

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»
Рязанский станкостроительный колледж РГРТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по дисциплине

ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Контрольная работа №2

Специальность	15.02.08 Технология машиностроения
Форма обучения	заочная

Рязань 2023

Рассмотрено и рекомендовано к утверждению на заседании цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин

Протокол №5 от 19.04.2023

Председатель комиссии Агарков В.А.

Разработчик: Васильев Н.Н., преподаватель РССК «РГРТУ»

1 Введение

1.1 Предисловие

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика», в соответствии с ФГОС СПО по специальности СПО 15.02.08 Технология машиностроения.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины «Техническая механика» студентами колледжа.

«Техническая механика» состоит из трёх разделов:

- «Основы теоретической механики»;
- «Сопротивление материалов»;
- «Детали механизмов и машин».

Рабочей программой учебной дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация: во втором семестре (1 курс) – в форме дифференцированного зачёта, в третьем семестре (2 курс) – в форме экзамена.

Студенты заочной формы обучения должны выполнить по технической механике две контрольные работы:

- контрольная работа №1 (первый курс, второй семестр),
- контрольная работа №2 (второй курс, третий семестр).

К дифференцированному зачёту и к экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие домашние контрольные работы.

Вариант задания определяется по шифру (номеру зачётной книжки студента). Номер варианта – **двухзначное** число, равное сумме всех цифр шифра без учёта года поступления. Например, шифр **182–15**, где 15- год поступления в колледж. $1+8+2 = 11$, следовательно, **вариант №11**. Или, шифр **205–15**, $2+0+5=7$. Так как номер варианта – число **двухзначное**, то вариант **№07**.

Номера задач, которые студент должен решить в соответствии со своим вариантом, приведены в таблице 1.

1.2 Требования, предъявляемые к домашней контрольной работе:

1. Правильно, подробно и аккуратно переписать задание контрольной работы по своему варианту. Работы, выполненные по другому варианту, возвращаются без проверки.

2. Решения сопровождать пояснениями, указывать единицы величин.

3. Работу выполнять чернилами (пастой) разборчиво.

4. В тетради необходимо оставлять поля и место после решённой задачи для замечаний и заключения преподавателя.

5. Страницы пронумеровать.

6. В конце работы привести перечень литературы, проставить дату выполнения работы и подпись.

1.3 Разбивка по вариантам контрольных работ

Таблица 1

№ варианта	Номера задач									
	Контрольная работа 1					Контрольная работа 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00	1	11	22	31	41	51	61	77	81	91
01	2	12	21	32	42	52	62	78	82	92
02	3	13	25	33	43	53	63	80	83	93
03	4	14	27	34	44	54	64	79	84	94
04	5	16	23	35	45	56	66	75	86	96
05	6	15	29	36	47	55	65	76	85	95
06	7	18	24	37	46	58	69	72	88	99
07	8	17	30	39	48	57	70	74	87	100
08	9	20	26	38	49	60	67	73	90	97
09	10	19	28	40	50	59	68	71	89	98
10	10	19	28	38	47	59	69	74	82	93
11	1	18	22	39	48	53	62	75	81	92
12	2	20	21	40	49	51	68	72	83	98
13	3	11	25	31	50	57	67	71	84	97
14	4	13	27	32	41	55	65	77	86	95
15	5	12	23	33	42	56	70	73	85	100
16	6	15	29	34	43	60	64	80	88	94
17	7	14	24	35	44	54	66	78	87	96
18	8	17	30	39	45	58	61	76	90	91
19	9	16	26	37	46	52	69	79	89	99
20	9	16	26	35	43	59	65	76	82	95
21	10	15	28	36	44	57	64	79	81	94
22	1	18	22	37	45	54	67	74	84	97
23	2	17	21	38	46	53	66	75	83	96
24	3	20	25	36	47	56	69	71	86	99
25	4	19	27	40	48	55	68	72	85	98
26	5	12	23	31	49	58	61	77	88	91
27	6	11	29	32	50	51	70	73	87	100
28	7	14	24	33	41	60	63	80	90	93
29	8	13	30	34	42	52	62	78	89	92
30	8	18	30	39	48	52	68	72	82	98
31	9	19	26	40	48	51	66	75	81	96
32	10	12	38	31	50	54	70	73	84	100
33	1	11	22	32	41	53	69	71	83	99
34	2	14	21	33	43	56	62	78	86	92

Продолжение табл.1

	Контрольная работа 1					Контрольная работа 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
35	3	13	25	34	42	55	61	77	85	91
36	4	16	27	35	44	58	64	79	88	94
37	5	15	23	36	45	57	63	80	87	93
38	6	17	29	37	46	59	65	76	89	95
39	7	20	24	38	47	52	67	74	82	97
40	6	14	29	31	41	60	66	75	90	96
41	7	11	24	32	42	54	69	71	84	99
42	8	12	30	34	43	53	68	72	83	98
43	9	16	26	35	47	56	61	77	86	91
44	10	15	28	36	44	55	70	73	85	100
45	1	18	22	37	45	58	63	80	88	93
46	2	17	21	38	46	57	62	78	87	92
47	3	20	25	39	49	60	65	76	90	95
48	4	19	27	40	48	59	64	79	89	94
49	5	13	23	32	50	51	67	74	81	97
50	1	15	22	33	44	59	66	75	89	96
51	2	12	21	34	45	60	65	76	90	95
52	3	14	25	33	46	57	68	72	87	98
53	4	13	27	35	47	58	67	74	88	97
54	5	16	23	37	48	55	70	73	85	100
55	6	17	29	36	49	56	79	71	86	99
56	7	18	24	39	50	53	62	78	83	92
57	8	19	30	38	41	54	61	77	84	91
58	9	11	26	31	42	51	64	79	81	94
59	10	20	28	40	43	52	63	80	82	93
60	5	15	23	36	44	54	62	78	84	92

2 ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Паспорт рабочей программы учебной дисциплины «Техническая механика».

2.1.1 Область применения программы

Рабочая программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.08 Технология машиностроения.

2.1.2 Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена:

Учебная дисциплина «Техническая механика» относится к профессиональному циклу.

Особое значение дисциплина имеет при формировании и развитии следующих общих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность. ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Использовать конструкторскую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок и схемы их базирования.

ПК 1.3. Составлять маршруты изготовления деталей и проектировать технологические операции.

ПК 1.4. Разрабатывать и внедрять управляющие программы обработки деталей.

ПК 1.5. Использовать системы автоматизированного проектирования технологических процессов обработки деталей.

ПК 2.1. Участвовать в планировании и организации работы структурного подразделения.

ПК 2.2. Участвовать в руководстве работой структурного подразделения.

ПК 2.3. Участвовать в анализе процесса и результатов деятельности подразделения

ПК 3.1. Участвовать в реализации технологического процесса по изготовлению деталей.

ПК 3.2. Проводить контроль соответствия качества деталей требованиям технической документации.

ПК 4.1 Проверять техническое состояние универсального токарно-винторезного станка или токарного станка с программным управлением, выбирать стандартную технологическую оснастку, подготавливать станок к работе, для станка с программным управлением - составлять управляющую программу.

ПК 4.2 Выполнять токарную обработку заготовок на универсальном токарно-винторезном станке или токарном станке с программным управлением с применением стандартного режущего инструмента и универсальных приспособлений.

2.1.3 Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины студент должен

уметь:

- производить расчёты механических передач и простейших сборочных единиц;
- читать кинематические схемы;
- определять напряжения в конструктивных элементах.

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- основы технической механики;
- виды механизмов, их кинематические и динамические характеристики;
- методику расчёта элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость при различных видах нагружений;
- основы расчётов механических передач и простейших сборочных единиц общего назначения.

2.1.4. Количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

максимальная учебная нагрузка обучающегося 240 часов, в том числе:

обязательная аудиторная нагрузка обучающегося 32 часа;

самостоятельная работа обучающегося 208 часов.

