



Автор рабочей программы
доцент, к.т.н.



М.Р. Петров.
« 12 » 05 2017 г.

СОГЛАСОВАНО


Директор библиотеки


И.А. Романовская
« 12 » 05 2017 г.

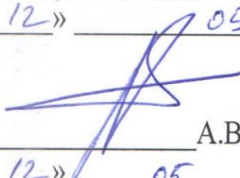
Заведующий кафедрой «МАКП»


А.А. Буренин
« 12 » 05 2017 г.


Заведующий выпускающей кафедрой
«ТЭУ»


А.В. Смирнов
« 12 » 05 2017 г.

Декан факультета «ФЭТМТ»


А.В.Космынин
« 12 » 05 2017 г.

Начальник учебно-методического
управления


Е.Е. Поздеева
« 12 » 05 2017 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Прикладная механика» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1.10.2015 № 1081, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров, по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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 аттеста ция, ч	Всего за семестр, ч
		Лек ции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
	<u>3</u> семестр	34	17	17	-	40	-	108
	<u>4</u> семестр	34	17	-	-	57	-	108
	68	34	17	-	97	-	216	

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

Дисциплина «Прикладная механика» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

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 умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ОПК-2-3	37(ОПК-2-3) Основы структурного, кинематического и динамического анализа механизмов и машин	У9(ОПК-2-3) разрабатывать структурные и кинематические схемы механизмов и машин	Н8(ОПК-2-3) методами структурного, кинематического и динамического анализа и синтеза механизмов и машин
ОПК-2-3	38(ОПК-2-3) Методы расчета прочности, жесткости, износостойкости элементов конструкций	У10(ОПК-2-3) выполнять структурный, кинематический и динамический анализ механизмов	Н9(ОПК-2-3) методами проектирования типовых конструкций механизмов и машин с учетом условий эксплуатации
ОПК-2-3	39(ОПК-2-3) основные виды механизмов, их достоинства и особенности	У11(ОПК-2-3) разрабатывать конструкции типовых изделий	Н10(ОПК-2-3) принципами выбора размеров и свойств элементов конструкций и оборудования
ОПК-2-4	33(ОПК-2-4) виды соединений	У5(ОПК-2-4) выбирать рациональный вид	Н5(ОПК-2-4) методами обработки

	деталей	соединений деталей в конструкции	экспериментальных данных и оценки результатов эксперимента
ОПК-2-4	34(ОПК-2-4) требования, предъявляемые при разработке изделий.	У6(ОПК-2-4) выполнять расчеты на прочность, жесткость, износостойкость элементов конструкций	Н6(ОПК-2-4) классическими теориями и методами анализа, методами формирования математических и компьютерных моделей, адекватных реальным процессам и конструкциям
ОПК-2-4		У7(ОПК-2-4) рассчитывать номинальные нагрузки, при которых должны эксплуатироваться механические узлы, звенья, машины и механизмы, в штатном режиме	Н7(ОПК-2-4) навыками расчёта конструкций аналитическими и численными методами
ОПК-2-4		У8(ОПК-2-4) оформлять пояснительную записку и рабочие чертежи типовых конструкций	Н8(ОПК-2-4) 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(ах) в 3,4 семестре(ах).

Дисциплина является базовой дисциплиной, относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные на предыдущих этапах освоения компетенции ОПК-2 при изучении дисциплин физика и математика. Дисциплина Прикладная

механика является основой для успешного изучения дисциплин: Котельные установки и парогенераторы, Турбины тепловых электрических станций, Тепломеханическое и вспомогательное оборудование тепловых 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 зачетных единиц, 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	
	Очная форма обучения	Заочная (очно-заочная) форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	216	
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	119	
В том числе:		
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	68	
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	51	
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	97	
Промежуточная аттестация обучающихся	-	

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					
Тема 1 Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 2 Растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении-сжатии;	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 3 Геометрические характеристики и поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции;	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 4 Сдвиг и	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге;					34(ОПК-2-4)
Тема 5 Изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе;	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 6 Дифференциальные зависимости при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе;	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 7 Касательные напряжения при изгибе	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 8 перемещения при изгибе	Лекция	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 9 основы напряженно-деформированного состояния.	Лекция	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Теория прочности					
Тема 10 устойчивость сжатых стержней	Лекция	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 11 Ознакомительное занятие. Техника безопасности в лаборатории. Ознакомление с испытательными машинами и принципами их действия	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 12 Испытание на растяжение углеродистой стали с целью получения основных прочностных характеристик и мер пластичности	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
					38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 13 Испытание различных материалов на сжатие с целью изучения характера деформации и разрушения	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 14 Определение коэффициентов упругости с целью определения взаимозависимости продольной и поперечной деформаций при растяжении в упругой стадии	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 15 Испытание на кручение образца круглого	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
поперечного сечения в пределах закона Гука с целью определения модуля упругости при сдвиге					4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 16 Определение перемещений при чистом изгибе двухопорной балки, сопоставление расчетных и опытных значений прогибов и углов поворота сечений	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 17 Определение перемещений при поперечном прямом или косом изгибах, сопоставление расчетных и опытных значений прогибов и углов поворота сечений	Лабораторная работа	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 18 Анализ результатов проведенных лабораторных работ	Лабораторная работа	3	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 19 Основные положения. Гипотезы и допущения. Классификация сил. Внутренние силовые факторы. Понятия о напряжении	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 20 Растяжение – сжатие. Определение нормальной силы, нормальные напряжения и деформации. Механические	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
свойства металлов. Работа внешних сил при растяжении-сжатии;					4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 21 Геометрические характеристики и поперечных сечений, статические моменты. Центр тяжести сечения. Моменты инерции	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У4(ОПК-2-3) У1(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У5(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-3)
Тема 22 Сдвиг и кручение. Внутренние силовые факторы при сдвиге	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У5(ОПК-2-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
					38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 23 Изгиб. Основные параметры. Внутренние силовые факторы при изгибе	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 24 Дифференциальные зависимости при изгибе. Нормальные напряжения при чистом изгибе	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 25 Касательные напряжения при изгибе	Практическое занятие	1	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4)
Тема 26 Перемещения при изгибе	Практическое занятие	1	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 27 Основы напряженно-деформированного	Практическое занятие	2	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
состояния. Теория прочности					4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 28 Устойчивость сжатых стержней	Практическое занятие	1	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Самостоятельная работа обучающихся	<u>РГР №1</u> , подготовка к лекционным и практическим занятиям, подготовка к защите лабораторных работ	40	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
					34(ОПК-2-4))
Промежуточный контроль	Зачет	-			
ИТОГО по разделу 1	Лекции	34	-	-	-
	Лабораторные работы	17	-	-	-
	Практические занятия	17	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	40	-	-	-
Раздел 2 . Теория машин и механизмов					
Тема 1 Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма	Лекция	8	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4)
Тема 2 Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод	Лекция	8	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4)
Тема 3 Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация	Лекция	8	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Тема 4 Механические передачи. Общие сведения. Привод. Фрикционные и ременные передачи	Лекция	6	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4)
Тема 5 Валы и оси. Опоры валов и осей	Лекция	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4)
Тема 6 Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма	Практическое занятие	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)
Тема 7 Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический	Практическое занятие	4	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
метод					4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4))
Тема 8 Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация	Практическое занятие	3	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4))
Тема 9 Механические передачи. Общие сведения. Привод. Фрикционные и ременные передачи	Практическое занятие	3	традиционная	ОПК-2-3 ОПК-2-4	У6(ОПК-2-4) Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4))
Тема 10	Практическое	3	традиционная	ОПК-2-3	У6(ОПК-2-4)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
Валы и оси. Опоры валов и осей	занятие			ОПК-2-4	Н10(ОПК-2-3) Н5(ОПК-2-4) Н7(ОПК-2-4) Н6(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) У6(ОПК-2-4) 38(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4))
Самостоятельная работа обучающихся	Выполнение РГР №2, подготовка к лекционным и практическим занятиям,	57		ОПК-2-3 ОПК-2-4	37(ОПК-2-3) У1(ОПК-2-3) Н1(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У2(ОПК-2-3) Н2(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У3(ОПК-2-3) Н3(ОПК-2-3) 33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
					4) НЗ(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)
Промежуточный контроль	Итоговая оценка	-			
ИТОГО по разделу 2	Лекции	34	-	-	-
	Практические занятия	17	-	-	-
	Самостоятельная работа обучающихся	57			
Промежуточная аттестация по дисциплине		-			
ИТОГО по дисциплине	Лекции	68	-	-	-
	Практические занятия	34	-	-	-
	Лабораторные работы	17			
	Самостоятельная работа обучающихся	97			
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 216 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 119 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 разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка к защите лабораторных работ; подготовка и оформление расчётно-графической работы и т.п.

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 по курсу «Сопротивление материалов»/ Комсомольск на Амуре, ФГБОУ ВПО КнАГТУ, 2003

Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы
представлен в таблице 4.

ИТОГО в 4 семестре	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	57
-------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------

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	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 1, РГР №1	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;	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 1, вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	Определяет внутренние силовые факторы и напряжения в бруске 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;	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	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;	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	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;	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 4 вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	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;	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 4 вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	Определяет согласованность эпюр поперечных сил и изгибающих моментов в балке
Касательные напряжения при изгибе	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 4 вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	Определяет касательные напряжения в поперечных сечениях балки при изгибе, оценивает прочность балки по

			касательным напряжениям
Перемещения при изгибе	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задание 4 вопросы к защите лабораторной работы, РГР №1	Определяет перемещения сечений балки при изгибе
Основы напряженно-деформированного состояния. Теория прочности	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3)	Задания 1,2,3,4 РГР №1	Оценивает прочность стержня при различных способах его деформации
Устойчивость сжатых стержней	37(ОПК-2-3) У9(ОПК-2-3) Н8(ОПК-2-3) 38(ОПК-2-3) У10(ОПК-2-3) Н9(ОПК-2-3) 39(ОПК-2-3) У11(ОПК-2-3) Н10(ОПК-2-3) 34(ОПК-2-4)	Задание 5 РГР №1	Оценивает устойчивость бруса, Определяет критическую силу по формуле Эйлера
Структурный анализ механизмов. Основные термины и определения. Составные части механизма	33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) Н3(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)	Задание 6 РГР №2	Владеет системой и принципами структурного анализа механизмов
Кинематический анализ механизмов. Графический метод. Аналитический метод	33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) Н3(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)	Задание 6 РГР №2	Определяет планы скоростей и ускорений для рычажного механизма Графическим методом. Определяет скорости и ускорения точек

			механизма аналитически
Динамический анализ механизмов. Цели и задачи. Силы, действующие на звенья механизма и их классификация	33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) Н3(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)	Задание 6 РГР №2	Строит план сил для рычажного механизма
Механические передачи. Общие сведения. Привод. Фрикционные и ременные передачи	33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) Н3(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)	Задание 7 РГР №2	Производит силовой расчет ременной передачи
Валы и оси. Опоры валов и осей	33(ОПК-2-4) У1(ОПК-2-4) Н1(ОПК-2-4) 34(ОПК-2-4) У2(ОПК-2-4) Н2(ОПК-2-4) У3(ОПК-2-4) Н3(ОПК-2-4) У4(ОПК-2-4) Н4(ОПК-2-4)	Задание 7 РГР №2	Производит расчет на прочность валов и осей

Промежуточная аттестация проводится в 3-м семестре в виде зачета, в 4-м семестре – в форме 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 выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
_____3_____ семестр <i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</i>				
1	Задание 1-5	В	5 баллов	5 баллов - студент правильно

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
		течение семестра		<p>выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
2	Задание РГР №1 1,2,3,4	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
ИТОГО:		-	<u>30</u> баллов	-
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине, включая зачет: Для получения зачета необходимо набрать сумму баллов не менее 70% от максимальной</p>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<p>_____ 4 _____ семестр</p> <p>Промежуточная аттестация в форме итоговой оценки</p>				
1	Задание 6	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
2	Задание 7	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
3	Задание 1 РГР №2	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках</p>

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
4	Задание 2 РГР №2	В течение семестра	5 баллов	<p>5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>4 балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>0 баллов – задание не выполнено.</p>
ИТОГО:		-	$\frac{20}{5}$ балло в	-
<p>Критерии выведения итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета с оценкой:</p> <p>Максимальный балл текущего контроля составляет 20 баллов; максимальный итоговый рейтинг – 20 баллов. Оценке «отлично» соответствует 20 баллов; «хорошо» – 16; «удовлетворительно» – 12;</p>				

	Наименование оценочного средства	Сроки выпол нения	Шкала оценива ния	Критерии оценивания
менее 12– «неудовлетворительно».				

Задания для текущего контроля
Вопросы к защите лабораторных работ

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° 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?

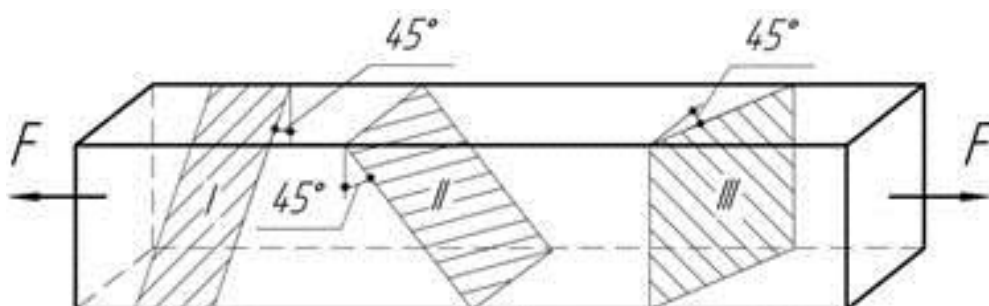
- 6) Почему и каким значением ограничивается максимальный крутящий момент?
 - 7) Какую закономерность можно установить, нагружая образец в несколько раз, увеличивая нагрузку при каждой ступени нагружения на одну и ту же величину?
4. Лабораторная работа №4. Определение констант упругости механическими 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 ?
5. Лабораторная работа №5. Определение перемещений при плоском изгибе консольной балки.
- 1) Какой изгиб называется плоским?
 - 2) Приведите основное дифференциальное уравнение плоского изгиба.
 - 3) Из каких условий определяются постоянные интегрирования и дифференциального уравнения изгиба?
 - 4) Что изменилось бы в теоретическом вычислении прогиба, если бы балка имела два участка, размеры поперечных сечений которых были бы различными ?
 - 5) Как связана форма изогнутой оси балки со знаком изгибающего момента?
 - 6) Какой характер имела бы упругая линия испытуемой балки, если бы подвеска с грузами была установлена в середине длины балки?
 - 7) Какая связь между прогибом и углом поворота сечения?
6. Лабораторная работа №6. Определение перемещений при плоском изгибе двухопорной балки.
- 1) Какой изгиб называется плоским?
 - 2) Приведите основное дифференциальное уравнение плоского изгиба.

- 3) Из каких условий определяются постоянные интегрирования и дифференциального уравнения изгиба?
- 4) Что изменилось бы в теоретическом вычислении прогиба, если бы балка имела два участка, размеры поперечных сечений которых были бы различными ?
- 5) Как связана форма изогнутой оси балки со знаком изгибающего момента?
- 6) Какой характер имела бы упругая линия испытываемой балки, если бы подвеска с грузами была установлена в середине длины балки?
- 7) Какая связь между прогибом и углом поворота сечения?

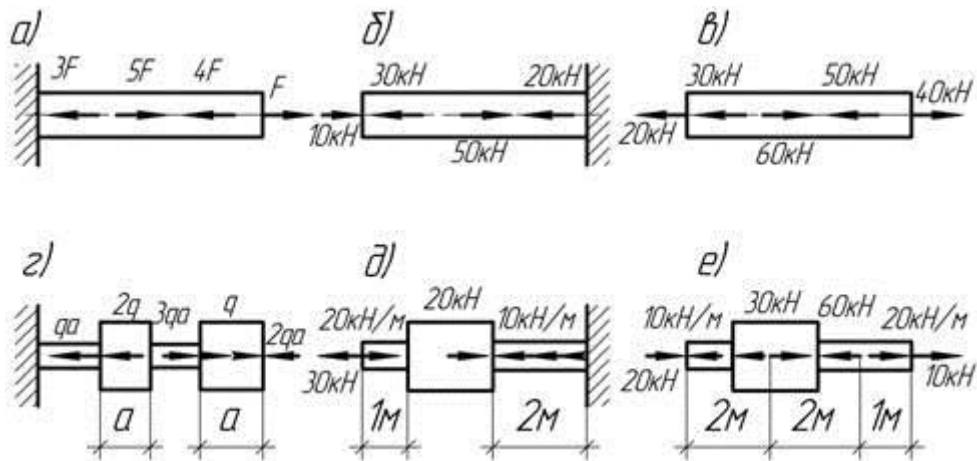
Задание 1

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

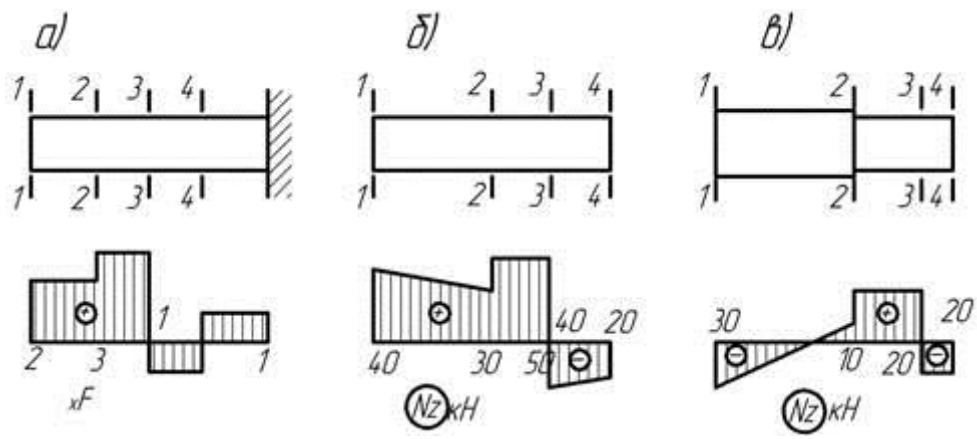
№ Варианта	Сила F, КН	Площадь поперечного сечения стержня S, см ²
1	10	10
2	15	10
3	20	15
4	25	20
5	15	20
6	30	20
7	20	20
8	20	10
9	25	15
0	30	15



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

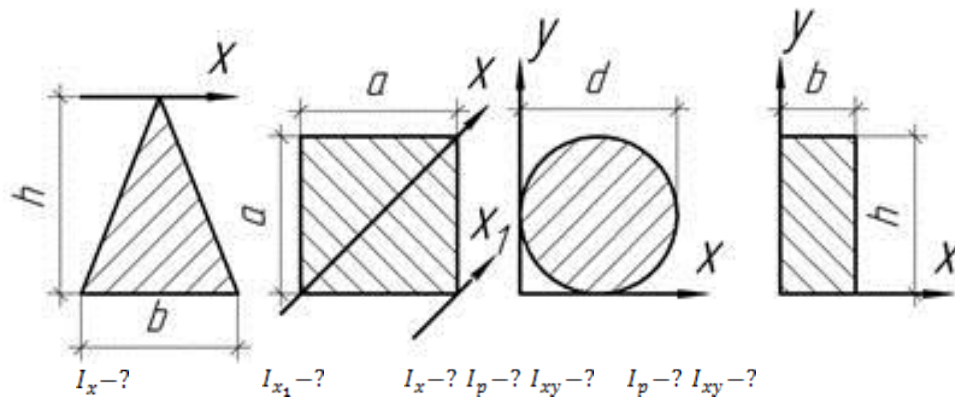


в) По заданной эпюре продольной силы определить величину и направление приложенной к стержню нагрузки.



