. - Изд.испр. - М.: ИНФРА-М, 2012; 2011. - 504с.
3. Долинский, Ф.В. Краткий курс сопротивления материалов : учебное пособие для вузов / Ф. В. Долинский. - М.: Высшая школа, 1988. - 432с.

б. дополнительная литература

1. Александров, А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин. - 2-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2000. - 560с.
2. Ахметзянов, М.Х. Сопротивление материалов : учебник для вузов / М. Х. Ахметзянов, И. Б. Лазарев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2011. - 300с.
3. Ицкович, Г.М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов : учебное пособие для вузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокур; Под ред. Л.С.Минина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2001; 1999. - 592с.
4. Ицкович, Г.М. Сборник задач по сопротивлению материалов : учебное пособие / Г. М. Ицкович, А. И. Винокуров, Н. В. Барановский. - 4-е изд. - Л.: Судостроение, 1972. - 230с.
5. Лейзерович, Г.С. Руководство к самостоятельной работе по сопротивлению материалов : учебное пособие / Г. С. Лейзерович, В. С. Симонов. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2007. - 88с.
6. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учебник для втузов / В. И. Феодосьев. - 9-е изд., перераб. - М.: Наука, 1986. - 512с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотека **www.znanium.com**
2. Электронный портал научной литературы **www.elibrary.ru**

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

Пример выполнения заданий РГР №1

Задание 1

Пример 1. Стальной стержень (модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^4$ кН/см²) с размерами $a = 200$ см; $b = 150$ см, $c = 100$ см и площадью поперечного сечения нижнего участка $F_n = F = 10$ см², а верхнего – $F_g = 2F = 20$ см² нагружен внешними осевыми силами $P_1 = 100$ кН и $P_2 = 300$ кН (рис. 3.2). Построить эпюры продольных сил N и нормальных напряжений σ_z . Оценить прочность стержня, если предельное напряжение (предел текучести) $\sigma_m = 24$ кН/см², а допускаемый коэффициент запаса $[n] = 1,5$. Найти удлинение стержня Δl .

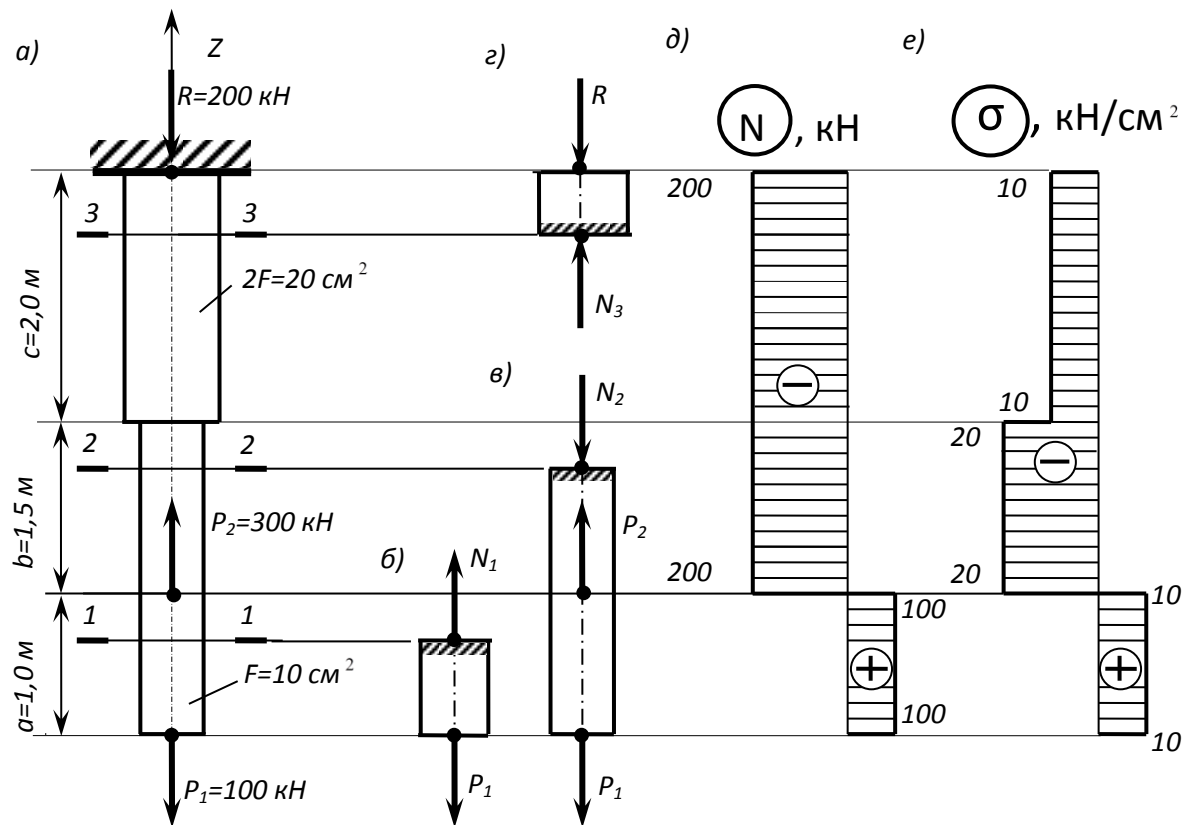


Рис. 2

Решение.