2.2. Содержание учебной дисциплины
техническая механика

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа	Объем часов	Источники (номер и страницы)	Номера задач
Раздел 1. Теоретическая механика		64		1÷10

Статика				
Тема 1.1 Основные понятия и аксиомы статики Тема 1.2 Плоские системы сил	<i>Содержание учебного материала:</i> Содержание теоретической механики. Основные понятия и аксиомы статики	2	[1] 5;7;	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i> Определение опорных реакций балок	2	36	
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Плоская система сходящихся сил. Силовой многоугольник. Определение равнодействующей. Условия равновесия. Плоская система произвольно расположенных сил. Приведение системы к центру. Равновесие плоской системы произвольно расположенных сил. Определение опорных реакций балок. Связи с трением. Решение задач: Определение проекции силы на ось. Определение момента силы относительно точки. Определение реакций связи.	30	[1] 5;12; 15;21; 29;33÷36; 155	
Тема 1.3. Центр тяжести тела	<i>Содержание учебного материала:</i> Сила тяжести. Центр тяжести. Координаты центра тяжести твердого тела	2	[1] 42÷46	11÷20
	<i>Лабораторное занятие:</i> Определение координат центра тяжести плоских составных фигур.	2		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Решение задач: Определение координат центра тяжести плоских фигур, составленных из стандартных профилей проката.	4	[1] 42÷46	
Кинематика. Динамика.				
Тема 1.4. Основные понятия кинематики.	<i>Содержание учебного материала:</i> Основные понятия кинематики. Кинематика точки. Способы задания движения точки. Скорость и ускорения точки. Поступательное движение твердого тела. Вращательное движение. Угловая скорость, угловое ускорение. Частота вращения. Скорость и ускорения точек вращающегося тела. Виды вращательного движения.	2	[1] 128÷ 133; 136÷ 139	21÷30
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
Тема 1.5. Основные понятия и аксиомы динамики. Работа и мощность.	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Динамика точки. Основные понятия динамики. Аксиомы динамики. Масса материальной точки. Работа постоянной силы. Мощность. Коэффициент полезного действия Работа равнодействующей. Работа силы тяжести. Работа и мощность при вращательном движении. Решение задач: Скорость и ускорения материальной точки. Определение кинематиче-	20	[1] 146÷ 151; [1] 152÷ 157; [1] 153	31÷40

	ских характеристик твёрдого тела при равнопеременном вращении. Выполнение контрольной работы.			
Раздел 2. Сопротивление материалов		80		
Тема 2.1. Основные понятия Тема 2.2. Растяжение и сжатие	<i>Содержание учебного материала:</i> Задачи сопротивления материалов Метод сечений. Внутренние силовые факторы. Виды нагружений. Напряжения. Растяжение-сжатие. Продольная сила. Нормальные напряжения. Эпюры продольных сил и нормальных напряжений.	2	[1] 54÷ 57	41÷50
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Деформации упругие и пластические. Допущения и гипотезы. Классификация элементов конструкций и нагрузок. Продольные и поперечные деформации. Закон Гука. Испытания материалов на растяжение и сжатие при статической нагрузке. Расчёты на прочность при растяжении и сжатии. Решение задач: Построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений. Расчёты на прочность при растяжении-сжатии. Определение перемещений поперечных сечений. Выполнение контрольной работы.	27	[1] 54÷ 57 61÷ 72	
Тема 2.3. Геометрические характеристики поперечных сечений.	<i>Содержание учебного материала:</i> Осевые и полярные моменты инерции сечений	-		
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Осевые и полярные моменты инерции сечений. Решение задач: Определение осевых моментов инерции составных сечений, имеющих оси симметрии.	3	[1] 46÷ 48	
Тема 2.4. Кручение	<i>Содержание учебного материала:</i> Кручение. Крутящий момент. Кручение бруса круглого поперечного сечения. Допущения. Напряжение	2	[1] 81÷ 83	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Угол закручивания. Расчёты на прочность и жёсткость при кручении. Решение задач: Построение эпюр крутящих моментов и максимальных касательных	7	84÷ 88	

	напряжений. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на прочность и жёсткость. Выполнение контрольной работы.			
Тема 2.5. Изгиб.	<i>Содержание учебного материала:</i> Основные понятия и определения. Классификация видов изгиба. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Нормальные напряжения при изгибе. Расчёты на прочность и жёсткость.	4	[1] 91÷ 94	51÷60
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i> Расчёты балок на прочность при изгибе с кручением.	2	113÷ 116	
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Понятие о касательных напряжениях при поперечном изгибе. Линейные перемещения поперечных сечений. Решение задач: Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов при нагружении бруса: сосредоточенными силами, моментами, распределённой нагрузкой. Определение максимальных касательных напряжений.	23	106÷ 110	
Тема 2.6. Растяжение, сжатие и изгиб бруса большой жёсткости. Внецентренное растяжение и сжатие.	<i>Содержание учебного материала:</i> Изгиб с растяжением и сжатием. Определение напряжений. Опасные точки. Внецентренное растяжение и сжатие. Расчёты на прочность.	-		
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Изгиб с растяжением и сжатием. Определение напряжений. Опасные точки. Внецентренное растяжение и сжатие. Расчёты на прочность. Решение задач: Проверочный расчёт на прочность бруса при внецентренном растяжении (сжатии).	6		
Тема 2.7. Гипотезы прочности и их применение.	<i>Содержание учебного материала:</i> Напряжённое состояние в точке тела. Эквивалентное напряжение. Гипотезы прочности. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением	-	[1] 110	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Напряжённое состояние в точке тела. Эквивалентное напряжение. Гипотезы прочности. Расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением Решение задач: Проверочный расчёт бруса круглого поперечного сечения на изгиб с	4	[1] 113	61÷70

	кручением. Выполнение контрольной работы.			
Раздел 3. Детали механизмов и машин.		96		
Тема 3.1. Основные положения. Тема 3.2. Общие сведения о механических передачах.	<i>Содержание учебного материала:</i> Задачи раздела. Машина, деталь, сборочная единица, механизм. Требования, предъявляемые к деталям и машинам. Назначение механических передач и их классификация. Передаточное число. Передаточное отношение. Основные кинематические и силовые соотношения.	2	[1] 166÷ 168	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Материалы, применяемые в машиностроении. Решение задач: Чтение кинематических схем. Расчёт кинематических и динамических характеристик механизмов. Выполнение контрольной работы	7	[1] 193	
Тема 3.3. Механические передачи.	<i>Содержание учебного материала:</i> Зубчатые передачи. Общие сведения, классификация, область применения. Материалы. Краткие сведения об изготовлении. Виды разрушений зубьев зубчатых колёс. Цилиндрические косозубые, прямозубые и шевронные передачи. Диаметральные параметры, силы в передачах. Червячные передачи. Общие сведения, классификация. Материалы. Передача с Архимедовым червяком. Геометрические соотношения, передаточное число. Силы в передаче.	4	[1] 199÷ 214 216÷ 218	
	<i>Лабораторные занятия:</i> Определение параметров зубчатых колёс по их замерам. Изучение конструкции зубчатого редуктора. Изучение конструкции червячного редуктора.	6		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
Механические передачи.	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Основы расчёта на контактную прочность и изгиб цилиндрических зубчатых передач. Конические зубчатые передачи. Общие сведения, основные геометрические соотношения. Силы в передачах. Основы расчёта на контактную прочность и изгиб. Передачи с зацеплением Новикова, общие	45		71÷80