Задание 2

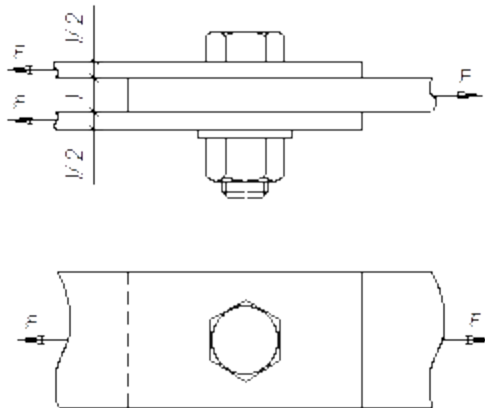
Определите указанные ниже величины.



№ 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

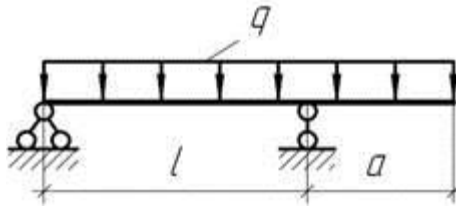
Определить касательные напряжения и прочность в соединении, изображенном на рисунке. Допускаемые напряжения для материала болта: на срез 80 МПа, на смятие 200 МПа.



№ 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.

Какой из двух стержней одинаковой длины, условия закрепления и нагружения которых также одинаковы, является более гибким – стержень с равной площадью?

Задача 2.

Критическая нагрузка на стержень с шарнирно-опертыми концами равна 200 кН. Во сколько раз увеличится критическая нагрузка при площади поперечного сечения....., если стержень имеет:

а) квадратное сечение, б) круглое, в) кольцевое с $\frac{d_g}{d_n} = 0,8$. Дано: $E=200$ ГПа, $\sigma_{пл} = 1100$ МПа, $\sigma_{пл} = 750$ МПа, $l = 0,4$ м.

Указание: При $\sigma_{кр} > \sigma_{пл}$ применять формулу $\sigma_{кр} = (1100 - 6,65\lambda)$ МПа.

Задача 3.

Шарнирно – стержень I №14 сжимается силой $F=.....$ кН. Вычислить и сравнить коэффициенты запаса прочности $\Pi_{пл}$ и устойчивости Π_y , если $E=200$ ГПа, $\sigma_{пл} = 1100$ МПа, $\sigma_{пл} = 750$ МПа, $l = 1$ м.

Задача 4.

Шарнирно-опертый стержень..... сечения сжимается силой $F=50$ кН. Длина стержня $l=1$ м, материал –, $\rho_d = 2,7 \frac{\tau}{\text{м}^3}$, $E_d = 70$ ГПа, запас устойчивости $[\Pi_y]=2$. Найти массу стержня. Установить также, во сколько раз увеличится масса стержня, если заменить дюраль на сталь, сохранив прежнюю длину и запас устойчивости, принимая $\rho_{ст} = 7,85 \frac{\tau}{\text{м}^3}$, $E_{ст} = 200$ ГПа.

Задача 5.

Определить сжимающей силы, при которой шарнирно-опертая по концам стальная труба с наружным диаметром $d_H = 100$ мм, внутренним $d_B = 90$ мм и длиной $l=4$ м потеряет устойчивость. Чему равны при этом напряжения в трубе?

Задача 6.

Как изменится сила, если одновременно увеличить диаметр круглой стойки в 2 раза и длину в 4 раза?

Задача 7.

Конструктивный элемент представляет собой шарнирно опертый по концам круглый стержень диаметра $d=4$ см и длины $l=1$ м. По проекту он должен быть изготовлен из стали Ст20, имеющий предел пропорциональности $\sigma_{пц} = 225$ МПа. Ввиду отсутствия данного материала его изготовили из легированной стали 12ХНЗА с $\sigma_{пц} = 360$ МПа. На сколько за счет этого элемента при той же самой сжимающей силе?

Задача 8.

Стойка проектируется из двух равнобоких уголкового профиля. Как следует собой, чтобы получить наибольшую несущую способность составной стойки?

Задача 9.

Стержень шатуна кривошипно-шатунного механизма проверяют на устойчивость от осевой сжимающей силы, причем в плоскости движения шатуна концы его считают шарнирно опертыми, а в плоскости, нормальной к плоскости движения – жестко заделанными. При каком соотношении сечения шатуна обеспечивается его равноустойчивость в указанных плоскостях?

Задача 10.

Две деревянные стойки одинаковой длины и веса отличаются только формой поперечного сечения (у одной сечение круглое, а у другой - квадратное). У какой стойки выше?

Задача 11.

Стойка имеет прямоугольное сечение 10x40 см. Как следует закрепить ее по концам, чтобы обеспечить в главных плоскостях?

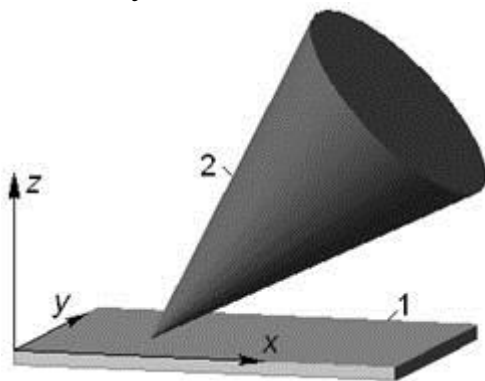
Задача 12.

Круглая стальная стойка гибкостью $\lambda=100$ выдерживает сжимающую силу $F=100$ кН при запасе устойчивости $\Pi_y=2$. Во сколько раз можно увеличить сжимающую силу, и сохранив прежний коэффициент запаса устойчивости?

Задание 6

Задача 1

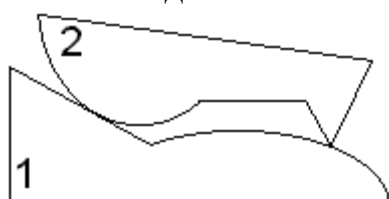
Установить класс кинематической пары, образуемой плоской (1) и конической (2) поверхностями (конус касается плоскости только вершиной). По отношению к координатным осям x, y, z перечислить все виды допускаемых движений конуса относительно плоскости.



Задача 2

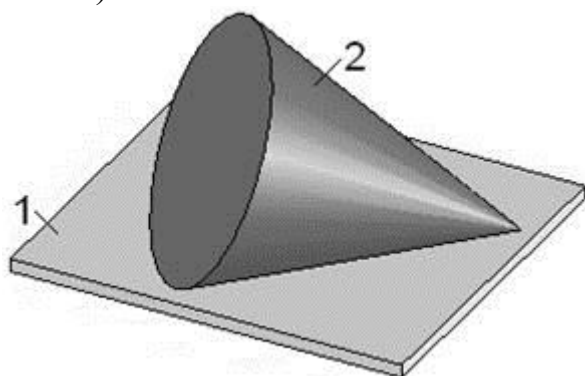
Для плоской кинематической пары, представленной на рисунке, установить:

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



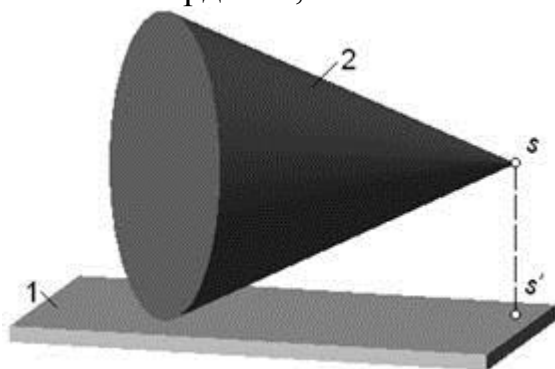
Задача 3

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).



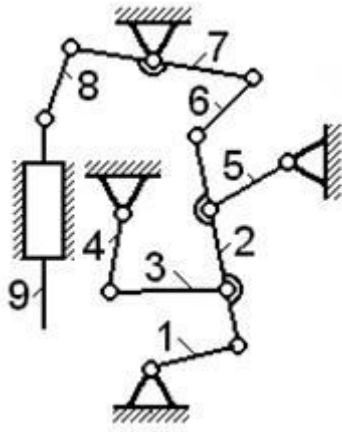
Задача 4

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)

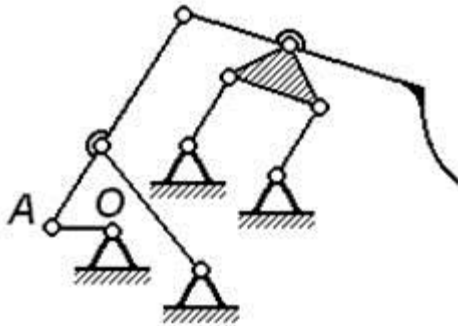
Для механизма с одной степенью свободы указать номера звеньев, образующих группу III класса 3-го порядка при начальном звене 4.

Задача 7 (см. рисунок к задаче 5)

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

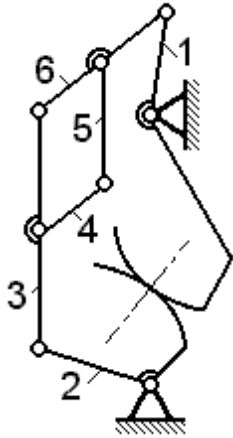
Задача 8

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).

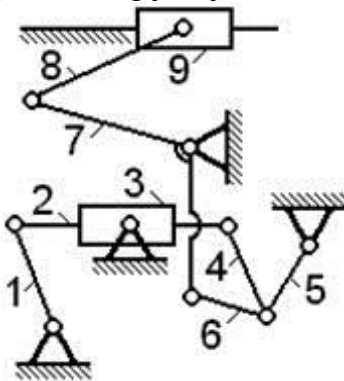


Задача 10 (см. рисунок к задаче 9)

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 7

Задача 1

Для некоторой структурной группы имеется уравнение плана скоростей

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

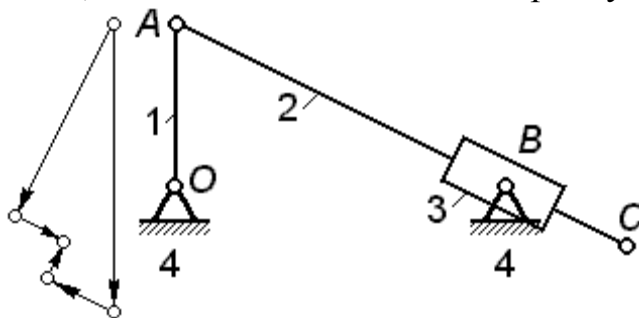
Написать для этой группы:

1) уравнение плана ускорений;

2) формулы для вычисления угловой скорости и углового ускорения звена 3.

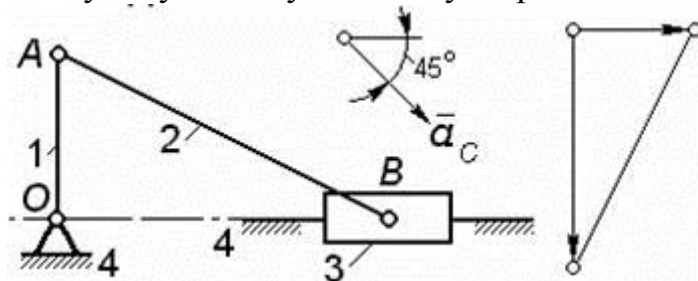
Задача 2

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 .



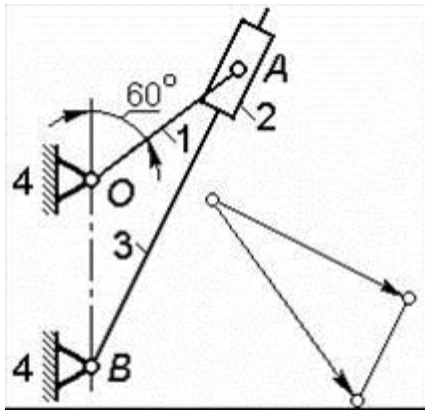
Задача 3

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

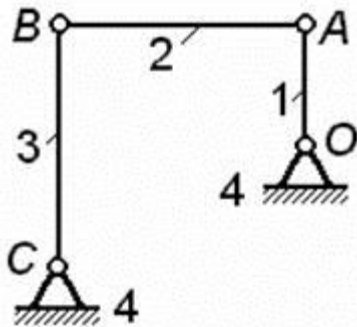
$$\vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{B_1 B}^n + \vec{a}_{B_1 B}^t + \vec{a}_{BO_1}^r + \vec{a}_{BO_1}^k$$

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.

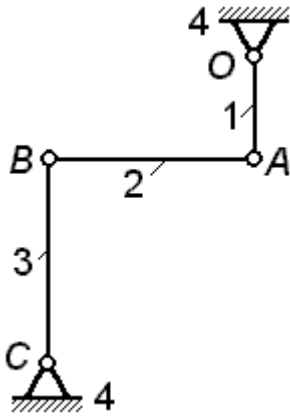
Задача 6

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

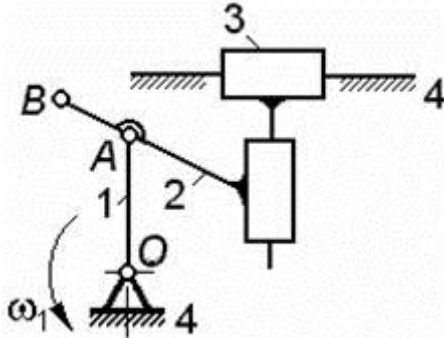
В рассматриваемом положении механизма звенья 1 и 3 вертикальны, звено 2 горизонтально. Звено 1 вращается равномерно с угловой скоростью $\omega_1 = 10$ рад/с. Длины звеньев: $AB = BC = 2OA$. Найти величину и направление углового ускорения звена 2.



Задача 8

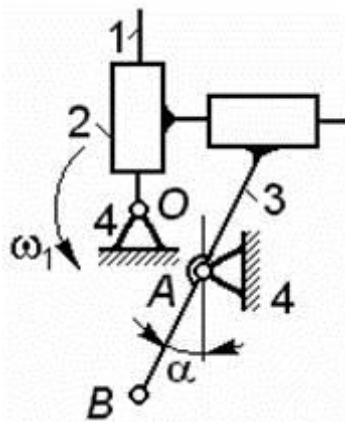
Определить скорость и ускорение точки B звена 2; указать направления обоих векторов для заданного положения механизма.

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



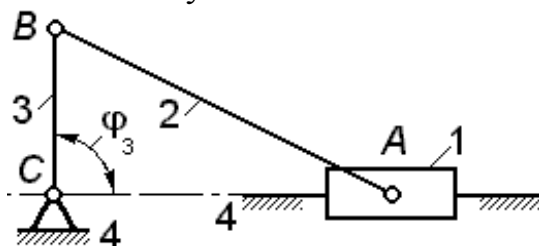
Задача 9

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 $BC = 0.1$ м, длина шатуна $AB = 0.2$ 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.

Вопросы к защите РГР

3 семестр

- 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?

4 семестр

- 1) Кинематический анализ рычажных механизмов. Построение плана скоростей, ускорений
- 2) Силовой анализ рычажных механизмов. Построение плана сил.
- 3) Напряжения в звеньях рычажного механизма.
- 4) Классификация и устройство фрикционных передач и вариаторов.
- 5) Классификация и устройство ременных передач.
- 6) Геометрический расчет ременной передачи.
- 7) Силовой расчет ременной передачи.