1. Определяем значение опорной реакции R , возникающей в заделке. Учитывая, что $P_2 > P_1$, направим опорную реакцию R вниз. Тогда из уравнения равновесия $\sum Z = 0$ находим:

$$-R + P_2 - P_1 = 0; \quad R = P_2 - P_1 = 300 - 100 = 200 \text{ кН.}$$

2. Строим эпюру продольных сил N .

Разбиваем длину стержня на три участка (рис. 2, а). Границами участков являются те сечения, в которых приложены внешние силы и (или) изменяется размер поперечного сечения стержня.

Воспользуемся методом сечений (РОЗУ). Делаем по одному сечению в *произвольном* месте каждого из трех участков стержня.

Начнем с сечения 1 – 1. Отбросим (или закроем листком бумаги) верхнюю часть стержня (рис. 2, б). Само сечение 1 – 1 мысленно считаем *неподвижным*. Мы видим, что *внешняя* сила P_1 *растягивает* рассматриваемую нижнюю часть стержня. Отброшенная нами верхняя часть стержня противодействует этому *растяжению*. Это противодействие мы заменим *внутренней* продольной силой N_1 , направленной от сечения и соответствующей растяжению. Разрушения стержня не произойдет только в том случае, если возникающая в сечении 1 – 1 внутренняя продольная сила N_1 *уравновесит* внешнюю силу P_1 . Поэтому очевидно, что

$$N_1 = P_1 = 100 \text{ кН.}$$

Переходим к сечению 2 – 2 (рис. 2, в). Внешняя сила P_1 растягивает рассматриваемую нами нижнюю часть стержня, а сила P_2 ее сжимает (напомним, что 2 – 2 мы мысленно считаем *неподвижным*). Причем, согласно условию задачи, $P_2 > P_1$. Чтобы уравновесить эти две силы, в сечении 2 – 2 должна возникнуть внутренняя сила N_2 , противодействующая *сжатию*, то есть направленная к сечению. Она равна:

$$N_2 = P_2 - P_1 = 300 - 100 = 200 \text{ кН.}$$

Делаем сечение 3 – 3 (рис. 3.2, г). Отбросим теперь часть стержня, расположенную ниже этого сечения. Внутренняя продольная сила N_3 должна уравновесить внешнюю (реактивную) *сжимающую* силу R . Поэтому она направлена к сечению и равна:

$$N_3 = R = 200 \text{ кН.}$$

Легко убедиться в том, что полученный результат не изменится, если мы отбросим не нижнюю, а верхнюю часть стержня. В этом случае продольная сила N_3 также противодействует *сжатию*. Она равна:

$$N_3 = P_2 - P_1 = 300 - 100 = 200 \text{ кН.}$$

При построении эпюры продольных сил N будем пользоваться следующим правилом знаков: *внутренняя продольная сила, возникающая в*

поперечном сечении стержня, считается **положительной**, если она противодействует **растяжению** стержня, и **отрицательной**, если она противодействует его **сжатию**.

Это правило знаков вводится для того, чтобы можно было наглядно видеть, какая часть стержня испытывает деформацию растяжения, а какая часть – деформацию сжатия. Это обстоятельство может оказаться крайне важным, в частности для стержней из хрупкого материала, которые имеют разные допускаемые напряжения на растяжение и на сжатие.

Таким образом, мы установили, что в *любом* сечении нижнего участка стержня внутренняя продольная сила противодействует *растяжению* и равна $N_1 = +100$ кН. В любом сечении среднего и верхнего участков стержня имеет место деформация *сжатия*, поэтому $N_2 = N_3 = -200$ кН.

Для построения эпюры продольных сил N проводим *тонкой* линией ось, параллельную оси стержня z (рис. 2, д). Вычисленные значения продольных сил в выбранном масштабе и с учетом их знака откладываем от этой вертикальной оси. В пределах каждого из участков стержня продольная сила остается постоянной, поэтому мы как бы «заштриховываем» *горизонтальными* линиями соответствующий участок.

Отметим, что *каждая линия «штриховки» (то есть ордината эпюры) в принятом масштабе дает значение продольной силы в соответствующем поперечном сечении стержня.*

Полученную эпюру обводим *жирной* линией.

Анализируя полученную эпюру, мы видим, что в местах приложения внешних сил на эпюре N имеет место скачкообразное изменение продольной силы на величину, равную значению соответствующей внешней силы. Причем изменение поперечного размера стержня, как это видно из рис. 3.2, д, никак не сказывается на характере эпюры N .

3. Строим эпюру нормальных напряжений σ_z .

Нормальное напряжение, возникающее в k -м поперечном сечении стержня при растяжении (сжатии), вычисляется по следующей формуле

$$\sigma_{z_k} = N_k / F_k ,$$

где N_k и F_k – продольная сила и площадь k -го поперечного сечения стержня соответственно.