	<p>сведения. Планетарные зубчатые передачи, принцип работы, устройство.</p> <p>Передачи винт-гайка скольжения. Общие сведения, классификация.</p> <p>Виды разрушений, материалы. Основы расчёта передач.</p> <p>Основы расчёта червячной передачи на контактную прочность, изгиб и теплового расчёта.</p> <p>Ремённые передачи. Общие сведения, классификация. Основные геометрические соотношения. Передаточное число. Силы в передачах. Основы расчёта по тяговой способности.</p> <p>Цепные передачи. Общие сведения, классификация. Основные геометрические соотношения. Передаточное число. Силы в передачах. Основы проектного и проверочного расчётов.</p>		<p>[1]</p> <p>187÷189; 216</p> <p>[1]</p> <p>222</p> <p>[1]</p> <p>224</p>	
Тема 3.4. Валы и оси.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Валы и оси. Назначение, классификация. Материалы валов и осей. Проектный и проверочный расчёты.</p>	-	[1] 235	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p>Изучение теоретического материала: Валы и оси. Назначение, классификация. Материалы валов и осей. Проектный и проверочный расчёты.</p>	9	235÷ 242	
Тема 3.5. Подшипники.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Общие сведения. Подшипники качения. Классификация, обозначения..</p>	1	[1] 247	81÷90
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p>Изучение теоретического материала: Подшипники скольжения. Классификация, область применения. Материалы, смазка. Расчёты на износостойкость и теплостойкость</p> <p>Смазка и уплотнения подшипников.</p> <p>Решение задач:</p> <p>Подбор подшипников качения по динамической грузоподъёмности.</p> <p>Выполнение контрольной работы.</p>	8	[1] 247÷ 251	
Тема 3.6. Муфты.	<p><i>Содержание учебного материала:</i></p> <p>Назначение и классификация. Устройство основных типов муфт.</p> <p>Подбор стандартных муфт.</p>	-	[1] 256	
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<p><i>Самостоятельная работа обучающихся:</i></p> <p>Изучение теоретического материала: Назначение и классификация. Устройство</p>	5	[1] 256÷ 258	

	основных типов муфт. Подбор стандартных муфт.			
Тема 3.7. Соединения деталей машин.	<i>Содержание учебного материала:</i> Шпоночные соединения. Назначение, классификация. Проверочные расчёты ненапряжённых шпоночных соединений.	1	[1] 244	91÷ ÷100
	<i>Лабораторное занятие:</i>	-		
	<i>Практическое занятие:</i>	-		
	<i>Самостоятельная работа обучающихся:</i> Изучение теоретического материала: Шлицевые соединения. Классификация, достоинства, недостатки. Проверочные расчёты. Резьбовые соединения. Основные типы резьб. Стандартные крепёжные детали. Расчёт одиночного болта при постоянной нагрузке. Решение задач: Подбор шпонок. Проверочные расчёты ненапряжённых шпоночных соединений. Выполнение контрольной работы.	8	[1] 244÷ 247	
Итоговый контроль: экзамен.				
Всего		240		

3. Задачи для контрольной работы 2

Задачи 51*...60*.

Для двухопорной балки, нагруженной силами F_1 и F_2 и парой сил с моментом M (рис.1), определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил, изгибающих моментов и подобрать размер поперечного сечения (двутавр или два швеллера), приняв $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Данные для своего варианта выбрать из таблицы 2.

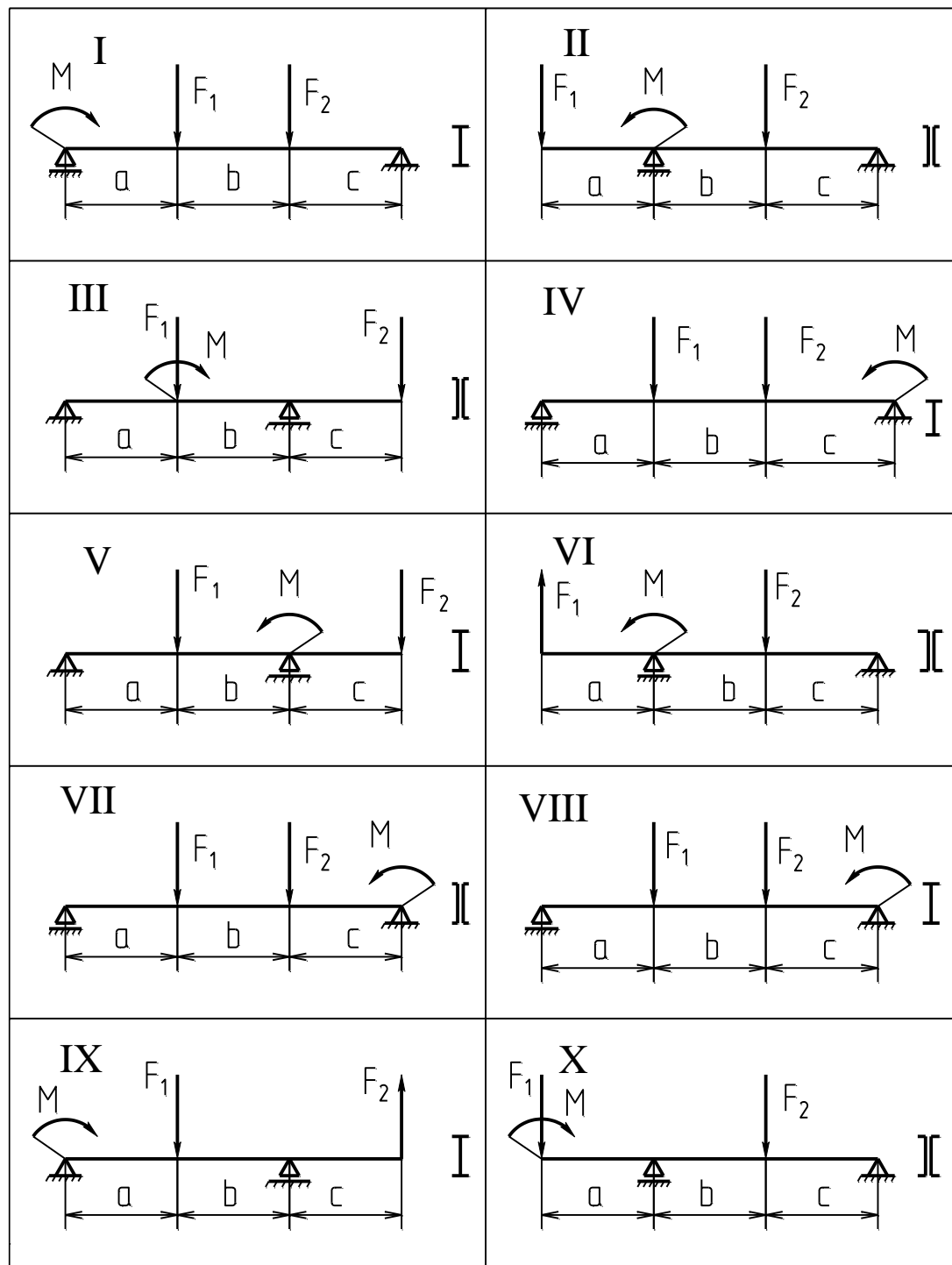


Рис.1

Таблица 2

№ задачи и схемы на рис. 1	Вари- ант	a	b	c	F_1	F_2	M
		m			kH		kHm
1	2	3	4	5	6	7	8
51, I	00	2	2	1	20	10	12
	12	1	2,2	1	12	8	20
	27	1	1,8	2	10	12	15
	31	3	1	1	8	20	10
	49	2	1	2	16	8	8
	58	1	2	2,8	12	20	12
52, II	01	1	2	2	12	20	7
	19	1,2	2,4	2,8	10	30	9
	29	1,5	1	2,8	16	8	5
	30	0,8	2	2	20	10	20
	39	1	2,2	2	25	15	18
	59	1,5	2,3	2,5	15	25	12
53, III	02	1	2,1	0,5	20	1	4
	11	2	2,4	0,8	18	8	2
	23	1,5	2	1	16	2	3
	33	2	1,6	1,2	15	4	5
	42	2	1,6	1,5	12	5	7
	56	2,5	1,5	1	10	2	4
54, IV	03	2,5	2,5	1	1	2	2
	17	1,5	2,5	1	1	4	4
	22	1,5	1	2,5	1,2	6	5
	32	1	1,5	2,5	1,5	2	3
	41	1	2,5	1,5	4	2	6
	57	2	1	1,5	8	4	3
	60	1,5	1,5	1	6	12	7