Расчетно-графическая работа №1

Задание 1. Стальной стержень (модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^4$ кН/см²) 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) $\sigma_m = 24$ кН/см², 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 , см ²	a , м	b , м	c , м	P , 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

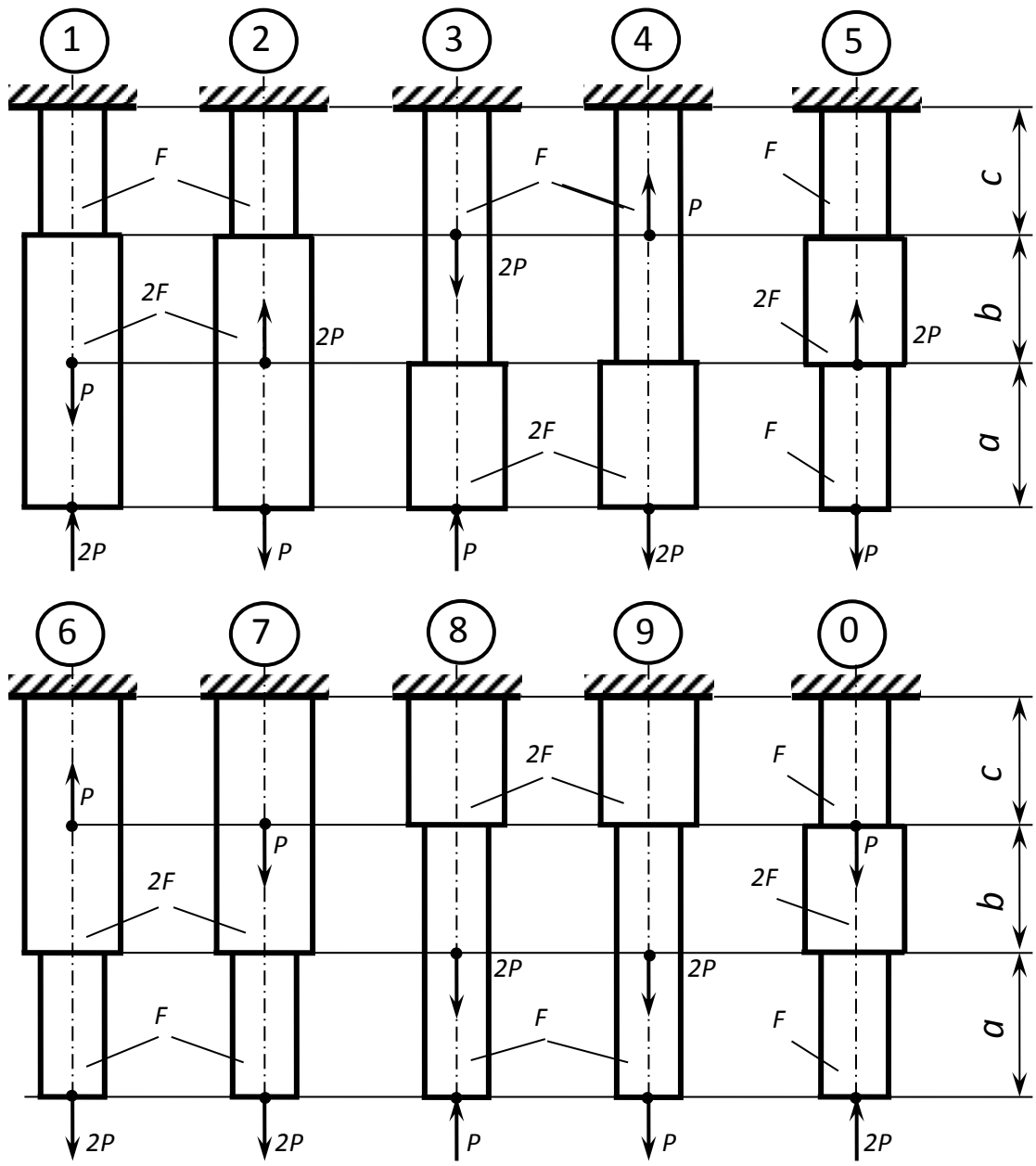


Рис. 1

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
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
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

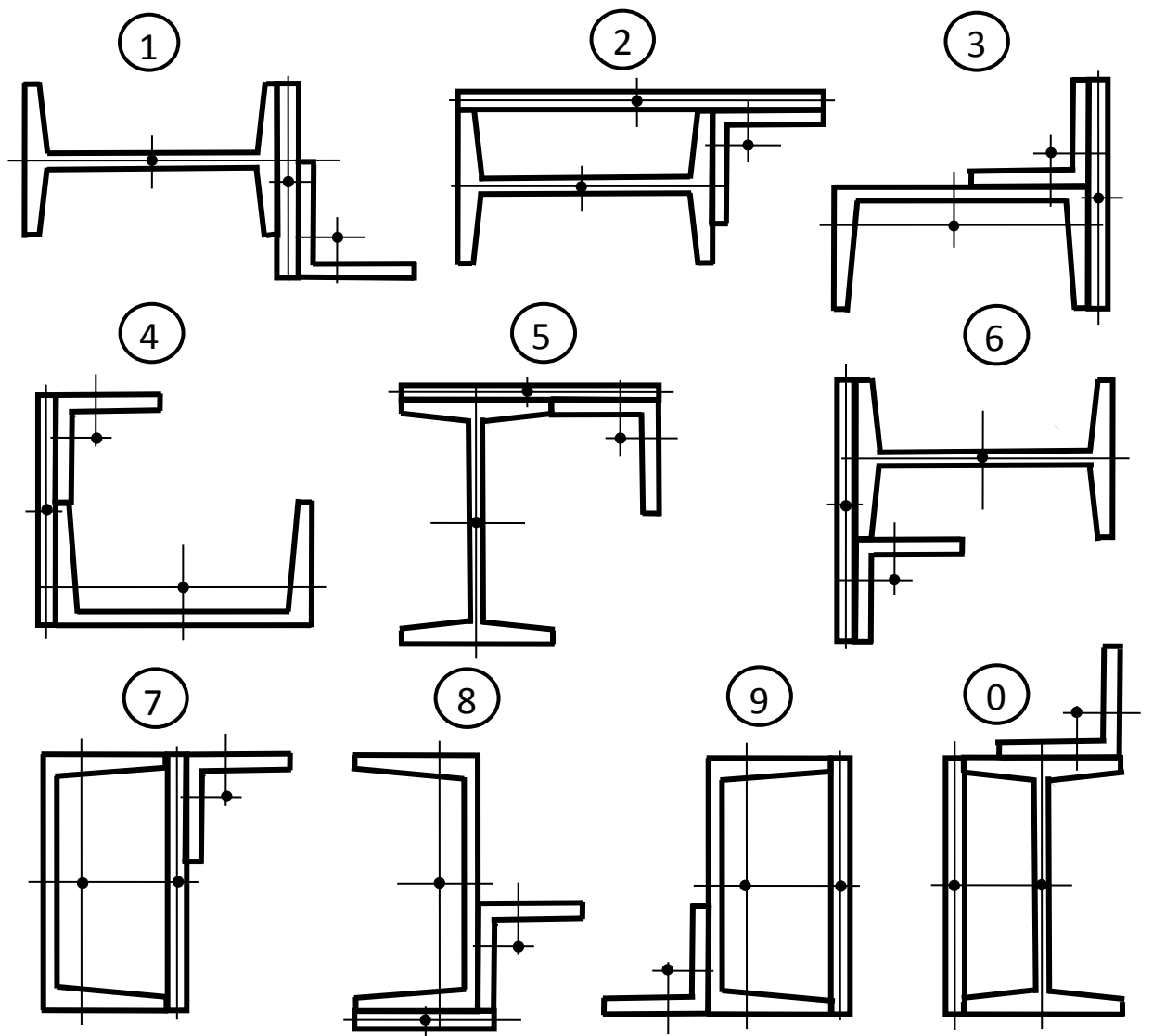


Рис. 1

Задание 3. Жестко заземленный 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.

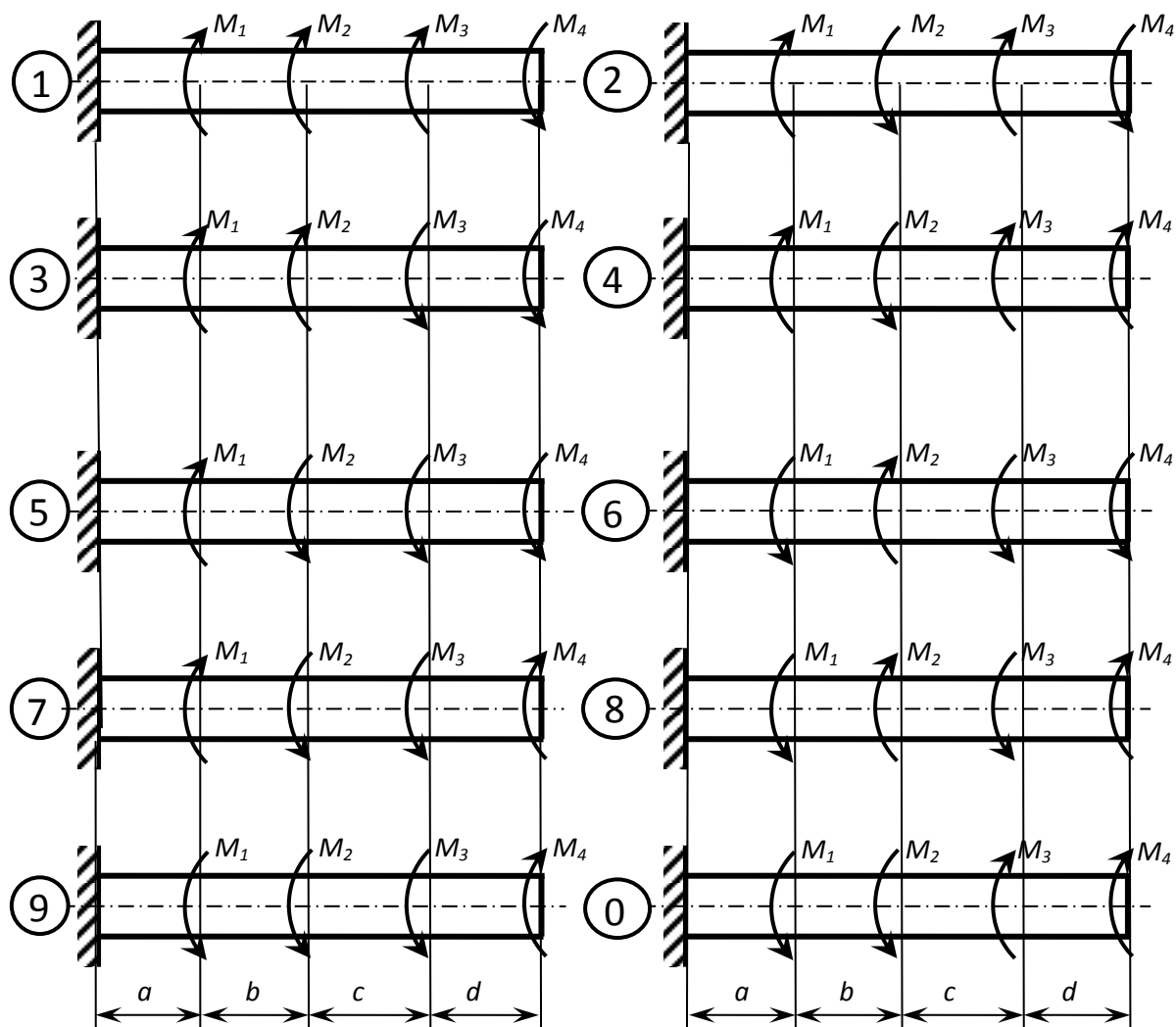


Рис. 1

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
<i>l</i>	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

Задание 4. Для двух заданных схем балок (рис. 3.11) 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 *двухаврового* 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 алфавита	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

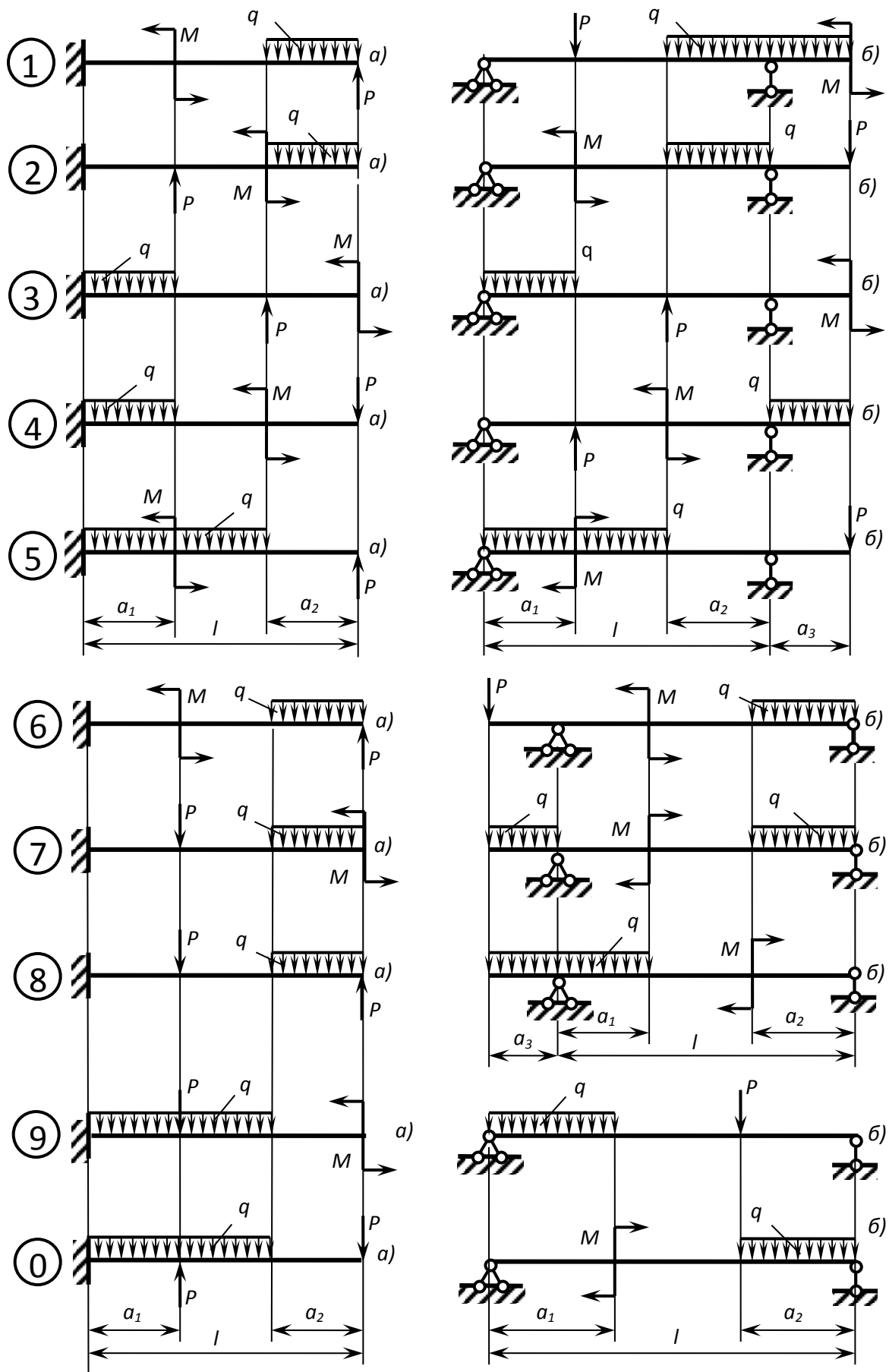


Рис. 1

Задание 5. Вертикальный стальной стержень (марка стали Ст. 3), поперечное сечение которого показано на рис. 1, сжимается с торца консервативной силой P . Определить значение критической и допускаемой нагрузки. Вычислить коэффициент запаса устойчивости стержня n_y . Допускаемое напряжение $[\sigma]=16$ кН/см², модуль Юнга $E=2 \cdot 10^4$ кН/см². Решение задачи получить для двух вариантов закрепления концов стержня, когда оба конца шарнирно оперты и когда оба конца жестко защемлены. Данные взять из табл. 1

Таблица 1

Исходные данные к задаче

Буквы алфавита	Номер схемы (рис. 3.25)	l , м	a , см	Буквы алфавита	Номер схемы (рис. 3.25)	l , м	a , см
l	2	3	4	l	2	3	4
А, П	1	2,4	6	З, Ц	8	2,5	8
Б, Р	2	2,8	7	И, Ч	9	2,7	9
В, С	3	3,0	8	К, Ш	0	2,9	10
Г, Т	4	3,5	9	Л, Щ	1	3,2	6
Д, У	5	4,0	10	М, Э	2	3,8	7
Е, Ф	6	4,5	6	Н, Ю	3	4,4	8
Ж, Х	7	5,0	7	О, Я	4	4,9	9