В первом поперечном сечении стержня нормальное напряжение равно

$$\sigma_{z_1} = \frac{N_1}{F_1} = \frac{N_1}{F} = +\frac{100}{10} = +10 \text{ кН/см}^2,$$

во втором –

$$\sigma_{z_2} = \frac{N_2}{F_2} = \frac{N_2}{F} = -\frac{200}{10} = -20 \text{ кН/см}^2,$$

в третьем –

$$\sigma_{z_3} = \frac{N_3}{F_3} = \frac{N_3}{2F} = -\frac{200}{20} = -10 \text{ кН/см}^2.$$

Строим по вычисленным значениям эпюру σ_z (рис. 3.2, е). В пределах каждого из участков стержня напряжения постоянны, то есть эпюра напряжений параллельна оси. Заметим, что в отличие от эпюры N , на эпюре σ_z «скачок» имеет место не только в местах приложения внешних сил, но и там, где происходит изменение размеров поперечного сечения стержня.

4. Оцениваем прочность стержня.

Сопоставляем *наибольшее* (по модулю) нормальное напряжение σ_{z_2} , которое в нашем примере возникает во втором сечении стержня, с *допускаемым напряжением* $[\sigma]$. Напомним, что допускаемое напряжение представляет собой долю от *предельного* напряжения σ_{np} , то есть от напряжения, при котором начинается разрушение материала. Разрушение стали, как *пластичного материала*, начинается при появлении значительных остаточных деформаций. Поэтому для стали предельное напряжение равно пределу текучести: $\sigma_{np} = \sigma_m$. Тогда

$$[\sigma] = \sigma_m / [n] = 24 / 1,5 = 16 \text{ кН/см}^2.$$

Условие прочности имеет вид $\sigma_z^{\max} \leq [\sigma]$. В нашем случае

$$\sigma_z^{\max} = |\sigma_{z_2}| = 20 \text{ кН/см}^2 > [\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2,$$

следовательно, прочность стержня на втором участке *не обеспечена*.

Таким образом, площадь поперечного сечения стержня на втором участке, равную $F_2 = F = 10 \text{ см}^2$, нам необходимо *увеличить*.

Несложный анализ показывает, что на других участках стержня условие прочности выполняется.

Из условия прочности определяем *требуемую* площадь поперечного сечения стержня на втором участке:

$$F_2^{треб} \geq |N_2|/[\sigma] = 200/16 = 12,5 \text{ см}^2.$$

Принимаем на втором участке $F_2 = 12,5 \text{ см}^2$.

5. Вычисляем удлинение всего стержня Δl .

При переменных по длине стержня значениях продольной силы и площади поперечного сечения удлинение вычисляется по формуле

$$\Delta l = \sum_k \frac{N_k l_k}{EF_k},$$

где E – модуль Юнга, а l_k – длина соответствующего участка стержня.

Тогда

$$\Delta l = \frac{N_1 l_1}{EF_1} + \frac{N_2 l_2}{EF_2} + \frac{N_3 l_3}{EF_3} = \frac{100 \cdot 100}{2 \cdot 10^4 \cdot 10} - \frac{200 \cdot 150}{2 \cdot 10^4 \cdot 12,5} - \frac{200 \cdot 200}{2 \cdot 10^4 \cdot 20} = -0,17 \text{ см}.$$

Таким образом, длина стержня уменьшается на 1,7 мм.

Задание 2

Пример 2. Для составного поперечного сечения стержня, состоящего из равнобокого уголка № 7 с толщиной стенки 8 мм, швеллера № 22 и полосы 180×20 мм (рис. 2), требуется найти положение центра тяжести сечения, направление главных центральных осей инерции u и v , а также вычислить главные центральные моменты инерции $I_{\max}$ и $I_{\min}$.