1	2	3	4	5	6	7	8
55, V	05	2	2,4	0,4	10	5	10
	14	2,2	2	0,5	12	6	12
	25	2,5	2,5	0,6	14	7	13
	35	2,8	1,5	0,8	20	10	15
	44	1,5	2,6	1	18	9	10
	54	1,4	2,8	1,5	8	4	4
56, VI	04	1,2	2,6	2	5	10	10
	15	1	2	2,8	6	12	8
	24	0,8	2,8	1,5	7	14	9
	34	1,5	2,5	2,5	10	20	7
	43	1,2	2,6	1,4	9	18	5
	55	1	2,8	1,5	4	8	3
57, VII	07	1	1,5	2,5	10	12	10
	13	1,5	1	2,5	12	10	8
	21	1,5	2,5	1	20	14	9
	37	2,5	1,5	1	14	20	10
	46	2,5	1	1,5	18	22	8
	52	1	2,5	1,5	22	18	10
58, VIII	06	0,5	1,5	2,8	8	10	8
	18	1,5	0,5	2,8	10	8	3
	26	1,5	2,6	0,5	12	16	2
	36	2,4	1,5	0,6	12	8	5
	45	2,6	0,5	1,5	10	6	4
	53	0,8	2,6	1,5	8	14	7
59, IX	09	1,5	2,6	1	10	12	10
	10	1,8	1,8	1	12	6	12
	20	1	2,8	1,2	14	7	14
	38	1,5	2,8	1,2	16	10	10
	48	2,8	2	1,5	6	4	16
	50	2,5	2,5	1,5	8	16	12

1	2	3	4	5	6	7	8
60, X	08	0,5	1,5	3	10	10	15
	16	0,6	2,5	1,5	8	12	12
	28	0,7	1,5	2,5	12	14	10
	40	1	1,6	2,5	4	16	8
	47	1	2,5	1,5	5	20	9
	51	0,5	0,6	1,5	5	18	5

Задачи 61...70

Мощность на ведомом валу цилиндрической прямозубой передачи P (кВт) (рис.2), угловая скорость ω (рад/с).

Выходной конец вала работает только на кручение. Делительный диаметр зубчатого колеса d (мм) и длины участков вала (мм) указаны на схемах (рис.2).

Построить эпюру крутящего момента, эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях, полагая $F_r = 0,36 F_t$.

Определить из расчётов на прочность и жёсткость диаметр выходного конца вала, приняв $[\tau] = 30$ МПа, $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м, $G = 0,8 \cdot 10^5$ МПа.

Из условий сборки назначить диаметр вала под подшипниками.

Определить диаметр вала под серединой зубчатого колеса, приняв $[\sigma] = 60$ МПа.

В задачах 61...65 расчёт выполнять по гипотезе наибольших касательных напряжений (III гипотеза), а в задачах 66...70 – по гипотезе удельной потенциальной энергии изменения формы (V гипотеза).

Данные для своего варианта выбрать из таблицы 3.

Примечания:

1. Расчётный диаметр выходного конца вала округлить до ближайшего большего целого числа, оканчивающегося на 0; 2; 5; 8.
2. Диаметр вала под подшипниками увеличить по сравнению с диаметром выходного конца до ближайшего целого числа, оканчивающегося на 0 или 5.
3. Диаметр вала под зубчатым колесом должен быть по условиям сборки больше диаметра вала под подшипниками на 1...3 миллиметра и оканчиваться на 2 и 8, а также числа 26; 36; 63.

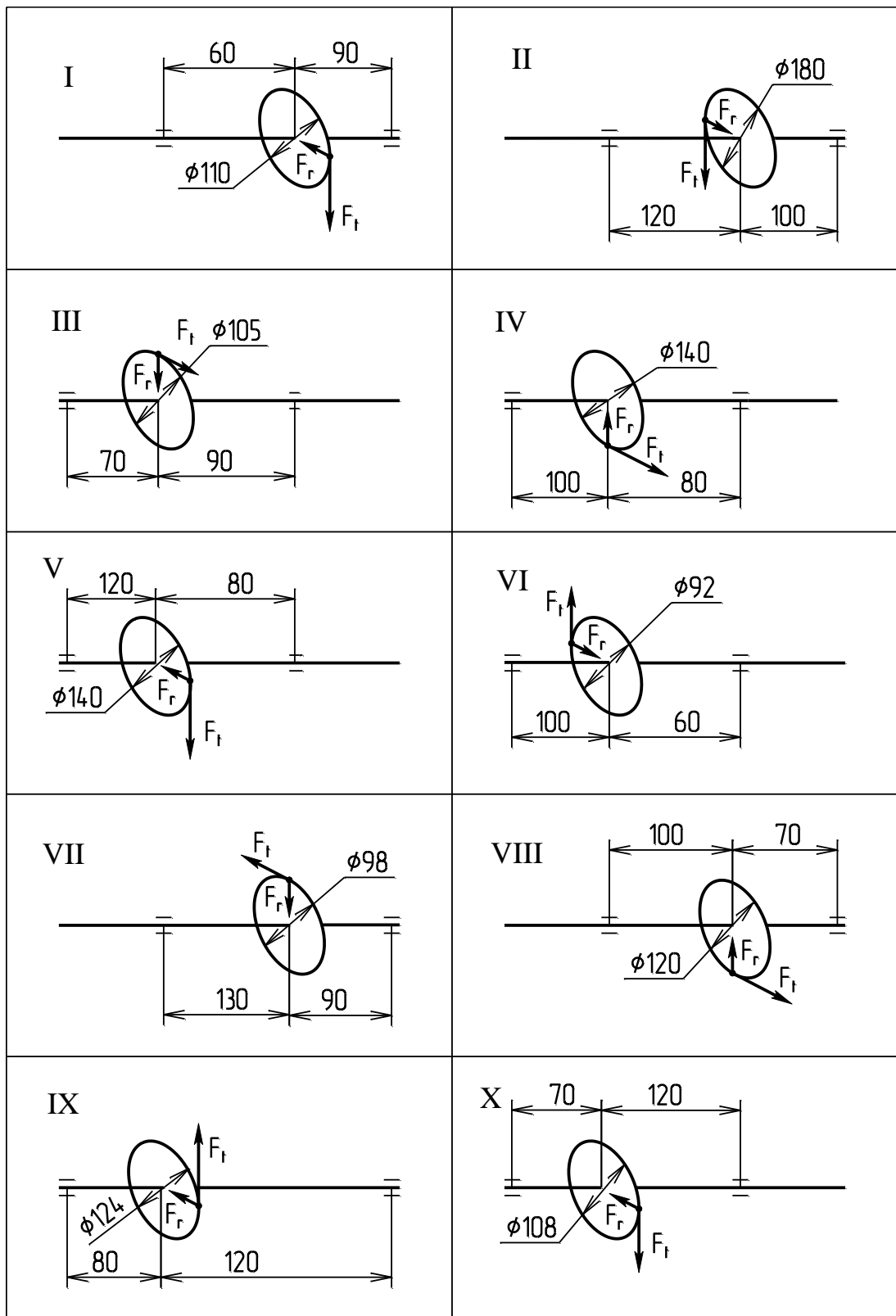


Рис.2

Таблица 3

№ задачи и схемы на рис.2	Вариант	Р кВт	ω Рад/с	№ задачи и схемы на рис.2	Вариант	Р кВт	ω рад/с
1	2	3	4	5	6	7	8
61, I	00	17	70	62, II	01	6	25
	18	15	65		11	8	30
	26	13	50		29	9	35
	35	11	40		34	7	40
	43	16	60		46	10	50
	57	14	55		56	4	25
					60	11	45
63, III	02	4	20	64, IV	03	12	55
	19	7	35		16	14	60
	28	9	40		21	16	65
	37	15	55		36	17	75
	45	17	65		48	17	70
	59	10	38		58	15	65
65, V	05	13	55	66, VI	04	4	20
	14	20	70		17	6	30
	20	14	60		23	8	40
	38	18	65		31	5	28
	47	4	25		40	9	35
	51	16	70		50	7	30
67, VII	08	15	60	68, VIII	09	4	20
	13	18	65		12	10	40
	22	4	22		35	5	30
	39	20	70		30	6	35
	49	17	68		42	7	42
	53	14	50		52	8	45

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8
69, IX	06	4	18	70, X	07	4	25
	19	13	55		15	8	40
	24	11	43		27	12	45
	33	9	35		32	16	55
	41	7	40		44	18	50
	55	5	25		54	10	40
	10	6	50		-	-	-

Задачи 71...80

Двухступенчатая передача (рис.3) состоит из ремённой или цепной передачи и одноступенчатого редуктора. Мощность на выходном валу P_3 (кВт), частота вращения ведомого вала n_3 (об/мин), передаточное число редуктора u_p .