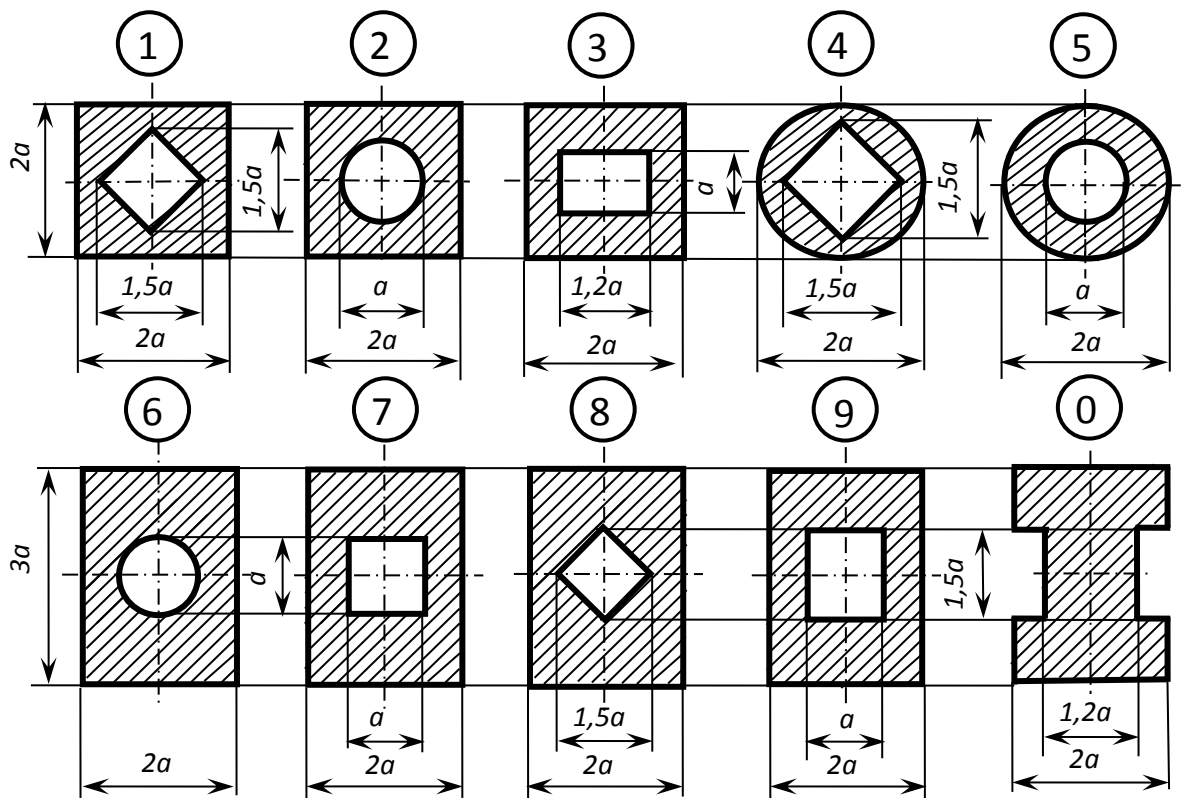
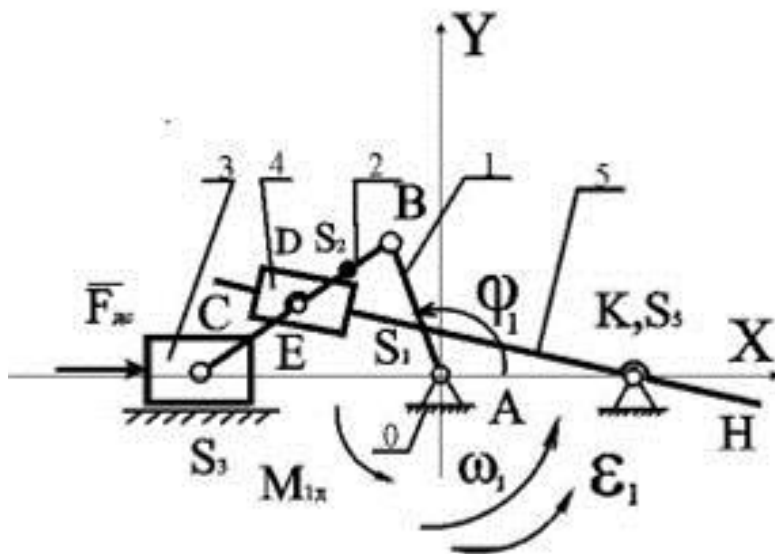


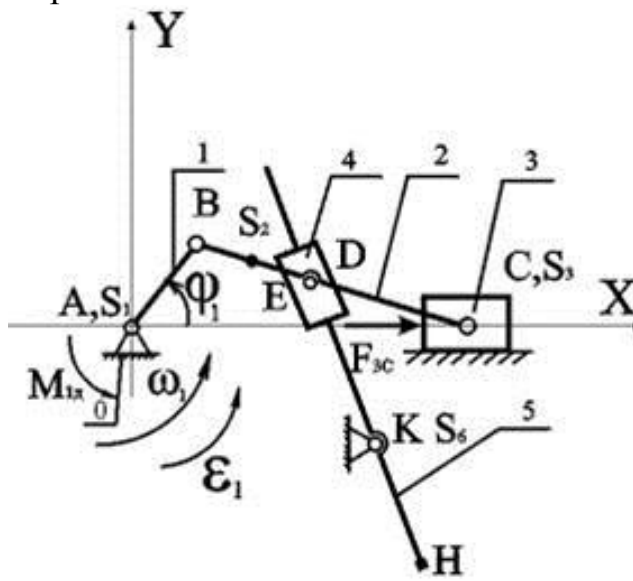
Рис. 1

Задание 6 Выполнить структурный анализ механизма

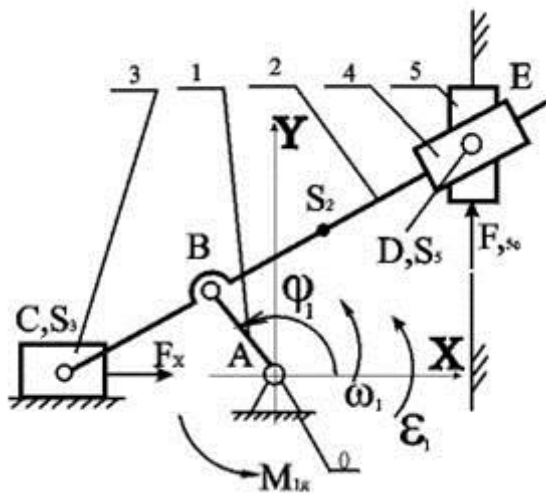
Вариант 1



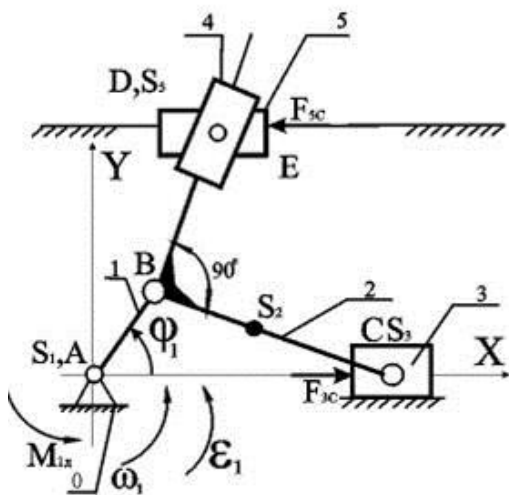
Вариант 2



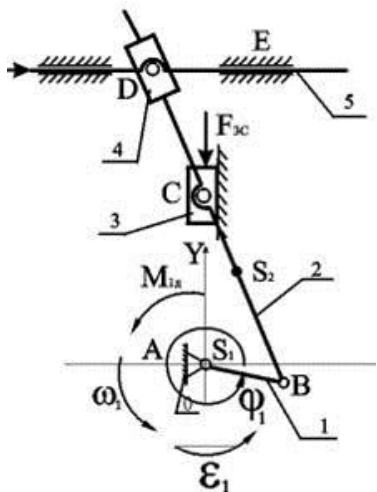
Вариант 3



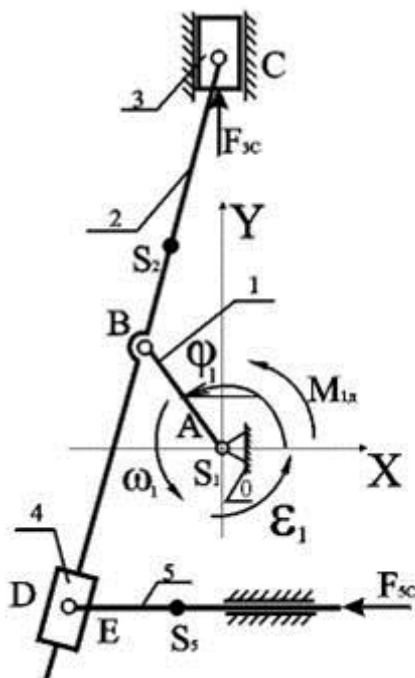
Вариант 4



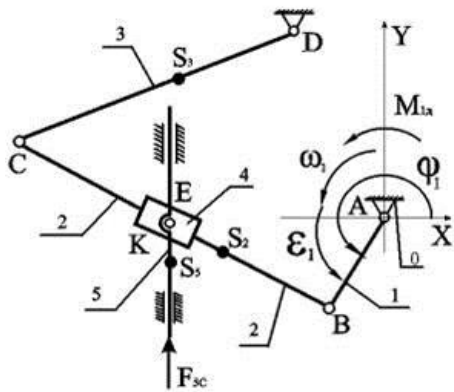
Вариант 5



Вариант 6

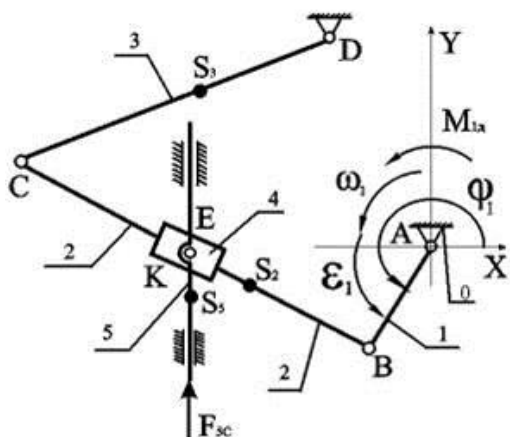


Вариант 7



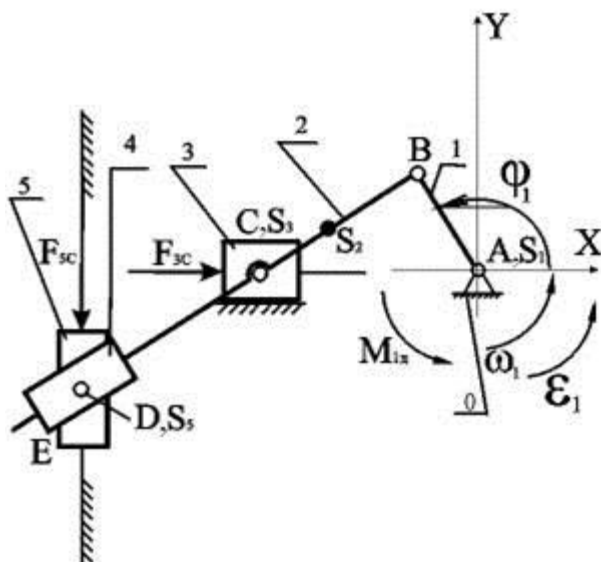
$$L_{DS3} = L_{ES5} = L_{AB}$$

Вариант 8



$$L_{DS3} = L_{ES5} = L_{AB}$$

Вариант 9



Вариант 10

Задание 7 Расчет ременной передачи

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 трёхшменная. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 1.

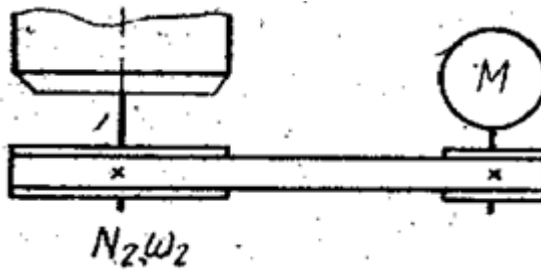


Рис.1. Плоскоременная передача

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.

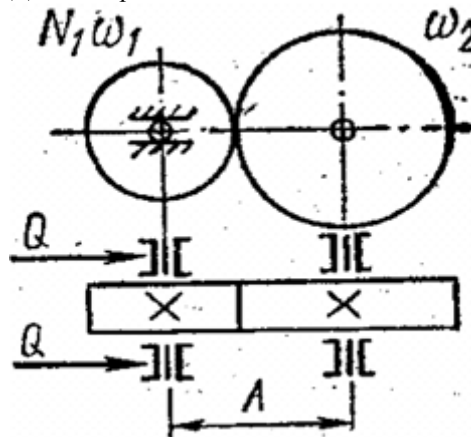


Рис.2. Цилиндрическая фрикционная передача

Таблица 2. Исходные данные для задачи 2

Вариант	$N_2, \text{кВт}$	$\omega_1, \text{рад/с}$	$\omega_2, \text{рад/с}$	$A, \text{мм}$
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 одноосменная. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 3.

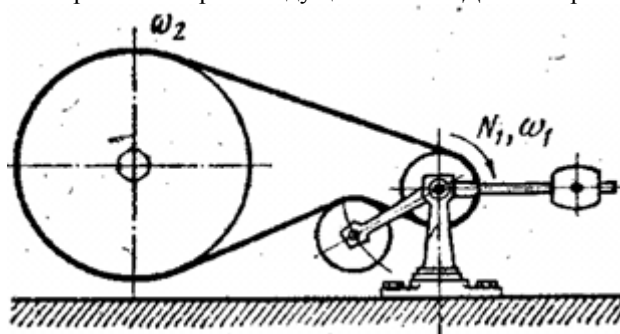


Рис.3. Плоскоременная передача с натяжным роликом

Таблица 3. Исходные данные для задачи 3

Вариант	N_1 , кВт	ω_1 , рад/с	ω_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.

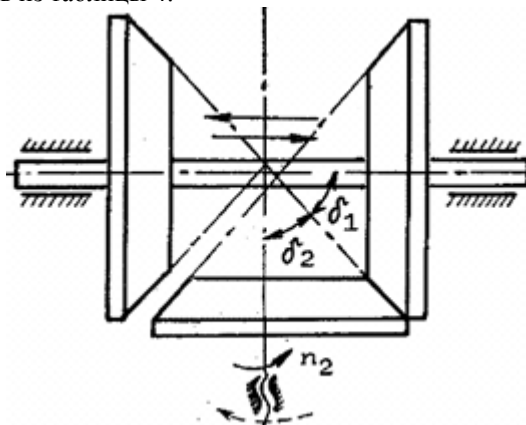


Рис.4. Коническая фрикционная реверсивная передача

Таблица 4. Исходные данные для задачи 4

Вариант	N_1 , кВт	n_2 , 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.

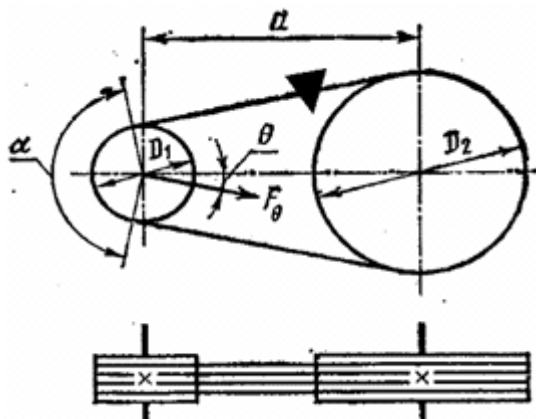


Рис.5. Клиноременная передача

Таблица 5. Исходные данные для задачи 5

Вариант	$N_1, кВт$	$n_1, об/мин$	$n_2, об/мин$
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.

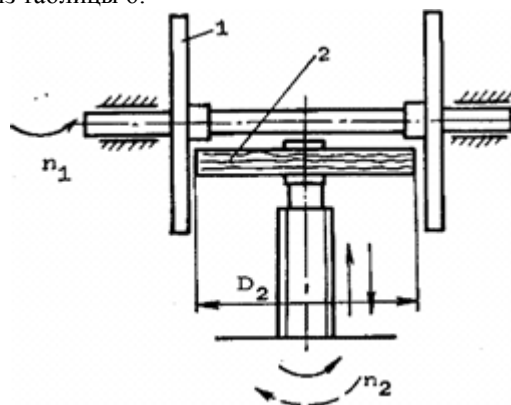


Рис.6. Лобовая фрикционная реверсивная передача

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 транспортера. Мощность электродвигателя N_1 , его угловая скорость ω_1 , скорость ленты транспортера v , передаточное отношение редуктора u . Диаметр барабана 400 мм. Режим работы равномерный. Выполнить рабочий чертёж ведущего шкива. Данные брать из таблицы 7.

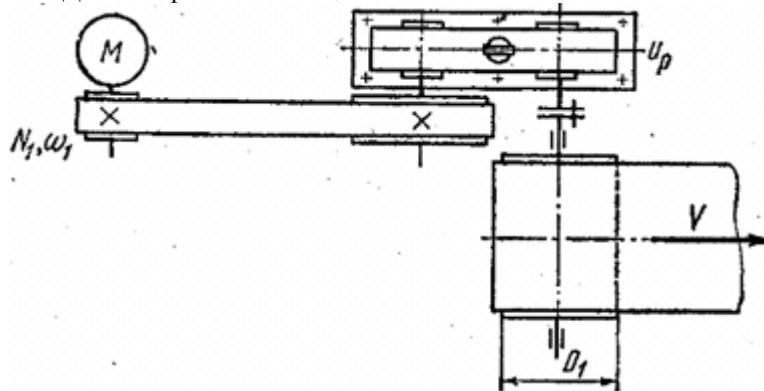


Рис.7. Плоскоремennая передача привода ленточного транспортера

Таблица 7. Исходные данные для задачи 7

Вариант	$N_1, кВт$	$\omega_1, рад/с$	u	$v, м/с$
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

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

Расчетно-графическая работа №2

Задание 1

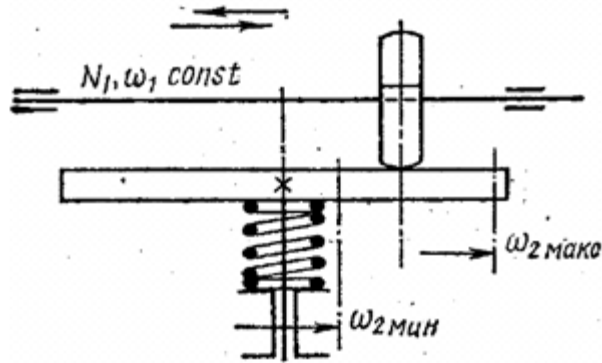


Рис.8. Лобовой фрикционный вариатор

Таблица 8. Исходные данные для задачи 8

Вариант	$N_1, \text{кВт}$	$\omega_1, \text{рад/с}$	$\omega_{2\text{min}}, \text{рад/с}$	$\omega_{2\text{max}}, \text{рад/с}$	$T, \text{час}$
1	2,5	16п	8п	30п	3000
2	2,0	15п	7п	31п	
3	1,5	10п	5п	19п	
4	1,8	11п	4п	23п	
5	3,0	14п	6п	29п	25000
6	1,6	9п	5п	19п	
7	2,2	8п	6п	17п	
8	2,8	10п	4п	22п	5000
9	3,2	17п	7п	35п	
0	1,4	12п	5п	26п	

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.