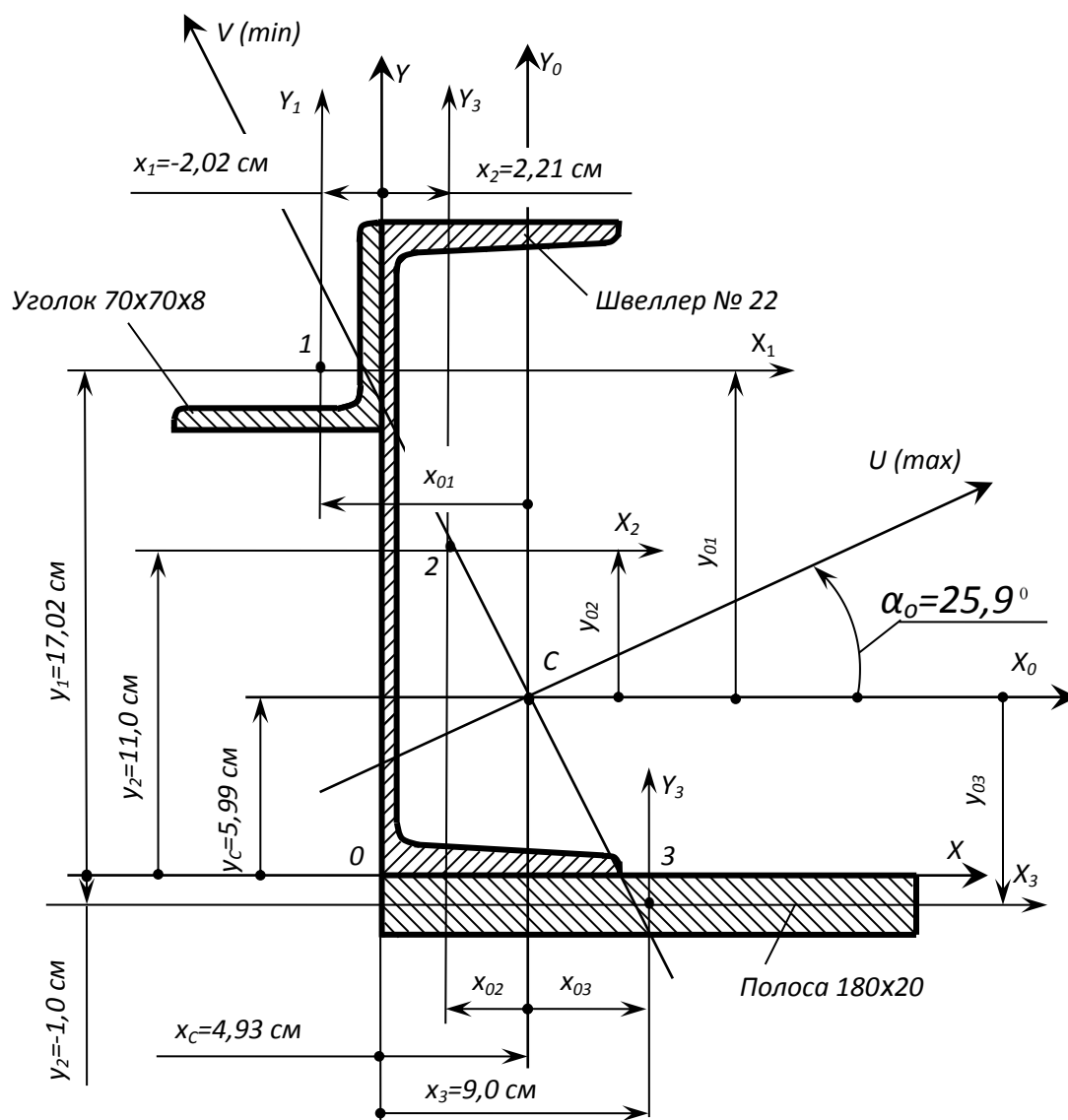


Рис. 2

Решение.

1. Определяем координаты центра тяжести поперечного сечения.

Размеры и геометрические характеристики уголка и швеллера устанавливаем по сортаментам (прил. 1, табл. П1.1, П1.4). Вычерчиваем сечение в масштабе (см. рис. 2). Выбираем *оси сравнения* x и y , располагая их по контуру швеллера. Именно в этих осях мы и будем определять положение центра тяжести всего сечения. Для каждого элемента сечения (уголка, швеллера и полосы) проводим *собственные* центральные оси x_i, y_i ($i = 1, 2, 3$), параллельные выбранным осям сравнения x и y .

Координаты центра тяжести всего поперечного сечения (точка C), состоящего из трех элементов (уголка – 1, швеллера – 2 и полосы – 3), вычисляются по формулам:

$$x_c = \frac{S_y}{F} = \frac{S_{y1} + S_{y2} + S_{y3}}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3}{F_1 + F_2 + F_3};$$

$$y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{S_{x1} + S_{x2} + S_{x3}}{F_1 + F_2 + F_3} = \frac{F_1 y_1 + F_2 y_2 + F_3 y_3}{F_1 + F_2 + F_3},$$

где S_{yi} и S_{xi} – статические моменты соответствующего элемента относительно осей сравнения; F_i – площадь элемента; x_i и y_i – координаты центра тяжести элемента C_i в осях сравнения. Вычисления производим в табличной форме (табл. 2).

Таблица 2

Определение координат центра тяжести поперечного сечения

Номер элемента	Наименование элемента	Площадь элемента $F_i, \text{см}^2$	Координаты центра тяжести элемента C_i		Статические моменты элемента относительно осей сравнения S_{yi} и S_{xi}	
			$x_i,$ см	$y_i,$ см	$S_{yi} = F_i x_i,$ см ³	$S_{xi} = F_i y_i,$ см ³
1	Уголок	10,67	-2,02	17,02	-21,55	181,60
2	Швеллер	26,70	2,21	11,00	59,01	293,70
3	Полоса	36,00	9,00	-1,00	324,00	-36,00
Σ	Все сечение	73,37			361,46	439,30

Координаты центра тяжести поперечного сечения (точка C) в осях сравнения x , y :

$$x_c = \frac{S_y}{F} = \frac{361,46}{73,37} = 4,93 \text{ см}; \quad y_c = \frac{S_x}{F} = \frac{439,30}{73,37} = 5,99 \text{ см}.$$

По найденным значениям x_c и y_c отмечаем на чертеже центр тяжести всего сечения точку C (см. рис. 3.10) и проводим *центральные* оси x_0 и y_0 .

Заметим, что центр тяжести всей фигуры должен располагаться внутри треугольника, вершинами которого являются центры тяжести элементов поперечного сечения.

2. Вычисляем моменты инерции всего поперечного сечения относительно центральных осей x_0 и y_0 .