Определить:

- передаточное число ремённой (цепной) передачи и общее передаточное число;
- угловые скорости всех валов;
- общий к.п.д. передачи;
- мощности и вращающие моменты на каждом валу.

Данные для своего варианта выбрать из таблицы 4.

Таблица 4

№ задачи и схемы на рис.3	Вариант	P ₃ кВт	n ₃ об/мин	ц _р
1	2	3	4	5
71, I	09	3,4	340	1,5
	13	4,4	300	1,8
	24	6	270	2
	33	8	220	2,5
	41	10	190	2,8
	55	5	170	3,15
72, II	06	8	190	2,8
	12	3	220	2,5
	25	4,5	140	2
	30	6,5	120	3,15
	42	3,2	150	1,8
	52	8	180	1,6
73, III	08	6,5	230	1,8
	15	3,6	210	2
	27	8	220	2,8
	32	4,7	250	2,5
	44	9	200	1,6
	54	6,5	350	1,8
74, IV	07	6,3	80	3,15
	10	8	90	2,8
	22	5,6	210	2,5
	33	9	250	2
	49	4,4	230	2,24
	53	8	400	1,6
75, V	04	3	290	3,15
	11	4	230	2,8
	23	5,4	180	1,6
	31	5,6	260	2,5
	40	3	150	2
	50	3,8	200	3,15
76, VI	05	2,6	270	2,5
	18	3,6	210	2,8
	20	5	190	2
	38	2,7	180	3,15
	47	6	250	1,6
	51	8,7	220	1,8

Продолжение табл. 4

77, VII	00	5,4	340	2,8
	14	7,5	300	2
	26	5	220	2,5
	35	4	170	3,15
	43	5,6	190	1,6
	57	7	160	1,8
78, VIII	01	4,5	90	1,6
	17	8	180	1,8
	29	7	200	2
	34	5	180	2,24
	46	4	160	3,15
	56	3,5	100	1,8
	60	4	150	1,6
79, IX	03	10	290	1,6
	19	6	185	1,8
	21	4,4	230	2,24
	36	5,3	260	2,5
	45	3,8	170	2,8
	58	5,8	150	3,15
80, X	02	4,2	160	2,24
	16	7	240	2,5
	28	8	150	3,15
	37	5,6	120	1,6
	45	6	260	1,8
	59	5,6	220	2,24

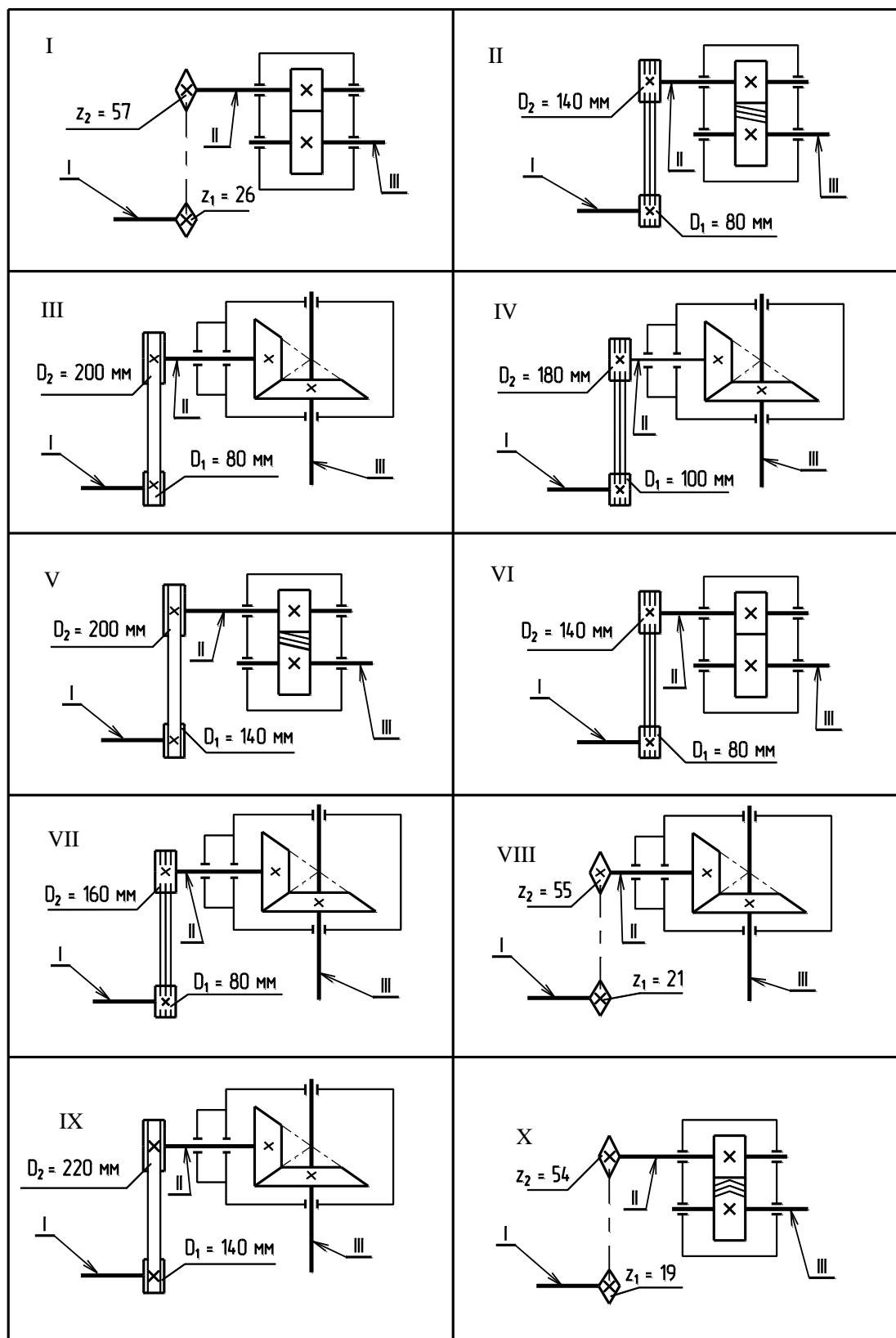


Рис.3

Задачи 81...90

Подобрать по динамической грузоподъёмности радиальные однорядные шариковые подшипники для ведомого вала цилиндрической прямозубой передачи. Числовые значения диаметра вала под подшипниками d_n , угловой скорости ω , реакций опор для своего варианта взять из задач 61...70.

Требуемая долговечность подшипника $L_h = 10000$ часов при 90% надёжности. Температура подшипника $t < 100^\circ \text{C}$, нагрузка с лёгкими толчками.

Задачи 91...100

Подобрать призматическую шпонку со скруглёнными торцами, с помощью которой зубчатое колесо (рис.4) передаёт вращающий момент M валу. Числовые значения вращающего момента M и диаметра вала под зубчатым колесом d_c для своего варианта взять из задач 61...70. Принять длину ступицы $l_{ст} = (1,2 \dots 1,5) \cdot d_c$. Соединение неподвижное. Нагрузка с лёгкими толчками. Выполнить проверочный расчёт соединения на смятие.