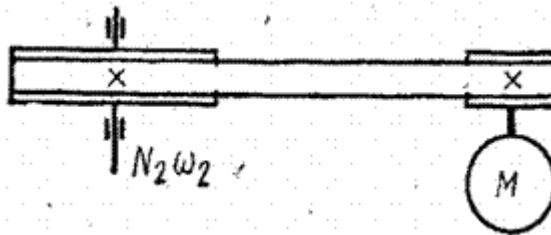


Рис.9. Клиноременная передача

Таблица 9. Исходные данные для задачи 9

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

Задание 2

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.

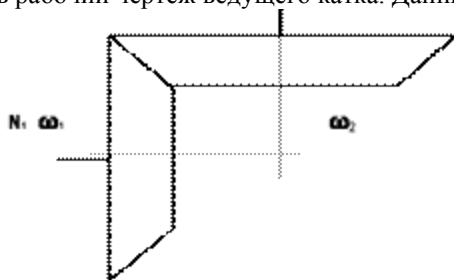


Рис.10. Коническая фрикционная передача

Таблица 10. Исходные данные для задачи 10

Вариант	N_1 , кВт	ω_1 , рад/с	ω_2 , 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

Вопросы к защите РГР

3 семестр

- 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?

5 семестр

- 8) Кинематический анализ рычажных механизмов. Построение плана скоростей, ускорений
- 9) Силовой анализ рычажных механизмов. Построение плана сил.
- 10) Напряжения в звеньях рычажного механизма.
- 11) Классификация и устройство фрикционных передач и вариаторов.
- 12) Классификация и устройство ременных передач.
- 13) Геометрический расчет ременной передачи.
- 14) Силовой расчет ременной передачи.

5 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

Задание 1 РГР № 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 .

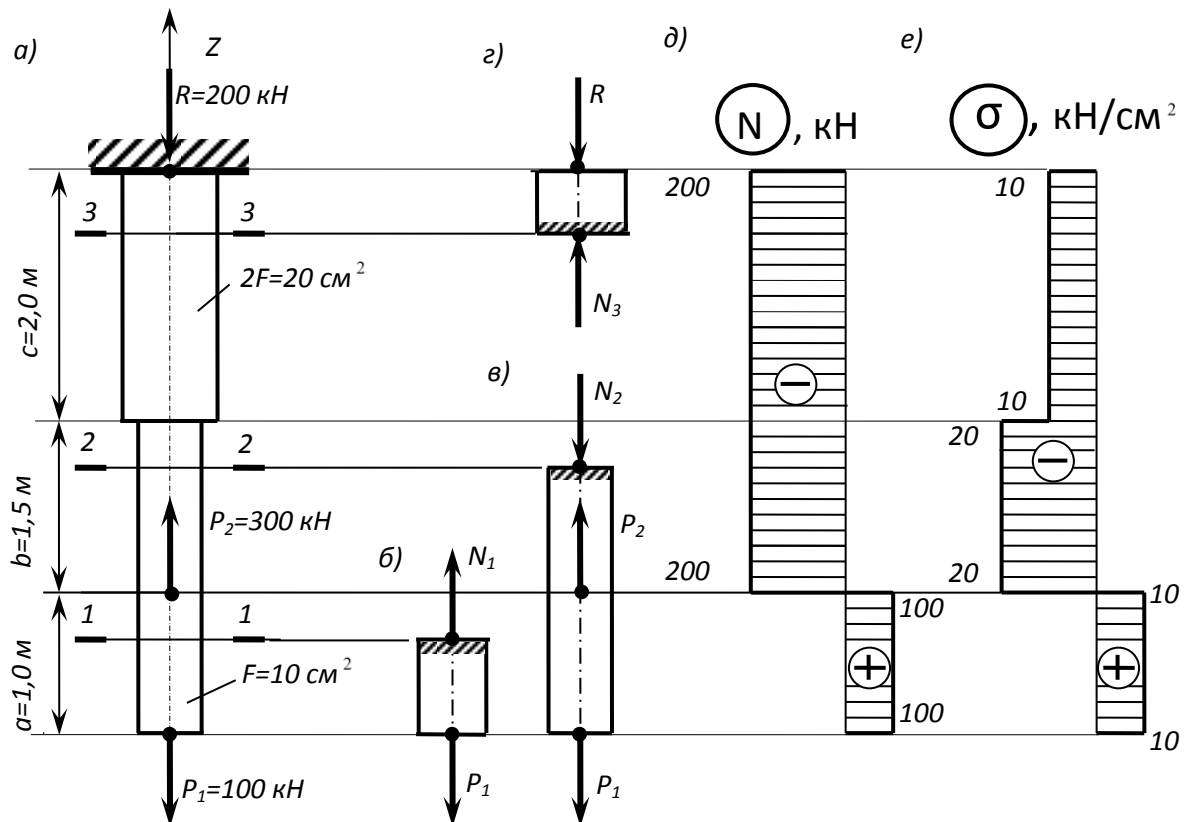


Рис. 2

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, з). 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 РГР № 1

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} .

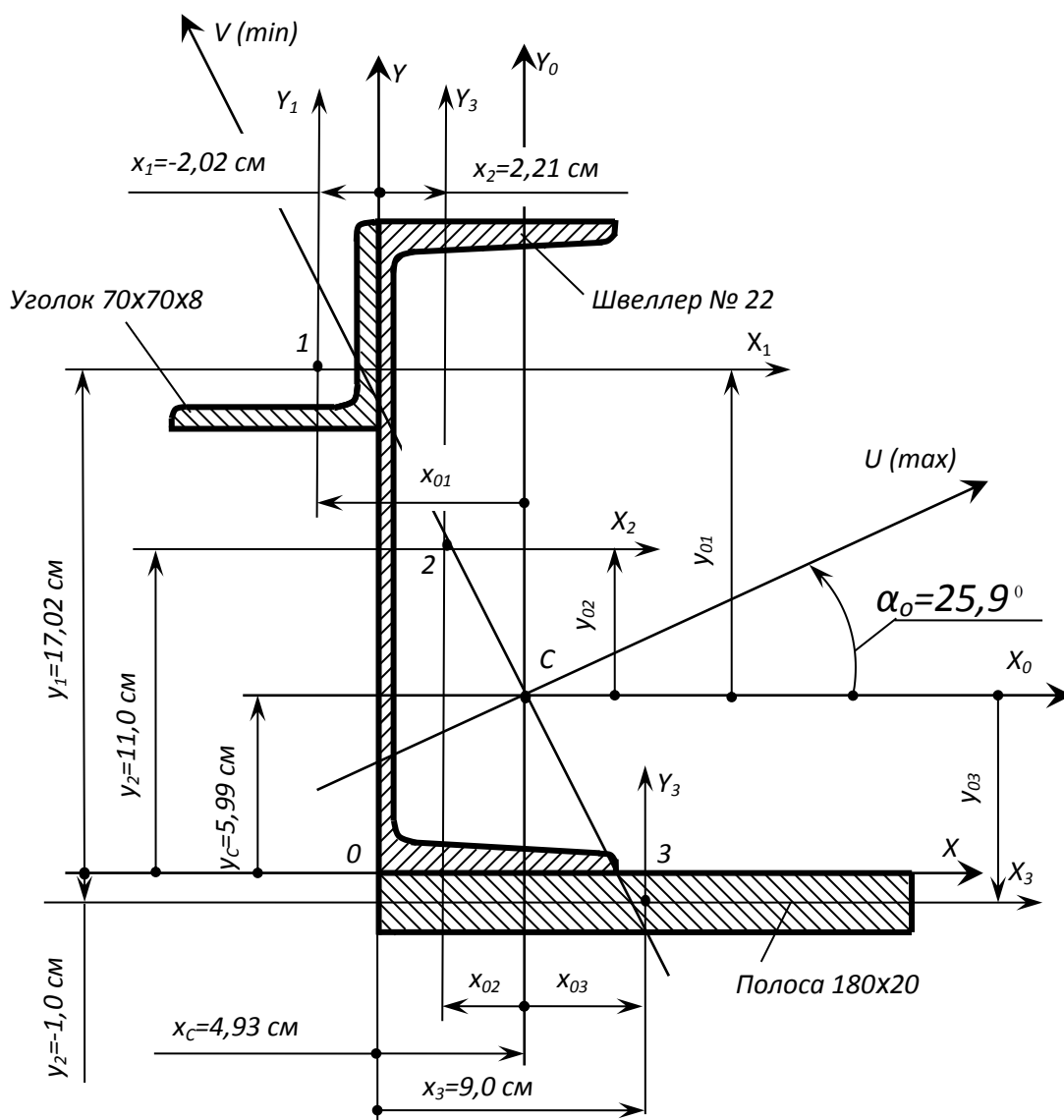


Рис. 2

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}	
			$x_i, \text{см}$	$y_i, \text{см}$	$S_{yi} = F_i x_i, \text{см}^3$	$S_{xi} = F_i y_i, \text{см}^3$
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	X	X	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

$$I_{\max,\min} = \frac{I_{x_0} + I_{y_0}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(I_{x_0} - I_{y_0})^2 + 4I_{x_0y_0}^2}.$$

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 РГР № 1

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.

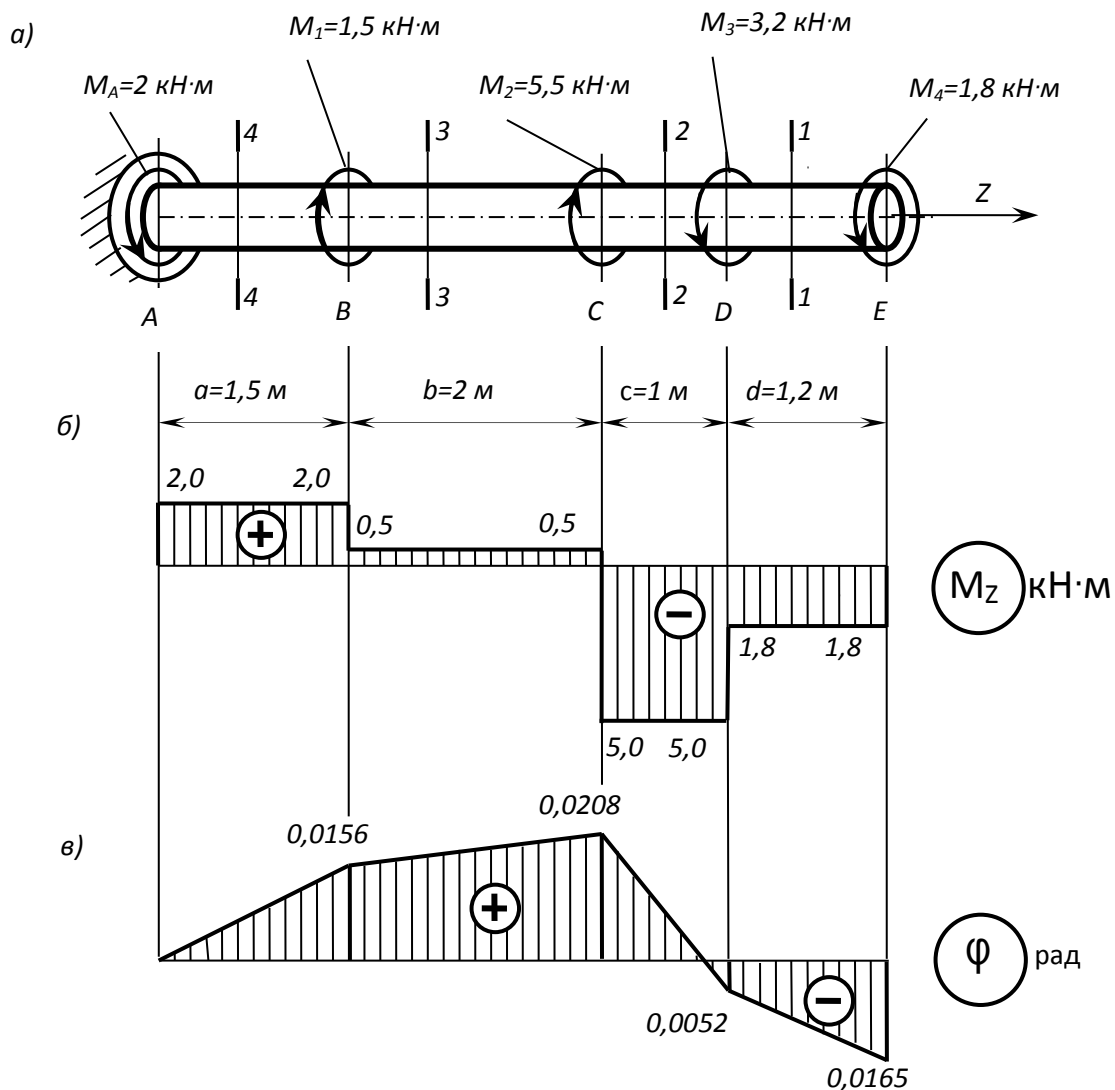


Рис. 2

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 заделке 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.

Задание 4 РГР № 1

Пример 4. Для консольной балки, нагруженной распределенной нагрузкой интенсивностью $q = 20$ кН/м и сосредоточенным моментом $M = 50$ кН·м (рис. 2), требуется: построить эпюры перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_z , подобрать балку круглого поперечного сечения при допуске нормальном напряжении $[\sigma] = 16$ кН/см² и проверить прочность балки по касательным напряжениям при допуске касательном напряжении $[\tau] = 8$ кН/см². Размеры балки $a_1 = 1$ м; $a_2 = 2$ м; $l = 4$ м.

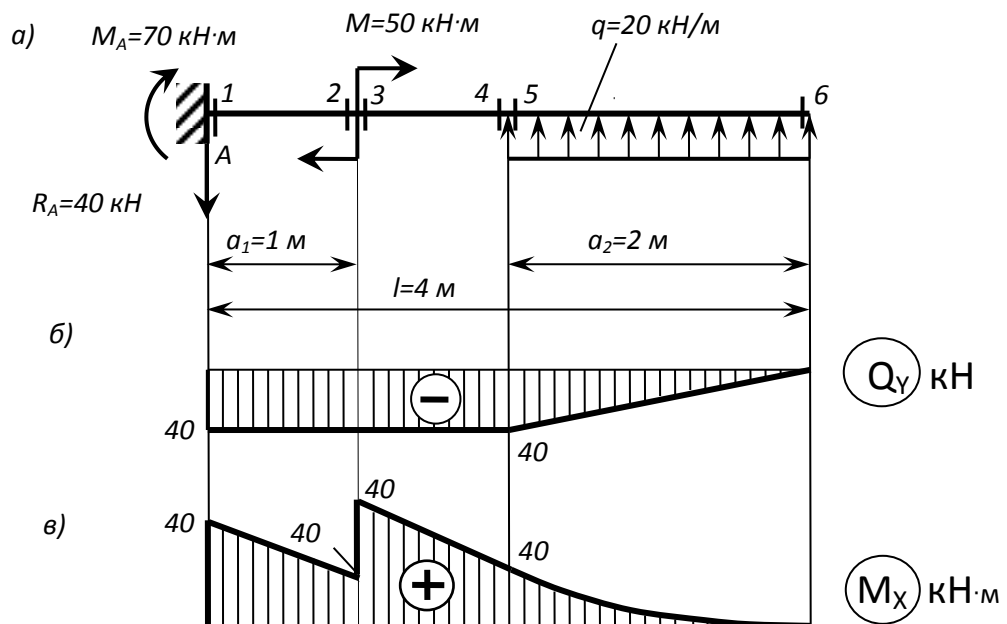


Рис. 2

Решение.

1. Определяем опорные реакции.

Горизонтальная реакция в заделке H_A равна нулю, поскольку внешние нагрузки в направлении оси z на балку не действуют.

Выбираем направления остальных реактивных усилий, возникающих в заделке: вертикальную реакцию R_A направим, например, вниз, а момент M_A – по ходу часовой стрелки. Их значения определяем из уравнений статики:

$$\sum M_A = 0; \quad \sum Y = 0.$$

Составляя эти уравнения, считаем момент *положительным* при вращении *против хода* часовой стрелки, а проекцию силы *положительной*, если ее направление совпадает с *положительным* направлением оси y .

Из первого уравнения находим момент в заделке M_A :

$$\sum M_A = -M_A - M + qa_2 \left(l - \frac{a_2}{2} \right) = 0;$$

$$M_A = -M + qa_2 \left(l - \frac{a_2}{2} \right) = -50 + 20 \cdot 2 \cdot \left(4 - \frac{2}{2} \right) = 70 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Из второго уравнения – вертикальную реакцию R_A :

$$\sum Y = -R_A + qa_2 = 0; \quad R_A = qa_2 = 20 \cdot 2 = 40 \text{ кН}.$$

Полученные нами положительные значения для момента M_A и вертикальной реакции R_A в заделке свидетельствуют о том, что мы *угадали* их направления.

2. Строим эпюры перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_x .