Осевые и центробежный моменты инерции сечения относительно центральных осей определяются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} I_{x_0} &= (I_{x_1} + y_{01}^2 F_1) + (I_{x_2} + y_{02}^2 F_2) + (I_{x_3} + y_{03}^2 F_3); \\ I_{y_0} &= (I_{y_1} + x_{01}^2 F_1) + (I_{y_2} + x_{02}^2 F_2) + (I_{y_3} + x_{03}^2 F_3); \\ I_{x_0 y_0} &= (I_{x_1 y_1} + x_{01} y_{01} F_1) + (I_{x_2 y_2} + x_{02} y_{02} F_2) + (I_{x_3 y_3} + x_{03} y_{03} F_3). \end{aligned}$$

Значения осевых моментов инерции уголка I_{x_1} , I_{y_1} и швеллера I_{x_2} , I_{y_2} относительно *собственных* центральных осей x_i и y_i определяем по сортаменту (см. прил. 1). Для полосы осевые моменты инерции соответственно равны:

$$I_{x_3} = \frac{18 \cdot 2^3}{12} = 12 \text{ см}^4; \quad I_{y_3} = \frac{18^3 \cdot 2}{12} = 972 \text{ см}^4.$$

Центробежные моменты инерции швеллера $I_{x_2 y_2}$ и полосы $I_{x_3 y_3}$ равны нулю, поскольку их собственные центральные оси являются осями симметрии.

Центробежный момент инерции уголка $I_{x_1 y_1}$ относительно собственных центральных осей x_1 и y_1 вычисляется по формуле

$$I_{x_1 y_1} = \pm \frac{1}{2} (I_{\max} - I_{\min}),$$

где $I_{\max}$ и $I_{\min}$ – максимальный и минимальный главные моменты инерции уголка соответственно. По сортаменту (см. прил. 1) находим, что $I_{\max} = 76,35 \text{ см}^4$, а $I_{\min} = 19,97 \text{ см}^4$.

Центробежный момент инерции уголка *не равен нулю*, поскольку оси x_1 и y_1 не являются для него главными центральными осями инерции (главные центральные оси для равнобокого уголка повернуты относительно осей x_1 и y_1 на угол 45°).

Знак центробежного момента инерции уголка (как, впрочем, и для любой другой фигуры) зависит от *направления* координатных осей. Он легко определяется следующим образом. Согласно определению, центробежный

момент инерции фигуры равен интегралу, в котором элементарная площадка dF умножается на произведение расстояний от этой площадки до координатных осей. Мысленно разделим уголок на три площади, расположенные, в нашем случае, в первом, третьем и четвертом квадрантах. Эти площади, в свою очередь, разобьем на элементарные площадки. Видно, что для элементарных площадок, расположенных в первом и третьем квадрантах, расстояния от элементарных площадок до координатных осей имеют одинаковый знак. Поэтому при интегрировании по площади, расположенной в этих квадрантах, мы получим знак «плюс». В четвертом квадранте расстояния от площадок до координатных осей имеют разные знаки, что при интегрировании даст знак «минус». Очевидно, что, суммируя полученные результаты, мы, в итоге, получим положительное значение центробежного момента инерции уголка. Следовательно,

$$I_{x_1y_1} = +\frac{1}{2}(76,35 - 19,97) = 28,19 \text{ см}^4.$$

Теперь определяем координаты центров тяжести отдельных элементов C_i в центральных осях x_0 и y_0 :

для уголка

$$x_{01} = x_1 - x_c = -2,02 - 4,93 = -6,95 \text{ см};$$

$$y_{01} = y_1 - y_c = 17,02 - 5,99 = 11,03 \text{ см};$$

для швеллера

$$x_{02} = x_2 - x_c = 2,21 - 4,93 = -2,72 \text{ см};$$

$$y_{02} = y_2 - y_c = 11,00 - 5,99 = 5,01 \text{ см};$$

для полосы

$$x_{03} = x_3 - x_c = 9,00 - 4,93 = 4,07 \text{ см};$$

$$y_{03} = y_3 - y_c = -1,00 - 5,99 = -6,99 \text{ см}.$$

Дальнейшие вычисления моментов инерции всего поперечного сечения относительно центральных осей x_0 и y_0 производим в табличной форме (табл. 3).

Определение моментов инерции сечения относительно центральных осей x_0 и y_0

Таблица 3

Номер элемента	Наименование элемента	Площадь элемента F_i , см^2	Моменты инерции относительно собственных центральных осей x_i и y_i			Координаты центра тяжести в осях x_0 и y_0	
			I_{x_i} , см^4	I_{y_i} , см^4	$I_{x_i y_i}$, см^4	x_{0i} , см	y_{0i} , см
1	Уголок	10,67	48,16	48,16	28,19	-6,95	11,03
2	Швеллер	26,70	2110,00	151,00	0	-2,72	5,01
3	Полоса	36,00	12,00	972,00	0	4,07	-6,99
Σ	Все сечение	73,37					