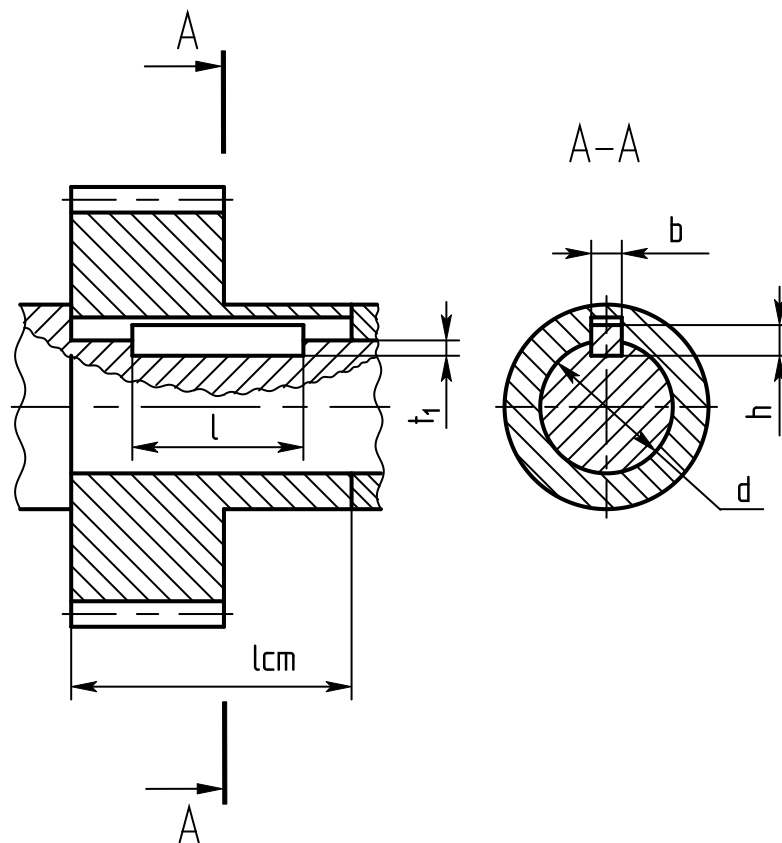
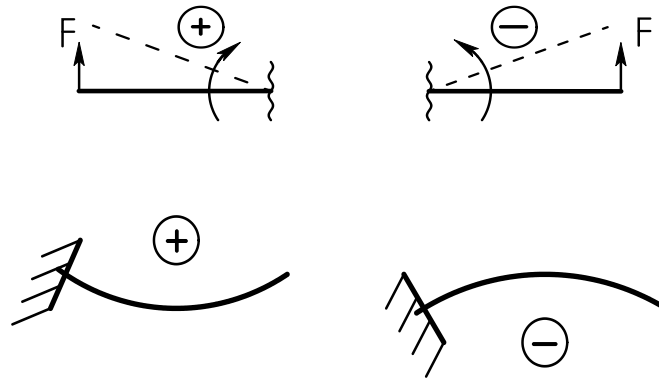


Рис.4

4. Методические указания и примеры решения задач контрольной работы №2.

Первую задачу (задачи 51...60) следует решать после изучения темы 2.5.

При прямом поперечном изгибе в поперечных сечениях балки возникают два внутренних силовых фактора - поперечная сила Q_y и изгибающий момент M_x . Поперечная сила в сечении равна алгебраической сумме внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения. Внешнюю силу записывают со знаком плюс, если она поворачивает рассматриваемую часть балки относительно сечения по часовой стрелке и со знаком минус, если против часовой.



Изгибающий момент равен алгебраической сумме моментов внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения, относительно сечения. Момент силы записывают со знаком плюс, если сила выгибает балку выпуклостью вниз, и со знаком минус, если выпуклостью вверх. При определении изгибающего момента нужно мысленно зафиксировать балку в рассматриваемом сечении. При определении поперечных сил и изгибающих моментов нужно балку разбить на участки. Границами участков являются сечения, в которых приложены сосредоточенные силы или моменты, а также сечения, где начинается или заканчивается распределённая нагрузка.

Для построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов нужно запомнить следующие правила:

1. На участке балки, где отсутствует распределённая нагрузка, эпюра Q_y – прямая, параллельная оси балки, а эпюра M_x – наклонная прямая.
2. В сечении, где приложена сосредоточенная сила, на эпюре Q_y скачок на величину приложенной силы, а на эпюре M_x – излом.
3. В сечении, где приложен момент, на эпюре M_x – скачок на величину момента, а на эпюре Q_y в этом сечении внешний момент не сказывается.
4. На участке с равномерно распределённой нагрузкой эпюра Q_y – наклонная прямая, а эпюра M_x – парабола, обращённая выпуклостью навстречу распределённой нагрузке.
5. Если на участке с распределённой нагрузкой эпюра Q_y пересекает нулевую линию, то в этом сечении изгибающий момент имеет экстремальное значение.
6. Если на конце балки приложен момент, то изгибающий момент в этом сечении равен приложенному моменту.

Пример 1.

Для балки (рис 5) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если сосредоточенные силы $F_1=4\text{ кН}$, $F_2=8\text{ кН}$, момент $M=11\text{ кН}\cdot\text{м}$, расстояние $a=2\text{ м}$, $b=4\text{ м}$, $c=3\text{ м}$. Подобрать номер двутавра, приняв $[\sigma]=160\text{ МПа}$.

Решение.

1. Определяем реакции опор.

$$\Sigma m_A(F_n) = 0. \quad F_1 \cdot a - M + R_B \cdot (b + c) - F_2 \cdot b = 0.$$

Тогда

$$R_B = \frac{-F_1 \cdot a + F_2 \cdot b + M}{b + c} = \frac{-4 \cdot 2 + 8 \cdot 4 + 11}{4 + 3} = 5 \text{ кН}$$

$$\Sigma m_B(F_n) = 0. \quad F_1 \cdot (a + b + c) - R_A \cdot (b + c) + F_2 \cdot c - M = 0.$$

Тогда

$$R_A = \frac{F_1 \cdot (a + b + c) + F_2 \cdot c - M}{b + c} = \frac{4 \cdot 9 + 8 \cdot 3 - 11}{4 + 3} = 7 \text{ кН}$$

Для проверки правильности определения реакций составляем третье уравнение равновесия – сумма проекций всех сил на ось «у» равна нулю.

$$\Sigma F_{ny} = 0. \quad -F_1 + R_A - F_2 + R_B = 0. \quad -4 + 7 - 8 + 5 = 0. \quad 0 = 0, \text{ следовательно, реакции определены правильно.}$$

2. Определяем поперечные силы Q_y и строим эпюру (график) поперечных сил.

На участке «СА» проводим сечение «К». $Q_{yK} = -F_1 = -4 \text{ кН}$.

Или $Q_{yK} = -R_B + F_2 - R_A = -5 + 8 - 7 = -4 \text{ кН}$, если рассматривать силы слева от сечения «К». Внешний момент $M = 11 \text{ кН} \cdot \text{м}$ при определении поперечной силы не учитывают.

Так как на участке «СА» поперечная сила постоянна, то эпюра Q_y на этом участке – прямая, параллельная оси балки.

На участке «AD» проводим сечение «L». $Q_{yL} = -F_1 + R_A = -4 + 7 = 3 \text{ кН}$.

Или $Q_{yL} = -R_B + F_2 = -5 + 8 = 3 \text{ кН}$.

На участке «DB» проводим сечение «N». $Q_{yN} = -F_1 + R_A - F_2 = -4 + 7 - 8 = -5 \text{ кН}$.

Или $Q_{yN} = -R_B = -5 \text{ кН}$.