В соответствии с характером закрепления и нагружения балки, разбиваем ее длину на *два* участка. По границам каждого из этих участков наметим *четыре* поперечных сечения (см. рис. 2), в которых мы и будем методом сечений (РОЗУ) вычислять значения перерезывающих сил и изгибающих моментов.

Сечение 1. Отбросим мысленно *правую* часть балки. Заменим ее действие на оставшуюся левую часть перерезывающей силой Q_{y1} и изгибающим моментом M_{x1} . Для удобства вычисления их значений закроем отброшенную нами правую часть балки листком бумаги, совмещая левый край листка с рассматриваемым сечением.

Напомним, что перерезывающая сила, возникающая в любом поперечном сечении, должна *уравновесить* все внешние силы (активные и реактивные), которые действуют на рассматриваемую (то есть *видимую*) нами часть балки. Поэтому *перерезывающая сила должна быть равна алгебраической сумме всех сил, которые мы видим.*

Приведем и *правило знаков* для перерезывающей силы: *внешняя сила, действующая на рассматриваемую часть балки и стремящаяся «повернуть» эту часть относительно сечения по ходу часовой стрелки, вызывает в сечении положительную перерезывающую силу. Такая внешняя сила входит в алгебраическую сумму для определения Q_y со знаком «плюс».*

В нашем случае мы видим только реакцию опоры R_A , которая вращает видимую нами часть балки относительно *первого* сечения (относительно края листка бумаги) *против хода* часовой стрелки. Поэтому

$$Q_{y_1} = -R_A = -40 \text{ кН.}$$

Изгибающий момент в любом сечении должен *уравновесить* момент, создаваемый *видимыми* нами внешними усилиями, относительно рассматриваемого сечения. Следовательно, он равен *алгебраической* сумме моментов всех усилий, которые действуют на рассматриваемую нами часть балки, относительно рассматриваемого сечения (иными словами, относительно края листка бумаги). При этом внешняя нагрузка, *изгибающая рассматриваемую часть балки выпуклостью вниз*, вызывает в сечении *положительный* изгибающий момент. И момент, создаваемый такой нагрузкой, входит в алгебраическую сумму для определения M_x со знаком «плюс».

Мы видим два усилия: реакцию R_A и момент в заделке M_A . Однако у силы R_A плечо относительно сечения I равно нулю. Поэтому

$$M_{x_1} = +M_A = 70 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Знак «плюс» нами взят потому, что реактивный момент M_A изгибает видимую нами часть балки выпуклостью вниз.

Напомним, что при определении знака изгибающего момента мы мысленно освобождаем видимую нами часть балки от всех фактических опорных закреплений и представляем ее как бы защемленной в рассматриваемом сечении (то есть левый край листка бумаги нами мысленно представляется жесткой заделкой).

Сечение 2. По-прежнему будем закрывать листком бумаги всю правую часть балки. Теперь, в отличие от первого сечения, у силы R_A появилось плечо: $a_1 = 1$ м. Поэтому

$$Q_{y_2} = -R_A = -40 \text{ кН}; M_{x_2} = +M_A - R_A a_1 = +70 - 40 \cdot 1 = 30 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Сечение 3. Закрывая правую часть балки, найдем

$$Q_{y_3} = -R_A = -40 \text{ кН};$$
$$M_{x_3} = +M_A - R_A a_1 + M = +70 - 40 \cdot 1 + 50 = 80 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Сечение 4. Закроем листком левую часть балки. Тогда

$$Q_{y_4} = -qa_2 = -20 \cdot 2 = -40 \text{ кН};$$
$$M_{x_4} = +qa_2 \frac{a_2}{2} = 20 \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Сечение 5. По-прежнему закроем левую часть балки. Будем иметь

$$Q_{y_5} = -qa_2 = -20 \cdot 2 = -40 \text{ кН};$$
$$M_{x_5} = +qa_2 \frac{a_2}{2} = 20 \cdot 2 \cdot \frac{2}{2} = 40 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Сечение 6. Опять закроем левую часть балки. Получим

$$Q_{y_6} = M_{x_6} = 0.$$

По найденным значениям строим эпюры перерезывающих сил Q_y (рис. 2, б) и изгибающих моментов M_x (рис. 2, в).

Под незагруженными участками эпюра перерезывающих сил идет *параллельно* оси балки, а под распределенной нагрузкой q – по *наклонной прямой* вверх. Под опорной реакцией R_A на эпюре Q_y имеется скачок вниз на величину этой реакции, то есть на 40 кН.

На эпюре изгибающих моментов мы видим излом под опорной реакцией R_A . Угол излома направлен навстречу реакции опоры. Под распределенной нагрузкой q эпюра изменяется по *квадратичной параболы*, выпуклость которой направлена *навстречу* нагрузке. В сечении б на эпюре M_x – экстремум, поскольку эпюра перерезывающей силы в этом месте проходит здесь через нулевое значение.

3. Определяем требуемый диаметр поперечного сечения балки.

Условие прочности по нормальным напряжениям имеет вид:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x\max}}{W_x} \leq [\sigma],$$

где W_x – момент сопротивления балки при изгибе. Для балки круглого поперечного сечения он равен:

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3.$$

Наибольший по *абсолютному* значению изгибающий момент возникает в третьем сечении балки: $M_{x_{\max}} = |M_{x3}| = 8000 \text{ кН}\cdot\text{см}$.

Тогда требуемый диаметр балки определяется по формуле

$$d^{\text{треб}} \geq \sqrt[3]{\frac{|M_{x3}|}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{8000}{0,1 \cdot 16}} = 17,1 \text{ см}.$$

Принимаем $d = 170 \text{ мм}$. Тогда

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{x_{\max}}}{W_x} = \frac{8000}{\frac{\pi \cdot 17^3}{32}} = 16,6 \text{ кН/см}^2 > [\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2.$$

«Перенапряжение» составляет

$$\frac{16,6 - 16}{16} \cdot 100\% = 3,75\% < 5\%,$$

что допускается.

4. Проверяем прочность балки по наибольшим касательным напряжениям.

Наибольшие касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении балки круглого сечения, вычисляются по формуле

$$\tau_{\max} = \frac{4Q_{y_{\max}}}{3F},$$

где $F = \pi d^2/4$ – площадь поперечного сечения.

Согласно эпюре Q_y , наибольшее по *алгебраической* величине значение перерезывающей силы равно $Q_{y_{\max}} = |Q_{y1-5}| = 40 \text{ кН}$. Тогда

$$\tau_{\max} = \frac{4Q_{y_{\max}}}{3F} = \frac{4 \cdot 40}{3 \cdot \frac{\pi \cdot 17^2}{4}} = 0,235 \text{ кН/см}^2 < [\tau] = 8 \text{ кН/см}^2,$$

то есть условие прочности и по касательным напряжениям выполняется, причем, с большим запасом.

Пример 4.2 Для шарнирно опертой балки, нагруженной распределенной нагрузкой интенсивностью $q = 20 \text{ кН/м}$, сосредоточенной силой $P = 50 \text{ кН}$ и сосредоточенным моментом $M = 60 \text{ кН}\cdot\text{м}$ (рис. 3.13),

требуется построить эпюры перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_z и подобрать балку двутаврового поперечного сечения при допуске нормальном напряжении $[\sigma]=16 \text{ кН/см}^2$ и допуске касательном напряжении $[\tau]=8 \text{ кН/см}^2$. Пролет балки $l=6 \text{ м}$.

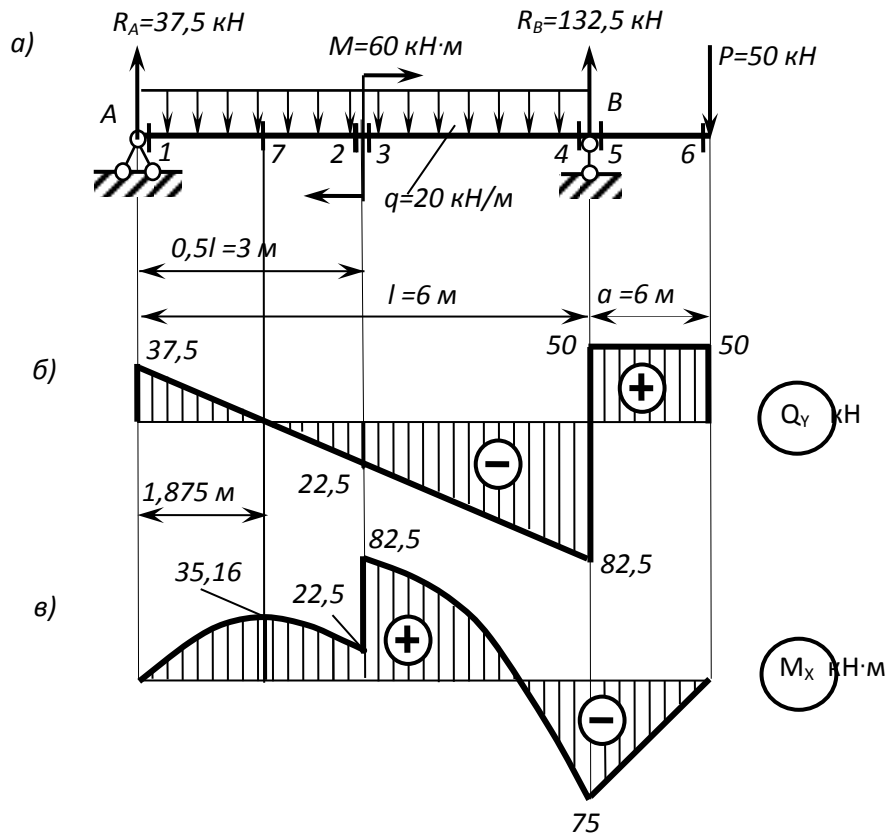


Рис. 3

Решение.

1. Определяем опорные реакции.

Для заданной шарнирно опертой балки необходимо найти три опорные реакции: R_A , H_A и R_B . Поскольку на балку действуют только вертикальные нагрузки, перпендикулярные к ее оси, горизонтальная реакция неподвижной шарнирной опоры A равна нулю: $H_A = 0$.

Направления вертикальных реакций R_A и R_B выбираем произвольно. Направим, например, обе вертикальные реакции вверх. Для вычисления их значений составим два уравнения статики:

$$\sum M_A = 0; \sum M_B = 0.$$

Напомним, что *равнодействующая* погонной нагрузки q , равномерно распределенной на участке длиной l , равна ql , то есть равна площади эпюры этой нагрузки и приложена она в центре тяжести этой эпюры, то есть посередине длины.

Тогда

$$\sum M_A = +R_B l - ql \frac{l}{2} - P \left(l + \frac{l}{4} \right) - M = 0;$$

$$R_B = \frac{ql \frac{l}{2} + P \cdot \left(l + \frac{l}{4} \right) + M}{l} = \frac{20 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} + 50 \cdot \left(6 + \frac{6}{4} \right) + 60}{6} = 132,5 \text{ кН};$$

$$\sum M_B = -R_A l - M - P \frac{l}{4} + ql \frac{l}{2} = 0;$$

$$R_A = \frac{-M - P \frac{l}{4} + ql \frac{l}{2}}{l} = \frac{-60 - 50 \cdot \frac{6}{4} + 20 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2}}{6} = 37,5 \text{ кН}.$$

Делаем проверку: $\sum Y = 0$.

Напомним, что силы, направление которых совпадает с положительным направлением оси y , проектируются (проецируются) на эту ось со знаком плюс:

$$\sum Y = R_A - P + R_B - ql = 0;$$

$$37,5 - 50 + 132,5 - 2 \cdot 60 = 0; \quad 0 = 0,$$

то есть верно.

2. Строим эпюры перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_z .

Разбиваем длину балки на отдельные участки. Границами этих участков являются точки приложения сосредоточенных усилий (активных и/или реактивных), а также точки, соответствующие началу и окончанию действия распределенной нагрузки. Таких участков в нашей задаче получается три. По границам этих участков наметим шесть поперечных сечений, в которых мы и будем вычислять значения перерезывающих сил и изгибающих моментов (рис. 3, а).

Сечение 1. Отбросим мысленно правую часть балки. Для удобства вычисления перерезывающей силы Q_{y_1} и изгибающего момента M_{z_1} , возникающих в этом сечении, закроем отброшенную нами часть балки листком бумаги, совмещая левый край листка бумаги с самим сечением.

Перерезывающая сила в сечении балки равна алгебраической сумме всех внешних сил (активных и реактивных), которые мы видим. В данном случае мы видим реакцию опоры R_A и погонную нагрузку q ,

распределенную на *бесконечно малой* длине. Равнодействующая погонной нагрузки равна нулю. Поэтому

$$Q_{y_1} = +R_A = 37,5 \text{ кН.}$$

Знак «плюс» взят потому, что сила R_A вращает видимую нами часть балки относительно первого сечения (края листка бумаги) *по ходу* часовой стрелки.

Изгибающий момент в сечении балки равен алгебраической сумме моментов всех усилий, которые мы видим, относительно рассматриваемого сечения (то есть относительно края листка бумаги). Мы видим реакцию опоры R_A и погонную нагрузку q , распределенную на *бесконечно малой* длине. Однако у силы R_A плечо равно нулю. Равнодействующая погонной нагрузки также равна нулю. Поэтому

$$M_{x_1} = 0.$$

Сечение 2. По-прежнему будем закрывать листком бумаги всю правую часть балки. Теперь мы видим реакцию R_A и нагрузку q , действующую на участке длиной $l/2$. Равнодействующая погонной нагрузки равна $ql/2$. Она приложена посередине участка длиной $l/2$. Поэтому

$$Q_{y_2} = +R_A - q \frac{l}{2} = +37,5 - 20 \cdot \frac{6}{2} = -22,5 \text{ кН};$$

$$M_{x_2} = +R_A \frac{l}{2} - q \frac{l}{2} \frac{l}{4} = +37,5 \cdot \frac{6}{2} - 20 \cdot \frac{6}{2} \cdot \frac{6}{4} = 22,5 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Напомним, что при определении знака изгибающего момента мы мысленно освобождаем видимую нами часть балки от всех фактических опорных закреплений и представляем ее как бы защемленной в рассматриваемом сечении (то есть левый край листка бумаги нами мысленно представляется *жесткой заделкой*).

Сечение 3. Закроем правую часть. Получим

$$Q_{y_3} = +R_A - q \frac{l}{2} = +37,5 - 20 \cdot \frac{6}{2} = -22,5 \text{ кН};$$

$$M_{x_3} = +R_A \frac{l}{2} - q \frac{l}{2} \frac{l}{4} + M = +37,5 \cdot \frac{6}{2} - 20 \cdot \frac{6}{2} \cdot \frac{6}{4} + 60 = 82,5 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Сечение 4. Закрываем листком правую часть балки. Тогда

$$Q_{y_4} = +R_A - ql = +37,5 - 2 \cdot 60 = -82,5 \text{ кН};$$

$$M_{x_4} = +R_A l - ql \frac{l}{2} + M = +37,5 \cdot 6 - 20 \cdot 6 \cdot \frac{6}{2} + 60 = -75 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Теперь, для контроля правильности вычислений, закроем листком бумаги левую часть балки. Мы видим сосредоточенную силу P , реакцию правой опоры R_B и погонную нагрузку q , распределенную на бесконечно малой длине. Равнодействующая погонной нагрузки равна нулю. Поэтому

$$Q_{y_4} = +P - R_B = +50 - 132,5 = -82,5 \text{ кН};$$

$$M_{x_4} = -P \frac{l}{4} = -50 \cdot \frac{6}{4} = -75 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

То есть все верно.

Сечение 5. По-прежнему закроем левую часть балки. Будем иметь

$$Q_{y_5} = +P = 5 \text{ кН};$$

$$M_{x_6} = -P \frac{l}{4} = -5 \cdot \frac{6}{4} = -7,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Сечение 6. Опять закроем левую часть балки. Получим

$$Q_{y_6} = +P = 50 \text{ кН};$$

$$M_{x_6} = 0.$$

По найденным значениям строим эпюры перерезывающих сил Q_y (рис. 3, б) и изгибающих моментов M_x (рис. 3, в).

Убеждаемся в том, что под незагруженным участком эпюра перерезывающих сил идет параллельно оси балки, а под распределенной нагрузкой q – по *прямой*, имеющей наклон вниз. На эпюре Q_y имеется три скачка: под реакцией R_A – вверх на 37,5 кН, под реакцией R_B – вверх на 132,5 кН и под силой P – вниз на 50 кН.

На эпюре изгибающих моментов мы видим изломы под сосредоточенной силой P и под опорными реакциями. Углы изломов направлены навстречу этим силам. Под распределенной нагрузкой интенсивностью q эпюра изменяется по *квадратичной* параболе, выпуклость которой направлена навстречу нагрузке. Под сосредоточенным моментом – скачок на 60 кН · м, то есть на величину самого момента. В сечении 7 на эпюре M_x – *экстремум*, поскольку эпюра перерезывающей силы для этого сечения проходит через нулевое значение ($Q_{y_7} = 0$). Определим расстояние z_* от сечения 7 до левой опоры.

Перерезывающая сила

$$Q_{y_7} = +R_A - qz_* = +37,5 - 20z_* = 0.$$

Отсюда

$$z_* = \frac{R_A}{q} = \frac{37,5}{20} = 1,875 \text{ м.}$$

Экстремальное значение изгибающего момента в сечении 7 равно:

$$M_{x_7} = +R_A z_* - q z_* \frac{z_*}{2} = +37,5 \cdot 1,875 - 20 \cdot 1,875 \cdot \frac{1,875}{2} = 35,16 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

3. Определяем требуемый момент сопротивления балки из условия прочности по нормальным напряжениям.