Продолжение табл. 3

Наименование элемента	"Переносные" моменты инерции, см^4			Моменты инерции относительно центральных осей x_c и y_c , см^4		
	$x_{0i}^2 F_i$	$y_{0i}^2 F_i$	$x_{0i} y_{0i} F_i$	$I_{x_i} + y_{0i}^2 F_i$	$I_{y_i} + x_{0i}^2 F_i$	$I_{x_i y_i} + x_{0i} y_{0i} F_i$
Уголок	515,39	1298,12	-817,95	1346,28	563,55	-789,76
Швеллер	197,54	670,17	-363,85	2780,17	348,54	-363,85
Полоса	596,34	1758,96	-1024,17	1770,96	1568,34	-1024,17
Все сечение				5897,41	2480,43	-2177,78

После округления вычисленных значений моментов инерции до *трех* значащих цифр, окончательно, получим

$$I_{x_0} = 5900 \text{ см}^4; \quad I_{y_0} = 2480 \text{ см}^4; \quad I_{x_0 y_0} = -2180 \text{ см}^4.$$

3. Определяем положение *главных* центральных осей инерции u и v .

Угол наклона *главных* центральных осей u и v к центральным осям x_0 и y_0 соответственно определяем из следующей формулы:

$$\operatorname{tg} 2\alpha_0 = -\frac{2I_{x_0 y_0}}{I_{x_0} - I_{y_0}} = -\frac{-2 \cdot 2180}{5900 - 2480} = 1,27.$$

Отсюда находим, что $2\alpha_0 = 51,8^\circ$ и $\alpha_0 = 25,9^\circ$.

Откладываем *положительное* значение угла α_0 от оси x_0 *против хода* часовой стрелки и проводим главные центральные оси u и v (см. рис. 2).

Ось, относительно которой момент инерции *максимален*, составляет меньший угол с той из центральных осей x_0 или y_0 , относительно которой осевой момент больше. Поскольку $I_{x_0} = 5900 \text{ см}^4$ больше, чем $I_{y_0} = 2480 \text{ см}^4$, ось u является осью относительно которой момент инерции сечения *максимален*, то есть ось u – ось *max*. Соответственно, ось v является осью *min*.

4. Вычисляем значения *главных* центральных моментов инерции $I_{\max}$ и $I_{\min}$ для заданного поперечного сечения.

Значения главных центральных моментов инерции всей фигуры определяются по формуле

$$I_{\max, \min} = \frac{I_{x_0} + I_{y_0}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(I_{x_0} - I_{y_0})^2 + 4I_{x_0 y_0}^2}.$$

Тогда

$$I_{\max, \min} = \frac{5900 + 2480}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(5900 - 2480)^2 + 4 \cdot (-2180)^2} = 4190 \pm 2770 \text{ см}^4;$$

$$I_{\max} = I_u = 4190 + 2770 = 6960 \text{ см}^4; \quad I_{\min} = I_v = 4190 - 2770 = 1420 \text{ см}^4.$$

Контролем правильности *последних* вычислений может служить следующее условие:

$$I_{x_0} + I_{y_0} = I_{\max} + I_{\min}.$$

Имеем

$$5900 + 2480 = 6960 + 1420, \quad 7380 = 7380.$$

Задание 3

Пример 3. К стальному валу постоянного поперечного сечения (рис. 2) приложены четыре внешних *скручивающих* момента: $M_1 = 1,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_2 = 5,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_3 = 3,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_4 = 1,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$. Длины участков стержня: $a = 1,5 \text{ м}$; $b = 2 \text{ м}$, $c = 1 \text{ м}$, $d = 1,2 \text{ м}$. Требуется: построить эпюру крутящих моментов, определить диаметр вала при $[\tau] = 8 \text{ кН/см}^2$ и построить эпюру углов закручивания поперечных сечений стержня.