3. Определяем изгибающие моменты M_x и строим эпюру изгибающих моментов. На участке «СА» $M_{xK} = -F_1 \cdot CK$. Это равенство является уравнением прямой

наклонной линии. Из уравнения видно, что величина изгибающего момента зависит от положения сечения (от длины отрезка СК).

$$M_{xC} = 0. \quad M_{xA} = -F_1 \cdot CA = -4 \cdot 2 = -8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При определении изгибающих моментов на участке «СА» мысленно отбрасывали часть балки, расположенную справа от сечения «К» и рассматривали левую часть, так как слева приложена одна сила.

На участке «AD» $M_{xL} = -F_1 \cdot CL + R_A \cdot AL$. Эта зависимость справедлива для любого сечения на участке «AD», следовательно, $M_{xA} = -F_1 \cdot CA + R_A \cdot 0$.

$$M_{xA} = -4 \cdot 2 + 7 \cdot 0 = -8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{xD} = -F_1 \cdot CD + R_A \cdot AD = -4 \cdot 6 + 7 \cdot 4 = 4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

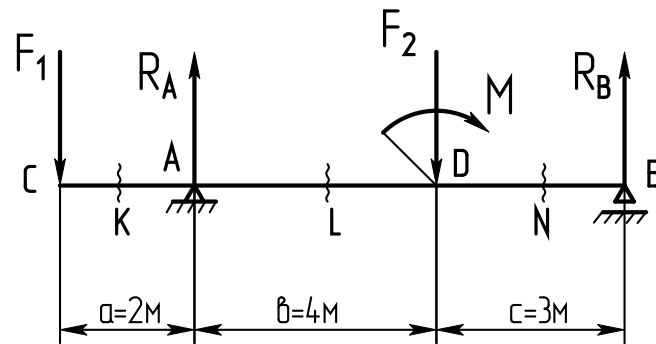
На участке «DB» $M_{xN} = -F_1 \cdot CN + R_A \cdot AN - F_2 \cdot DN + M$, если рассматривать левую часть балки, или $M_{xN} = R_B \cdot NB$, если рассматривать правую часть балки (что значительно проще). $M_{xD} = R_B \cdot DB = 5 \cdot 3 = 15 \text{ кН} \cdot \text{м}$. $M_{xB} = 0$.

$$4. \text{ Из условия прочности } \sigma = \frac{M_x}{W_x} \leq [\sigma] \text{ определяем требуемый осевой момент}$$

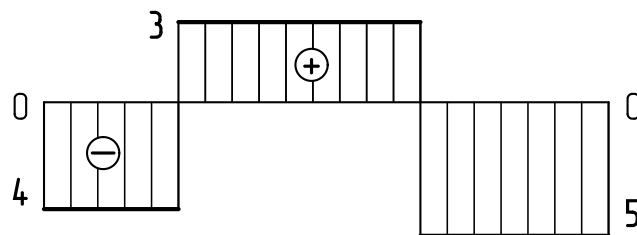
сопротивления поперечного сечения балки.

$$W_x \geq \frac{M_x}{[\sigma]}; \quad W_x \geq \frac{15 \cdot 10^6}{160} = 93,8 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 = 93,8 \text{ см}^3.$$

По расчётному значению W_x выбираем двутавр №16, у которого $W_x = 109,9 \text{ см}^3$ (Приложение 1 данного пособия).



Эпюра Q_y (кН)



Эпюра M_x (кНм)

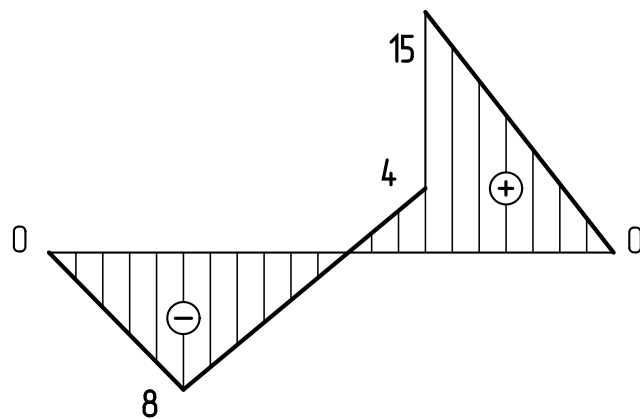


Рис.5

Примечание.

Если балка состоит из двух швеллеров, то нужно по расчётному значению W_x определить осевой момент сопротивления поперечного сечения каждого швеллера

$W_{1x} = \frac{W_x}{2}$ и по нему выбрать номер швеллера (Приложение 2 данного пособия).

Вторую задачу (задачи 61...70) следует решать после изучения тем 2.7, 3.3, 3.4.

В этих задачах рассматриваются виды нагружений: кручение и сочетание изгиба с кручением. На кручение работает выходной конец вала.

Из условия прочности при кручении $\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_p} \leq [\tau]$ определяем требуе-

мый полярный момент сопротивления поперечного сечения вала $W_p \geq \frac{M_z}{[\tau]}$

Из формулы $W_p = \frac{\pi d^3}{16}$ определяем диаметр вала $d = \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}}$.

Из условия жёсткости $\varphi_0 = \frac{M_z}{J_p} \leq [\varphi_0]$ определяем полярный момент инерции

$J_p = \frac{M_z}{G \cdot [\varphi_0]}$, где $[\varphi_0]$ - относительный допускаемый угол закручива-

ния (допускаемый угол закручивания на единицу длины вала) $\frac{\text{рад}}{\text{м}}$.

Из формулы $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$ определяем диаметр вала $d = \sqrt[4]{\frac{32J_p}{\pi}}$.

Из двух вычисленных значений нужно выбрать больший и округлить его до стандартного значения.

Условие прочности при изгибе с кручением $\sigma_{\text{э. max}} = \frac{M_{\text{э}}}{W_x} \leq [\sigma]$, где

$\sigma_{\text{э. max}}$ - максимальное эквивалентное напряжение.

$M_{\text{э}}$ - максимальный (по модулю) эквивалентный момент.

$M_{\text{э}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2}$ - по третьей гипотезе прочности,

$M_{\text{э}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75M_z^2}$ - по пятой гипотезе прочности.

Из условия прочности определяем осевой момент сопротивления поперечно-

го сечения $W_x \geq \frac{M_{\text{э}}}{[\sigma]}$. Из формулы $W_x = \frac{\pi d^3}{32}$ определяем диаметр вала

$d = \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}}$.

Расчётное значение диаметра округляем до стандартного значения с учётом условий сборки.

Пример 2

Ведомый вал цилиндрической прямозубой передачи (рис. 6а) изготовлен из среднеуглеродистой стали. Мощность на валу $P = 12$ кВт, угловая скорость вала $\omega = 30 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Выходной конец вала работает только на кручение. Делительный диаметр зубчатого колеса $d = 100 \text{ мм}$. Длины участков вала (в миллиметрах) указаны на рисунке.

Построить эпюру крутящего момента. Определить из условий прочности и жёсткости диаметр выходного конца вала, приняв $[\varphi_0] = 0,02 \frac{\text{рад}}{\text{м}}$, $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$,

$[\tau] = 30 \text{ МПа}$. Из условий сборки назначить диаметр вала под подшипниками.

Построить эпюры изгибающих моментов в вертикальной и горизонтальной плоскостях, приняв $F_r = 0,36 F_t$. Определить диаметр вала под серединой зубчатого колеса, приняв $[\sigma] = 60 \text{ МПа}$.

Расчёт выполнять по гипотезе наибольших касательных напряжений (по третьей гипотезе прочности).

Решение.