Согласно эпюре M_x , максимальный по *алгебраической* величине изгибающий момент возникает в третьем поперечном сечении балки:

$M_{x_{\max}} = |M_{x_3}| = 8250 \text{ кН} \cdot \text{см}$. Тогда

$$W_x^{\text{треб}} \geq \frac{M_{x_{\max}}}{[\sigma]} = \frac{8250}{16} = 516 \text{ см}^3.$$

По сортаменту подбираем двутавр № 30а, имеющий $W_x = 518 \text{ см}^3$.

4. Проверяем прочность балки по наибольшим касательным напряжениям.

Наибольшие касательные напряжения, возникающие в поперечном сечении двутавровой балки, вычисляются по формуле

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{y_{\max}} S_x}{I_x d}.$$

По сортаменту для выбранного нами двутавра определяем, что статический момент *половины* сечения относительно нейтральной оси $S_x = 292 \text{ см}^3$, момент инерции относительно нейтральной оси $I_x = 7780 \text{ см}^4$, а толщина стенки $d = 0,65 \text{ см}$.

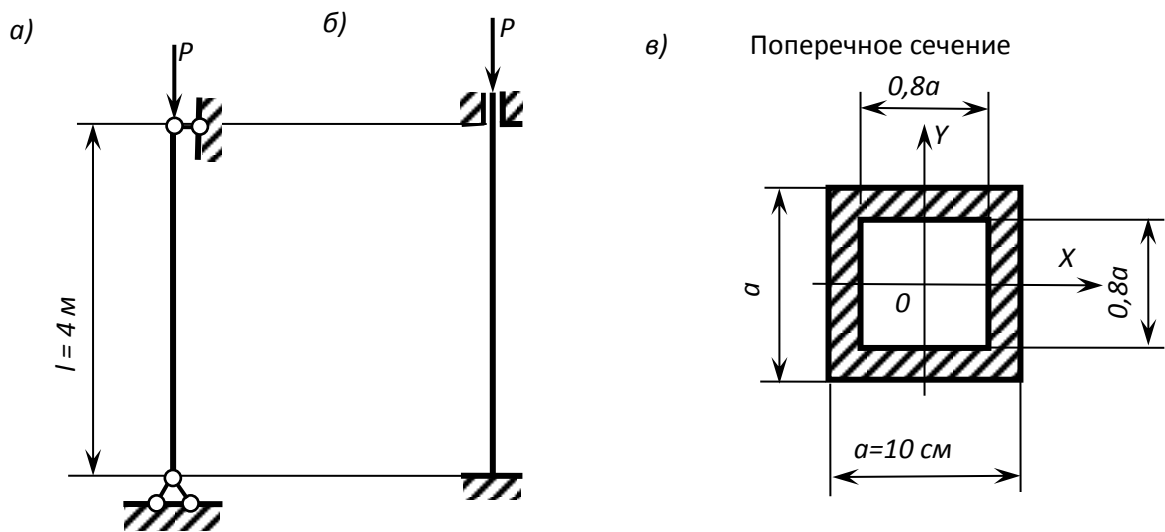
Согласно эпюре Q_y , наибольшее по *алгебраической* величине значение перерезывающей силы $Q_{y_{\max}} = |Q_{y_4}| = 82,5 \text{ кН}$. Тогда

$$\tau_{\max} = \frac{|Q_{y_{\max}}| S_x}{I_x d} = \frac{82,5 \cdot 292}{7780 \cdot 0,65} = 4,76 \text{ кН/см}^2 < [\tau] = 8 \text{ кН/см}^2,$$

то есть условие прочности по касательным напряжениям выполняется.

Задание 5 РГР № 1

Пример 5. Вертикальный стальной стержень (марка стали Ст. 3), поперечное сечение которого показано на рис. 2, сжимается с торца консервативной силой P . Длина стержня $l = 4$ м, $a = 10$ см.



Определить значение критической и допускаемой нагрузки. Вычислить коэффициент запаса устойчивости стержня n_y . Допускаемое напряжение $[\sigma] = 16$ кН/см², модуль Юнга $E = 2 \cdot 10^4$ кН/см². Решение задачи получить для двух вариантов закрепления концов стержня, когда оба конца шарнирно оперты ($\mu = 1$) и оба конца жестко защемлены ($\mu = 0,5$).

Решение.

1. Определяем геометрические характеристики поперечного сечения стержня.

Площадь

$$F = a^2 - (0,8a)^2 = 0,36a^2 = 0,36 \cdot 10^2 = 36 \text{ см}^2.$$

Минимальный осевой момент инерции

$$I_{\min} = I_x = I_y = \frac{a^4}{12} - \frac{(0,8a)^4}{12} = 0,0492a^4 = 0,0492 \cdot 10^4 = 492 \text{ см}^4.$$

Минимальный радиус инерции поперечного сечения стержня

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{F}} = \sqrt{\frac{492}{36}} = 3,70 \text{ см.}$$

2. Вычисляем гибкость стержня λ .

Для случая, когда оба конца стержня шарнирно оперты:

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{1 \cdot 400}{3,70} = 108.$$

Если оба конца стержня жестко защемлены, то

$$\lambda = \frac{\mu l}{i_{\min}} = \frac{0,5 \cdot 400}{3,70} = 54.$$

3. По таблице (прил. 2) для стали марки Ст. 3 определяем коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения φ .

Для случая, когда оба конца стержня шарнирно оперты, линейной интерполяцией находим, что при гибкости $\lambda = 108$ коэффициент уменьшения основного допускаемого напряжения $\varphi = 0,536$.

Если оба конца стержня жестко защемлены, гибкости $\lambda = 54$ соответствует $\varphi = 0,804$.

4. Определяем допускаемую нагрузку.

Условие устойчивости стержня имеет вид:

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq \varphi[\sigma].$$

Отсюда, допускаемая нагрузка равна $[P] = \varphi[\sigma]F$.

Для случая, когда оба конца стержня шарнирно оперты, имеем

$$[P] = \varphi[\sigma]F = 0,536 \cdot 16 \cdot 36 = 309 \text{ кН.}$$

Если же оба конца стержня жестко защемлены, получим

$$[P] = \varphi[\sigma]F = 0,804 \cdot 16 \cdot 36 = 463 \text{ кН.}$$

5. Вычисляем критическую нагрузку.

Критическую нагрузку для шарнирно опертого по концам стержня вычисляем по формуле *Эйлера*, поскольку гибкость стержня больше предельного значения: $\lambda = 108 > \lambda_{np} = 100$. Тогда

$$P_{кр} = P_{э} = \frac{\pi^2 EI_{\min}}{(\mu l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 492}{(1 \cdot 400)^2} = 607 \text{ кН.}$$

Для случая, когда оба конца стержня жестко защемлены, гибкость $\lambda = 54 \ll \lambda_{np} = 100$. Поэтому критическую нагрузку определяем по двум формулам: по формуле *Ясинского*

$$P_{кр} = (a - b\lambda)F,$$

где a и b – эмпирические коэффициенты, и по формуле

$$P_{кр} = \sigma_m F,$$

где σ_m – предел текучести. В результате принимаем меньшее из полученных по этим формулам значение критической нагрузки.

Для стали марки Ст. 3 $a = 31,0 \text{ кН/см}^2$; $b = 0,114 \text{ кН/см}^2$; $\sigma_m = 24 \text{ кН/см}^2$. Тогда по первой формуле найдем

$$P_{кр} = (a - b\lambda)F = (31,0 - 0,114 \cdot 54) \cdot 36 = 894 \text{ кН,}$$

а по второй –

$$P_{кр} = \sigma_m F = 24 \cdot 36 = 864 \text{ кН.}$$

Таким образом, для стержня, концы которого жестко защемлены, $P_{кр} = 864 \text{ кН}$.

6. По формуле $n_y = P_{кр} / [P]$ вычисляем коэффициент запаса устойчивости стержня.

Для случая, когда оба конца стержня шарнирно оперты, имеем

$$n_y = \frac{607}{309} = 1,96.$$

Если же оба конца стержня жестко защемлены, получим

$$n_y = \frac{864}{463} = 1,87.$$

Рекомендуемые значения коэффициента запаса устойчивости для стальных стержней следующие $[n_y] = 1,7 \div 2,0$.

Таким образом, оба найденных нами значения коэффициента запаса устойчивости находятся в рекомендуемых пределах.

Задание 1РГР №2

Пример выполнения структурного анализа шестизвенного механизма.

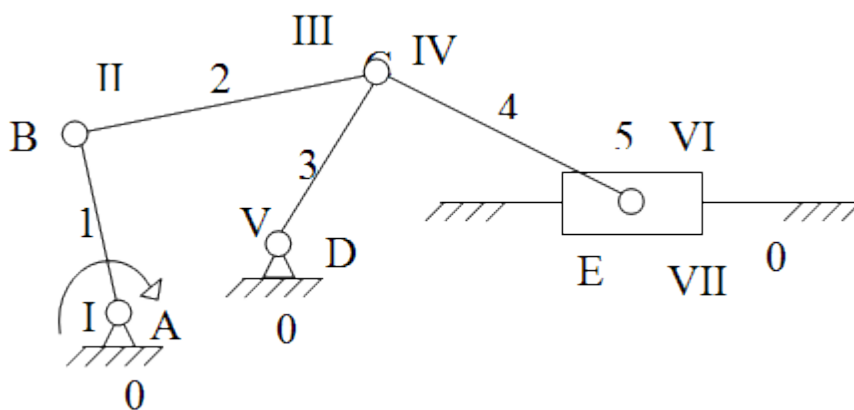


Рис. 1. Кинематическая схема механизма

1. Выделяем неподвижное звено – стойку «0», на которой закреплены неподвижные оси шарниров А и D, а также направляющие ползуна.

2. Нумеруем (арабскими цифрами) и классифицируем подвижные звенья. Для удобства последующего динамического анализа целесообразно нумеровать звенья последовательно от источника энергии (ведущего звена) до наиболее удаленных потребителей.

В рассматриваемом механизме пять подвижных звеньев: звено 1 – кривошип, совершает вращательное движение с полным оборотом на 360^0 ; 2 и 4 – шатуны, совершают плоско - параллельное движение с вращением относительно подвижных осей (положение МЦС изменяется во времени); звено 3 – коромысло, совершает колебательное движение относительно неподвижной оси D; звено 5 – ползун, совершает возвратно - поступательное движение по фиксированным направляющим.

3. Классифицируем кинематические пары (КП), которые определяют относительное движение смежных звеньев.

В некоторых учебниках кинематические пары нумеруют римскими цифрами, например, I, II, III, IV, V, VI и VII на рисунках 2, 3 и 5.

Однако с меньшей вероятностью ошибок классификацию КП удобнее

представить в виде таблицы 2, в которой вместо римской цифры использованы прописные латинские буквы с индексами, которые указывают смежные звенья, соединяемые соответствующими кинематическими парами.

Таблица 1.

<i>№№</i>	<i>Номера смежных звеньев</i>	<i>Цифровой код КП</i>	<i>Вид КП</i>	<i>Обозначение на рис. 2, а, 2, б и в тексте</i>
1	0 - 1	I	1в	A ₀₁
2	1-2	II	1в	B ₁₂
3	2-3	III	1в	C ₂₃
4	3-0	V	1в	D ₃₀
5	2-4 (или 3-4)	IV	1в	C ₂₄ (или C ₃₄)
6	4-5	VI	1в	E ₄₅
7	5-0	VII	1п	5&0

4. Определяем степень подвижности плоского механизма. Как следует из таблицы 2, в рассматриваемом механизме семь кинематических пар с одной подвижностью ($p_1 = 7$), из которых 6 - вращательные (типа «1в») и одна поступательная (типа «1п»). Контактными элементами пар являются поверхности. Пар с двумя подвижностями в механизме нет ($p_2 = 0$).

Все звенья механизма совершают плоское движение, т. е. все его точки перемещаются параллельно одной неподвижной плоскости. Степень подвижности механизма (W) определяем по формуле Чебышева П.Л.

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_1 - p_2 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 7 - 0 = 1,$$

где n - число подвижных звеньев ($n = 5$), p_1 - число низших кинематических пар с одной подвижностью ($p_1 = 7$). Высших (с двумя подвижностями на плоскости) кинематических пар в механизме нет, $p_2 = 0$.

Общее число степеней свободы механизма равно 1, т. е. для работы механизма достаточно одного ведущего звена, в качестве которого может быть использован кривошип АВ.

5. Выделяем структурные группы Ассура. Чтобы выделить структурные группы Ассура (с числом степеней свободы $W = 0$), расчленим механизм на простейшие модули, начиная от наиболее удаленного от ведущего звена. Перед этим целесообразно пары, совмещенные на кинематических схемах (см. рис. 3) в одной точке, в частности, между звеньями 2, 3 и 4, отобразить отдельно, например, как показано на рис. 3, а или на рис. 3, б. Эти две схемы, вообще говоря, соответствуют разным механизмам, отличающимся как по кинематике звеньев 4 и 5 (если оси шарниров, соединяющих звенья 2, 3 и 4, не совмещены в пространстве), так и по усилиям, передаваемым через кинематические пары между звеньями 2 и 3.

Если совместить оси вращательных кинематических пар, соединяющих

указанные звенья, тогда кинематические условия будут однозначно определены, но передаваемые усилия могут изменяться в связи с появлением пассивных сил [4], которые не участвуют в передаче мощности между соединяемыми смежными звеньями за счет того, что в каждый момент времени они направлены ортогонально скорости перемещения этих осей (скалярное произведение ортогональных векторов равно 0!).

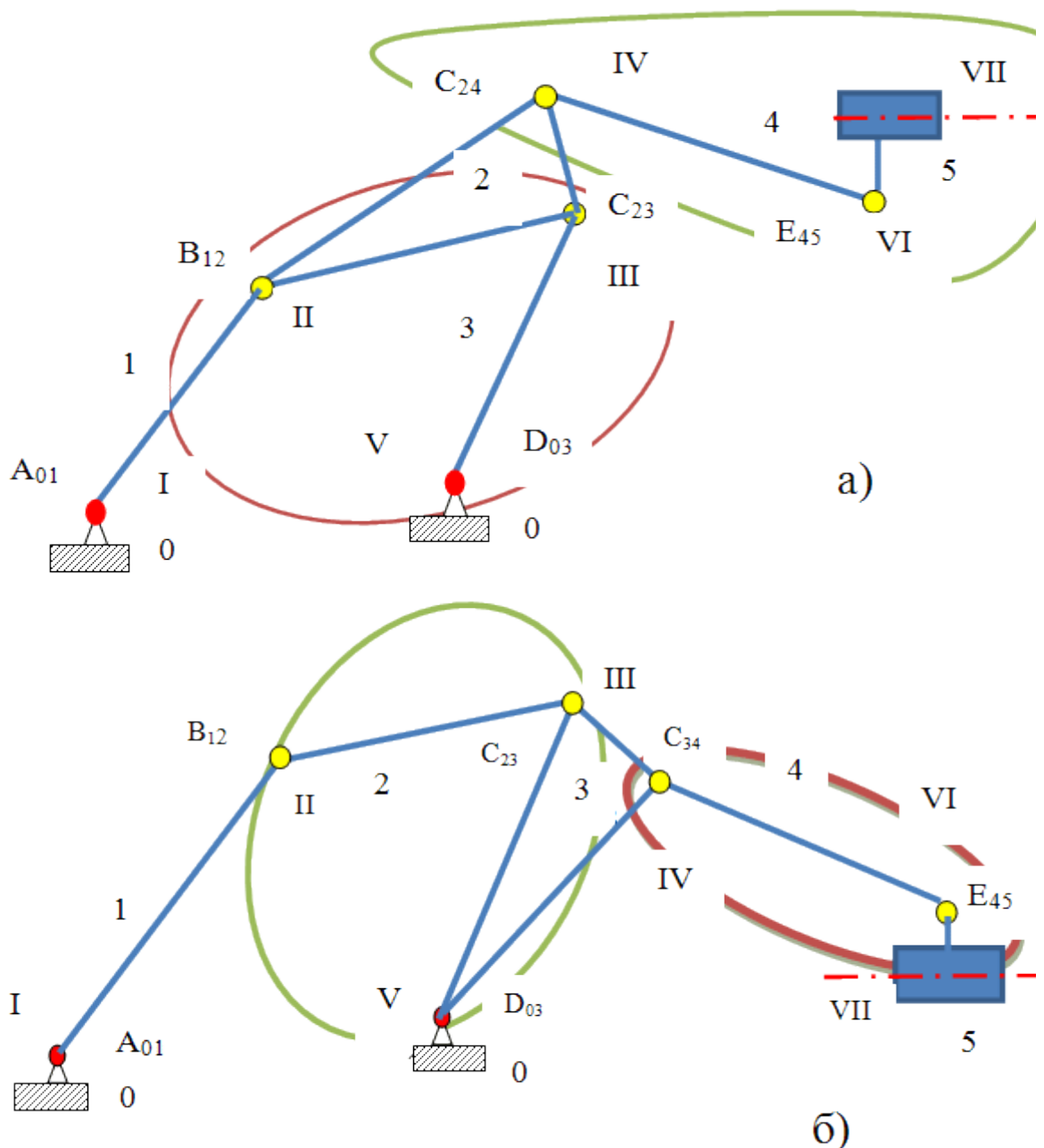


Рис. 2. Возможные кинематические схемы механизма.

Кинематические схемы на рис. 3 с изображением шатуна 2 или коромысла 3 в виде жестких треугольников могут привести к ошибке при классификации механизма, если отнести его к 3 классу (по числу сторон

наиболее сложного замкнутого контура) и 3 порядку (по числу поводков, соединяющих группу с ведущим звеном (начальным механизмом) и стойкой. Чтобы избежать ошибки, надо расчленять механизм на *простейшие* модули, отсоединение которых не нарушает работу оставшейся части механизма. Поэтому выделение надо начинать с двухповодковых групп Ассур 1 класса, приведенных на рис. 1.