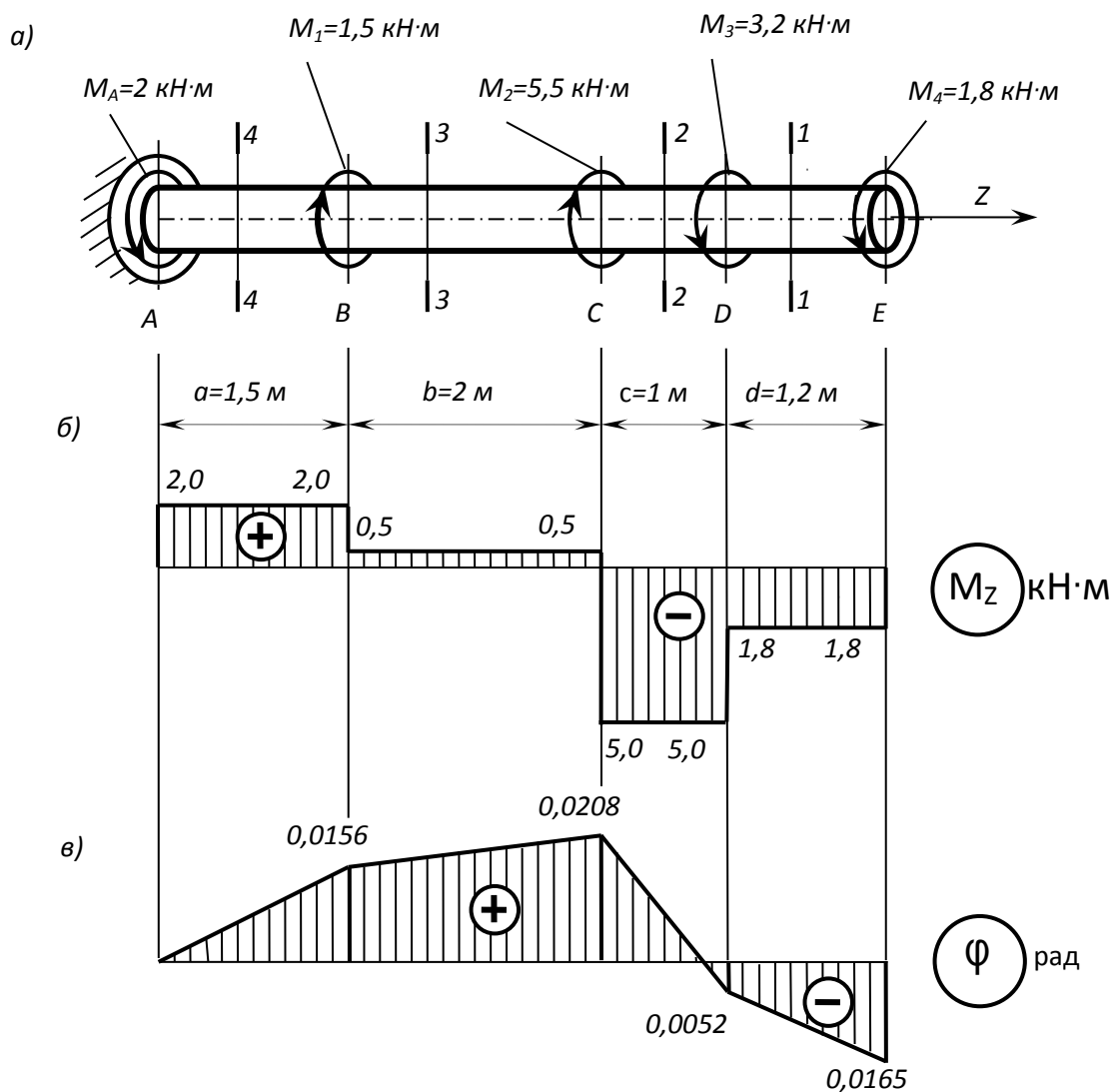


Рис. 2

Решение.

1. Определяем реактивный момент, возникающий в жесткой заделке. Обозначим момент в заделке M_A и направим его, например, против хода часовой стрелки (при взгляде навстречу оси z).

Запишем уравнение равновесия вала. При этом будем пользоваться следующим правилом знаков: *внешние скручивающие моменты (активные моменты, а также реактивный момент в заделке), вращающие вал против хода часовой стрелки (при взгляде на него навстречу оси z), считаем положительными.*

Тогда

$$\sum M_z = 0; \quad M_A - M_1 - M_2 + M_3 + M_4 = 0;$$

$$M_A = M_1 + M_2 - M_3 - M_4 = 1,5 + 5,5 - 3,2 - 1,8 = 2 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Знак «плюс» в полученном нами выражении говорит о том, что мы *угадали* направление реактивного момента M_A , возникающего в заделке.

2. Строим эпюру крутящих моментов.

Напомним, что *внутренний* крутящий момент M_z , возникающий в некотором поперечном сечении стержня, равен *алгебраической* сумме *внешних* скручивающих моментов, приложенных к любой из рассматриваемых частей стержня (то есть действующих левее или правее сделанного сечения). При этом внешний скручивающий момент, вращающий рассматриваемую часть стержня *против хода* часовой стрелки (*при взгляде на поперечное сечение*), входит в эту алгебраическую сумму со знаком «плюс», а *по ходу* – со знаком «минус».

Соответственно, *положительный* внутренний крутящий момент, *противодействующий* внешним скручивающим моментам, направлен *по ходу* часовой стрелки (*при взгляде на поперечное сечение*), а *отрицательный* – *против* ее хода.

Разбиваем длину стержня на четыре участка (рис. 3.8, а). Границами участков являются те сечения, в которых приложены внешние моменты.

Делаем по одному сечению в *произвольном* месте каждого из четырех участков стержня.

Начнем с сечения 1 – 1. Мысленно отбросим (или закроем листком бумаги) левую часть стержня. Чтобы уравновесить скручивающий момент $M_4 = 1,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$, в поперечном сечении стержня должен возникнуть равный ему и противоположно направленный крутящий момент M_{z_1} . С учетом упомянутого выше правила знаков

$$M_{z_1} = -M_4 = -1,8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

По аналогии, для сечений 2 – 2 и 3 – 3 находим:

$$M_{z_2} = -M_4 - M_3 = -1,8 - 3,2 = -5,0 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{z_3} = -M_4 - M_3 + M_2 = -1,8 - 3,2 + 5,5 = +0,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Чтобы определить крутящий момент, в сечении 4 – 4 отбросим правую часть стержня. Тогда

$$M_{z_4} = +M_A = +2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Легко убедиться в том, что полученный результат не изменится, если мы отбросим теперь не правую, а левую часть стержня. Получим

$$M_{z_4} = -M_4 - M_3 + M_2 + M_1 = -1,8 - 3,2 + 5,5 + 1,5 = +2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для построения эпюры крутящих моментов M_z проводим *тонкой* линией ось, параллельную оси стержня z (рис. 2, б). Вычисленные значения крутящих моментов в выбранном масштабе и с учетом их знака откладываем от этой оси. В пределах каждого из участков стержня крутящий момент постоянен, поэтому мы как бы «заштриховываем» вертикальными линиями соответствующий участок. Напомним, что каждый отрезок «штриховки» (ордината эпюры) дает в принятом масштабе значение крутящего момента в

соответствующем поперечном сечении стержня. Полученную эпюру обводим *жирной* линией.