Наиболее удаленную группу Ассур образуют шатун 4 и ползун 5 с тремя кинематическими парами: C_{24} , E_{45} , $5\&0$ на рис. 3, а или C_{34} , E_{45} , $5\&0$ на рис. 3, б, из них две кинематические пары относятся к типу «1в» и одна - к типу «1п» ($5\&0$). Поводки на КП C_{24} и $5\&0$ (рис. 3, а) или C_{34} и $5\&0$ (рис. 3, б) соединяют эту структурную группу Ассур (тип ВВП) с шатуном 2 (коромыслом 3 на рис. 3, б) и стойкой 0.

Число степеней свободы (степень подвижности) оставшейся части (звенья 1, 2 и 3) остается равной $W = 1$, как у исходного механизма. Это подтверждает, что первая структурная группа выделена правильно.

Далее отделяем вторую группу (звенья 2 и 3) с тремя кинематическими парами типа «1в» (B_{12} , C_{23} , D_{03} , структурная группа Ассур типа ВВВ). Степень подвижности оставшейся после этого части – начального механизма с кинематической парой A_{01} – остается равной $W=1$.

На рис. 3 показаны группы Ассур отдельно.

Пунктирными стрелками у каждой группы на рис. 4 показаны «поводки», которыми группы присоединяются к остальной части механизма, содержащей приводное звено 1 («начальный механизм»), и стойке 0. Причем такое присоединение предполагается через внедрение принадлежащей присоединяемой группе Ассур кинематической пары в тело стойки или механизма-донора, от которого она будет получать энергию на движение и выполнение технологической операции.

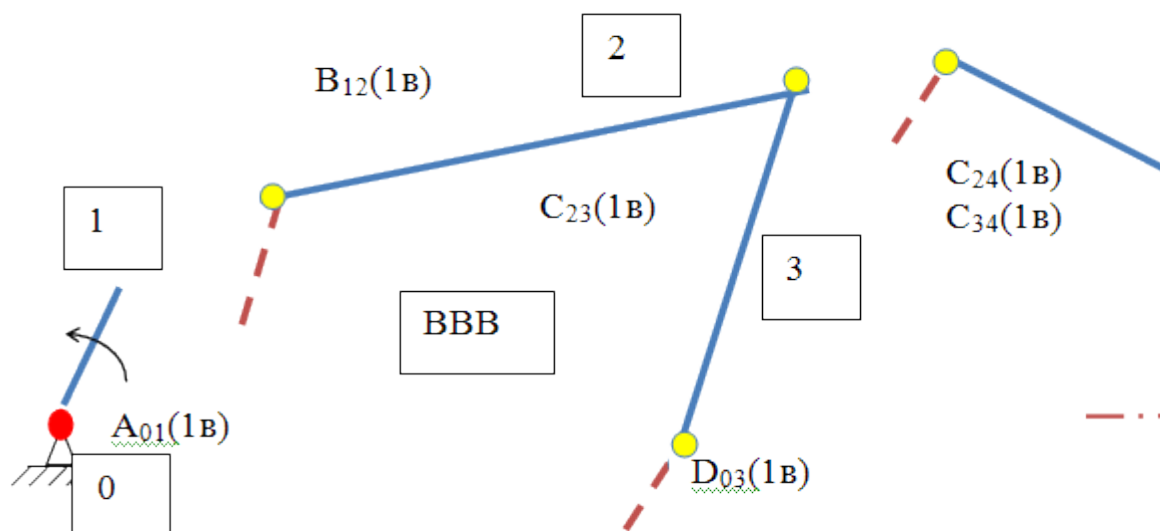


Рис. 3. Структурные группы Ассура.

По Артоболовскому И.И. класс группы определяется числом кинематических пар, образующих наиболее сложный замкнутый контур группы. Порядок группы определяется числом свободных элементов кинематических пар, которыми группа может быть присоединена к начальному механизму и стойке. Обе отделяемые структурные группы относятся ко 2-му порядку и 1 классу, к этому же классу принадлежит и весь механизм.

6. Устранение избыточных связей. Так как предположение о плоско-параллельном движении звеньев относится к идеальному механизму, а в действительности за счет неточности изготовления элементов, прежде всего неортогональности осей плоскости движения звеньев и непараллельности осей вращательных кинематических пар, механизм преобразуется в пространственный, число степеней свободы для реального механизма следует рассчитывать по формуле Малышева

$$W = 6n - (5p_1 + 4p_2 + 3p_3 + 2p_4 + p_5) + q$$

С учетом кинематических пар из таблицы 2 получаем

$$W = 6n - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5 = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 7 = 1 - 6$$

Механизм имеет 6 избыточных связей, которые можно устранить за счет замены низших кинематических пар высшими. Для более предпочтительной с точки зрения энергетических потоков схемы на рис. 1, а один из вариантов устранения избыточных связей приведен в таблице 1 и на рис. 4.

Таблица 1.

№№	Номера смежных звеньев	Вид КП для ППД	Вид КП для пространственного движения	Обозначение на рис. 2а и 2б
1	0 & 1	1в	1в	A ₀₁
2	1&2	1в	3с	B ₁₂
3	2&3	1в	2ц	C ₂₃
4	3&0	1в	1в	D ₃₀
5	2&4	1в	3с	C ₂₄
6	4&5	1в	3с	E ₄₅
7	5&0	1п	1п	

Структурная формула для схемы на рис. 5

$$W = 6n - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5 = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 3 - 4 \cdot 1 - 3 \cdot 3 = 1 + 1$$

т. е. механизм имеет 1 общую степень свободы (требуется одно приводное звено) и 1 местную подвижность: шатун 4 может вращаться в сферических кинематических парах C_{24} и E_{45} . Повышать степень подвижности на неподвижных осях шарниров A_{01} и D_{03} (например, «2ц» вместо «1в») не целесообразно в связи с опасностью нарушения работы всего механизма.

При совмещении в пространстве кинематических пар C_{24} и C_{34} их можно изготовить в виде одной детали с разными диаметрами осей в соответствии с передаваемыми энергетическими потоками (силами), но в этом случае кинематическая пара C_{24} может быть только цилиндрической (типа 2ц) и структурная формула принимает вид

$$W = 6n - 5p_1 - 4p_2 - 3p_3 - 2p_4 - p_5 = 6 \cdot 5 - 5 \cdot 3 - 4 \cdot 2 - 3 \cdot 2 = 1$$

Избыточная подвижность исчезает, но сборка механизма, как и в предыдущем варианте, производится без натягов.

Вариант исполнения механизма в соответствии со структурной схемой, показанной на рис. 4, позволяет разгрузить шарнир C_{23} от энергетического потока, направляемого на движение шатуна 4, ползуна 5, а также для выполнения технологической операции, например, штамповки.

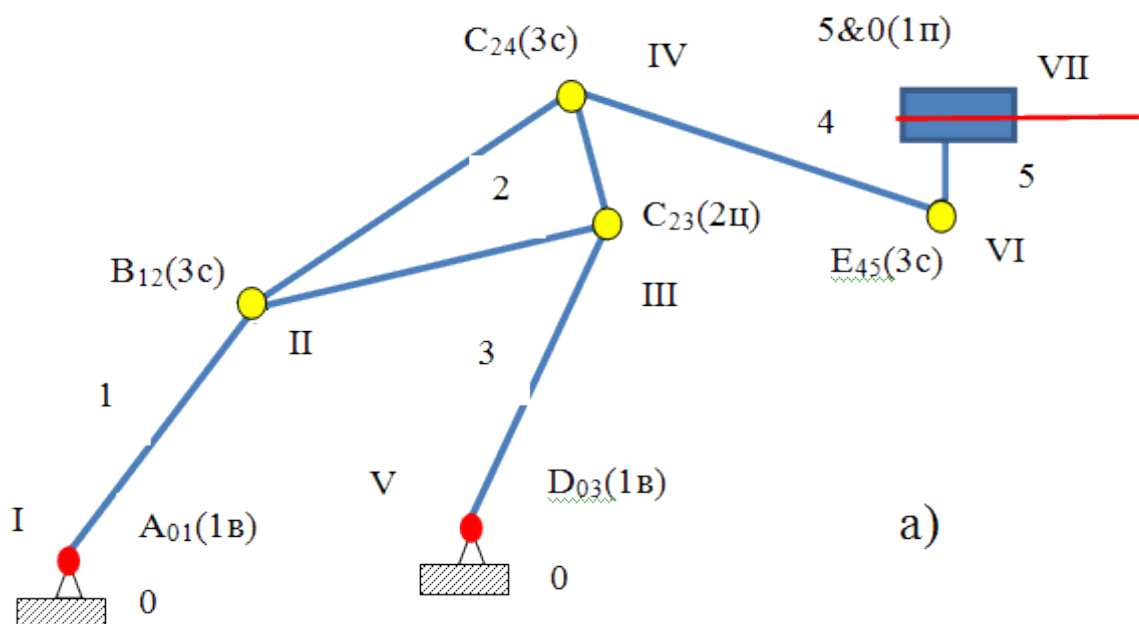


Рис.4

Задание 2 РГР № 2

Рассчитать основные параметры и размеры открытой плоскоремненной горизонтальной передачи от электродвигателя к редуктору привода ленточного транспортера. Передаваемая мощность $P_1 = 7$ кВт, частота

вращения ведущего вала $n_1 = 1440 \text{ мин}^{-1}$, передаточное число $u \approx 4$. Нагрузка с умеренными колебаниями, работа односменная.

Решение.

Выбираем плоский приводной резинотканевый ремень с прокладками из комбинированных (полиэфирных и хлопчатобумажных) нитей в основе с номинальной прочностью прокладки 55 Н/мм и приведенной рабочей нагрузкой $q=3$ Н/мм (в стандарте она называется максимально допускаемой рабочей нагрузкой).

Определяем минимальный диаметр малого шкива D_{min} по формуле М. А. Саверина, учитывая что

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} = \frac{1440\pi}{30} = 150 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Тогда

$$D_{min} = (0,052 \dots 0,061) \sqrt[3]{\frac{P_1}{\omega_1}} = (0,052 \dots 0,061) \sqrt[3]{\frac{7 \cdot 10^3}{150}} = 0,187 \dots 0,22 \text{ м}.$$

Принимаем диаметр D_1 равным ближайшему стандартному значению из следующего ряда (мм): 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200 и так далее до 2000. Тогда $D_2 \approx uD_1 = 4 \cdot 200 = 800 \text{ мм}$, что соответствует стандарту.

Определяем окружную скорость ремня

$$v = \frac{\omega_1 D_1}{2} = \frac{150 \cdot 0,2}{2} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

что для резинотканевых ремней вполне приемлемо.

Определяем минимальное межосевое расстояние

$$a_{min} = 2(D_1 + D_2) = 2(200 + 800) = 2000 \text{ мм} = 2 \text{ м}.$$

Принимаем $a=2000 \text{ мм}$.

Проверяем угол обхвата на малом шкиве (для открытой плоскоремненной передачи с $i \leq 5$ минимальный угол обхвата $[\alpha] = 150^\circ$)

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{D_2 - D_1}{a} \cdot 57^\circ = 180^\circ - \frac{0,8 - 0,2}{2} \cdot 57^\circ \approx 163^\circ > [\alpha] = 150^\circ.$$

Определяем расчётную длину ремня

$$L_p = 2a + \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} = 2 \cdot 2 + \frac{\pi(0,2 + 0,8)}{2} + \frac{(0,8 - 0,2)^2}{4 \cdot 2} = 5,615 \text{ м}.$$

В большинстве случаев резинотканевые ремни выпускают в рулонах, поэтому для сшивки концов длину ремня увеличивают против расчётной на 100-400 мм. Добавляем на сшивку ремня, например, 185 мм (этот размер будет зависеть от способа соединения концов ремня). Тогда общая длина $L=5,8$ м.

Проверяем число пробегов ремня

$$\Pi = \frac{v}{L_p} = \frac{15}{5,615} = 2,66 < [\Pi] = 5 \text{ с}^{-1}.$$

Находим окружную силу

$$F_t = \frac{P}{v} = \frac{7 \cdot 10^3}{15} = 467 \text{ Н}.$$

Определяем допускаемую рабочую нагрузку на миллиметр ширины одной прокладки

$$[q] = \frac{q C_0 C_\alpha C_v}{C_p},$$

C_0 - коэффициент, учитывающий тип передачи и её расположение, для открытых горизонтальных передач и любых передач с автоматическим натяжением ремня $C_0 = 1$, при угле наклона межосевой линии к горизонту более 60° $C_0 = 0,9 \dots 0,8$, так как при больших углах наклона передачи вес ремня ухудшает его сцепление с нижним шкивом; C_α - коэффициент угла обхвата малого шкива:

$\alpha_1,^\circ$	180	170	160	150
C_α	1,0	0,97	0,94	0,91

C_v - коэффициент влияния центробежных сил, зависящий от скорости v ремня:

$v, \text{ м/с}$	1	10	20	30
C_v	1,04	1,0	0,88	0,68

C_p - коэффициент динамичности и режима работы, при односменной работе и характере нагрузки: спокойная $C_p = 1$, умеренные колебания $C_p = 1,2$, ударная $C_p = 1,3$; при двусменной работе значения повышаются на 15%, при трёхсменной – на 40%.

$C_0 = 1$ (открытая ременная горизонтальная передача), $C_\alpha = 0,95$ (угол обхвата на малом шкива 163° , значение получено

интерполяцией), $C_v = 0,94$ (скорость ремня 15 м/с, значение получено интерполяцией), $C_p = 1,2$ (нагрузка с умеренными колебаниями, работа односменная)

$$[q] = \frac{q C_0 C_\alpha C_v}{C_p} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,94}{1,2} = 2,24 \frac{H}{мм}$$

По табл. 1 определяем количество прокладок в зависимости от скорости ремня и диаметра малого шкива. Количество прокладок $i=5$.

Таблица. 1

Количество прокладок	Диаметр шкива, мм, для скорости ремня до, м/с					
	5	10	15	20	25	30
3	80	100	112	125	140	160
4	112	125	160	180	200	225
5	160	180	200	225	250	280
6	250	280	320	360	400	450

Определяем ширину ремня

$$b = \frac{F_t}{i[q]} = \frac{467}{5 \cdot 2,24} = 41,7 \text{ мм}$$

Ширина резиноканевых ремней выбирается из стандартного ряда (мм): 20; 25; 32; 40; 50; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125 и так далее до 1200. Принимаем ближайшее большее значение из стандартного ряда $b=50$ мм.

Находим ширину шкива

$$B = 1,1b + 10 = 1,1 \cdot 50 + 10 = 65 \text{ мм}$$

Принимаем ближайшее значение ширины шкива из стандартного ряда $B = 63$ мм.

Вычислим нагрузку на валы и опоры, приняв удельную силу предварительного натяжения $q_0 = 2,25$ Н/мм (при малом межосевом расстоянии $q_0 = 2$ Н/мм, при большом межосевом расстоянии $q_0 = 2,25$ Н/мм, при автоматическом натяжении $q_0 = 2,25$ Н/мм), тогда

$$R = 2F_0 \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right),$$

где F_0 - сила предварительного натяжения ремня, для резиноканевых ремней определяется по формуле $F_0 = q_0 b i$.

$$R = 2q_0 b i \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) = 2 \cdot 2,25 \cdot 50 \cdot 5 \cdot \sin\left(\frac{163^\circ}{2}\right) = 2 \cdot 2,25 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 0,99 = 1115 \text{ Н.}$$

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

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 № 2, Хабаровский край, город Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, 27, Аудитория	Межфакультетская учебно-научная лаборатория разрушающих методов контроля (механических испытаний) на 12 рабочих мест.	Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью (столы, стулья, доска маркерная, доска меловая); 6ПЭВМ: 2 персональных	Проведение лабораторных и практических занятий

133/2		<p>компьютеров Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz, 1 персональный компьютер Intel(R) Core(TM) i3-2370M CPU @ 2.40GHz, 1 персональный компьютер Intel(R) Core(TM) i3-2120 CPU @ 3.30GHz; 1 персональный компьютер Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.20GHz, 1 персональный компьютер AMD E1-1200 APU with Radeon(tm) HD Graphics;</p> <p>1 LED-телевизор DEXP 60" и ПЭВМ для демонстрации визуального материала;</p> <p>программный комплекс Zetlab; акселерометр BC 110;</p> <p>усилитель аналогового сигнала; весы; линейка; ударный молоток 8202; лабораторный акустико-эмиссионный комплекс на базе промышленной ЭВМ с усилителями и преобразователями; испытательный пресс ИП-100М-авто; испытательный пресс ИП-2500-М-авто; испытательная машина 3382</p>	
-------	--	--	--

		<p>INSTRON;</p> <p>установка для проведения испытаний на усталость МУИ-6000; маятниковый копер JB-W300;</p> <p>станок для нанесения U- или V-образного концентратора; криогенная камера JB-W300;</p> <p>комплекс твердомеров Роквелла и Бринелля</p>	
<p>Учебный корпус</p> <p>№ 1, Хабаровский край, город Комсомольск-на-Амуре, ул. Ленина, 27, литер А, помещение 17,</p> <p>аудитория 209/1</p>	<p>Компьютерный класс на 14 рабочих мест</p>	<p>Помещение оснащено:</p> <p>специализированной (учебной) мебелью (столы, стулья, доска аудиторная комбинированная);</p> <p>набором демонстрационного оборудования для представления информации: интерактивная доска Triumph Board с мультимедиа-проектором BenQ MX 518;</p> <p>МФУ HP LaserJet Professional M1212nf MFP;</p> <p>14 компьютеров Intel(R) Core (TM) i5-3330 CPU.</p> <p>Выход в интернет.</p>	<p>Проведение лекционных и практических занятий в виде презентаций</p>