Отметим, что в местах приложения внешних *скручивающих* моментов на эпюре M_z мы получили скачкообразное изменение *внутреннего* крутящего момента на величину соответствующего внешнего момента.

3. Определяем диаметр вала из условия прочности.

Условие прочности при кручении имеет вид

$$\tau_{\max} = \frac{M_{z_{\max}}}{W_{\rho}} \leq [\tau],$$

где $W_{\rho} = \pi d^3 / 16 \approx 0,2d^3$ – полярный момент сопротивления (момент сопротивления при кручении).

Наибольший по *абсолютному* значению крутящий момент возникает на втором участке вала: $M_{z_{\max}} = |M_{z_2}| = 500 \text{ кН}\cdot\text{см}$.

Тогда требуемый диаметр вала определяется по формуле

$$d^{\text{треб}} \geq \sqrt[3]{\frac{|M_{z_2}|}{0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{500}{0,2 \cdot 8}} = 6,79 \text{ см}.$$

Округляя полученное значение до стандартного, принимаем диаметр вала равным $d = 70 \text{ мм}$.

4. Определяем углы закручивания поперечных сечений A, B, C, D и E и строим эпюру углов закручивания.

Сначала вычисляем крутильную жесткость стержня GI_{ρ} , где G – модуль сдвига, а $I_{\rho} = \pi d^4 / 32 \approx 0,1d^4$ – полярный момент инерции. Получим

$$GI_{\rho} = 0,8 \cdot 10^4 \cdot 0,1 \cdot 7^4 = 192 \cdot 10^4 \text{ кН}\cdot\text{см}^2.$$

Углы закручивания на отдельных участках стержня равны:

$$\varphi_{AB} = \frac{M_{z_4} a}{GI_{\rho}} = \frac{200 \cdot 150}{192 \cdot 10^4} = 0,0156 \text{ рад};$$

$$\varphi_{BC} = \frac{M_{z_3} b}{GI_{\rho}} = \frac{50 \cdot 200}{192 \cdot 10^4} = 0,0052 \text{ рад};$$

$$\varphi_{CD} = \frac{M_{z_2} c}{GI_{\rho}} = \frac{-500 \cdot 100}{192 \cdot 10^4} = -0,0260 \text{ рад};$$

$$\varphi_{DE} = \frac{M_{z_1} d}{GI_{\rho}} = \frac{-180 \cdot 120}{192 \cdot 10^4} = -0,0113 \text{ рад}.$$

Угол закручивания в заделки равен нулю, то есть $\varphi_A = 0$. Тогда

$$\varphi_B = \varphi_A + \varphi_{AB} = 0 + 0,0156 = 0,0156 \text{ рад};$$

$$\varphi_C = \varphi_B + \varphi_{BC} = 0,0156 + 0,0052 = 0,0208 \text{ рад};$$

$$\varphi_D = \varphi_C + \varphi_{CD} = 0,0208 - 0,0260 = -0,0052 \text{ рад};$$

$$\varphi_E = \varphi_D + \varphi_{DE} = -0,0052 - 0,0113 = -0,0165 \text{ рад}.$$

Эпюра углов закручивания показана на рис. 2, в. Отметим, что в пределах длины каждого из участков вала угол закручивания изменяется по *линейному* закону.

Примечание: на усмотрение ведущего преподавателя допускается выдавать задания аналогичные по трудоемкости из других учебно-методических пособий

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

Освоение дисциплины «Прикладная механика» основывается на активном использовании Microsoft PowerPoint, ПК Лира в процессе изучения теоретических разделов дисциплины и подготовки к практическим занятиям.

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий. В учебном процессе по дисциплине активно В учебном процессе по дисциплине активно используется информационно-справочная система КонсультантПлюс

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

Для реализации программы дисциплины «Прикладная механика» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
Учебный корпус № 1, Хабаровский край, город Комсомольск-	Компьютерный класс на 14 рабочих мест	Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью (столы, стулья, доска аудиторная	Проведение лекционных и практических занятий в виде презентаций

на-Амуре, ул. Ленина, 27, литер А, помещение 17, аудитория 209/1		комбинированная); набором демонстрационного оборудования для представления информации: интерактивная доска Triumph Board с мультимедиа- проектором BenQ MX 518; МФУ HP LaserJet Professional M1212nf MFP; 14 компьютеров Intel(R) Core (TM) i5-3330 CPU. Выход в интернет.	
--	--	---	--