1. Определяем вращающий момент

$$M = \frac{P}{\omega}; \quad M = \frac{12 \cdot 10^3}{30} = 400 \text{ Н} \cdot \text{м} = 400 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\text{Окружная сила} \quad F_t = \frac{2M}{d}; \quad F_t = \frac{2 \cdot 400 \cdot 10^3}{100} = 8 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

$$\text{Радиальная сила} \quad F_r = 0,36 \cdot F_t; \quad F_r = 0,36 \cdot 8 \cdot 10^3 = 2,88 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

2. Определяем опорные реакции в вертикальной плоскости (от действия радиальной силы) (рис. 6б).

$$\Sigma m_A(F_n) = 0; \quad -F_r \cdot AC + R_{By} \cdot AB = 0.$$

$$R_{By} = \frac{F_r \cdot AC}{AB}; \quad R_{By} = \frac{2,88 \cdot 10^3 \cdot 50}{120} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

$$\Sigma m_B(F_n) = 0; \quad F_r \cdot BC - R_{Ay} \cdot AB = 0.$$

$$R_{Ay} = \frac{F_r \cdot BC}{AB}; \quad R_{Ay} = \frac{2,88 \cdot 10^3 \cdot 70}{120} = 1,68 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Проверяем правильность определения реакций:

$$\Sigma F_{ny} = 0; \quad R_{Ay} - F_r + R_{By} = 0; \quad 1,68 \cdot 10^3 - 2,88 \cdot 10^3 + 1,2 \cdot 10^3 = 0.$$

$0 = 0$, следовательно, реакции определены правильно.

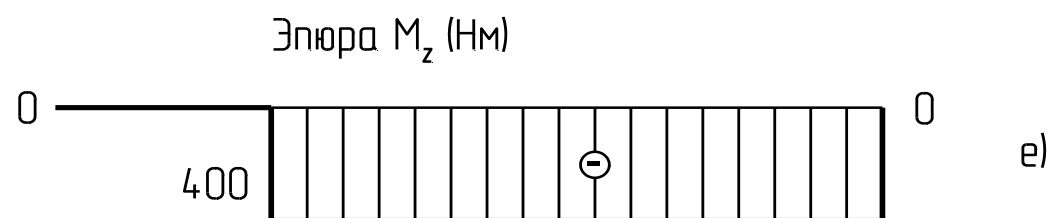
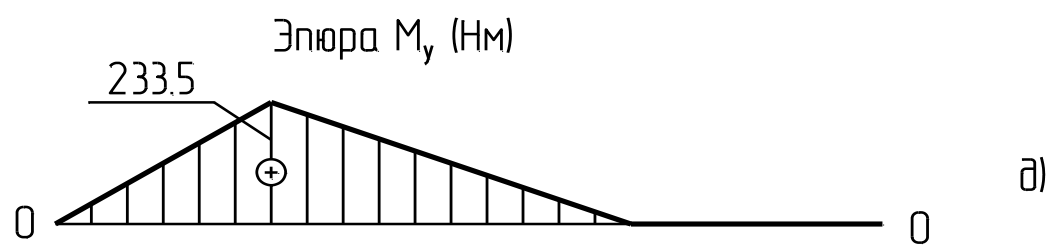
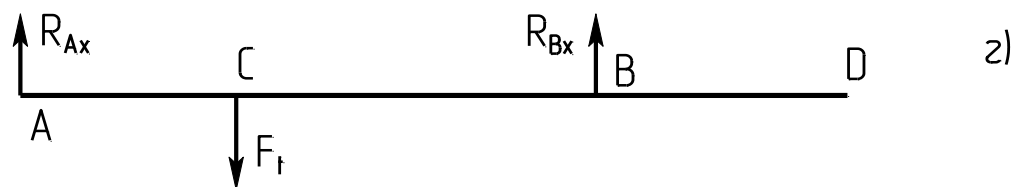
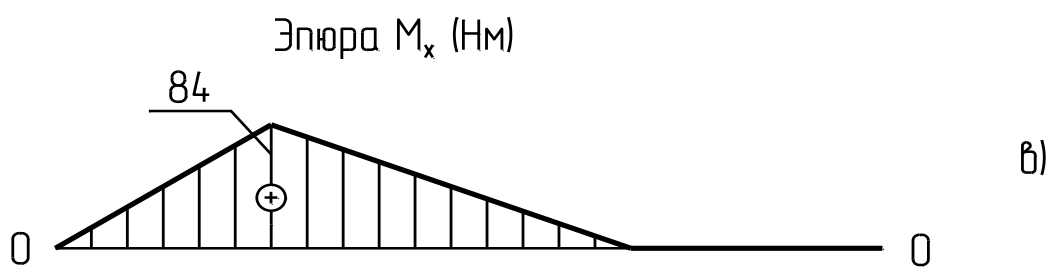
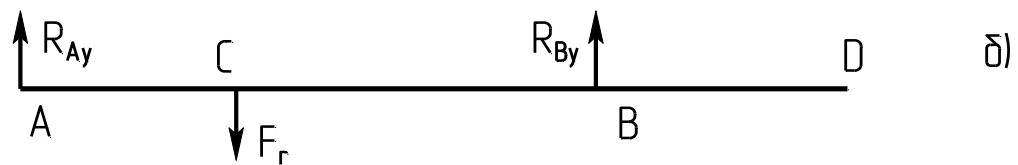
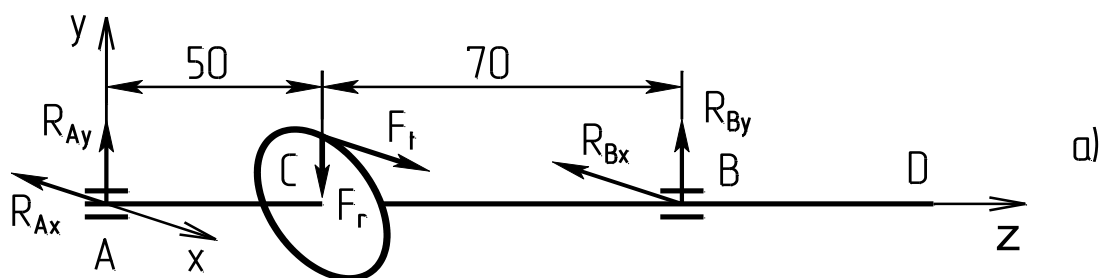


Рис 6

3. Определяем изгибающие моменты в вертикальной плоскости:

$$M_{xA} = 0; \quad M_{xC} = R_{Ay} \cdot AC; \quad M_{xC} = 1,68 \cdot 10^3 \cdot 50 = 84 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}; \quad M_{xB} = 0; \quad M_{xD} = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов M_x в вертикальной плоскости (рис.6в).

4. Определяем опорные реакции в горизонтальной плоскости (от действия окружной силы) (рис.6г).

$$\Sigma m_A(F_n) = 0; \quad -F_t \cdot AC + R_{Bx} \cdot AB = 0. \quad R_{Bx} = \frac{F_t \cdot AC}{AB}; \quad R_{Bx} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 50}{120} = 3,33 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

$$\Sigma m_B(F_n) = 0; \quad F_t \cdot BC - R_{Ax} \cdot AB = 0; \quad R_{Ax} = \frac{F_t \cdot CB}{AB}; \quad R_{Ax} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 70}{120} = 4,67 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Проверяем правильность определения реакций

$$\Sigma F_{nx} = 0; \quad R_{Ax} - F_t + R_{Bx} = 0; \quad 4,67 \cdot 10^3 - 8 \cdot 10^3 + 3,33 \cdot 10^3 = 0.$$

0=0, следовательно, реакции определены правильно.

5. Определяем изгибающие моменты в горизонтальной плоскости.

$$M_{yA} = 0; \quad M_{yC} = R_{Ax} \cdot AC; \quad M_{yC} = 4,67 \cdot 10^3 \cdot 50 = 233,5 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}; \quad M_{yB} = 0; \quad M_{yD} = 0.$$

Строим эпюру изгибающих моментов M_y в горизонтальной плоскости (рис.6д).

6. Определяем крутящий момент на участке CD:

$$M_z = -M = -400 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Строим эпюру крутящих моментов M_z (рис.6е).

7. Определяем диаметр выходного конца вала из условия прочности при кручении. $W_p \geq \frac{M_z}{[\tau]}$; Крутящий момент берут по модулю, в $\text{Н} \cdot \text{мм}$.

$$W_p \geq \frac{400 \cdot 10^3}{30} = 13,3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3; \quad d_k = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}}; \quad d_k \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 13,3 \cdot 10^3}{3,14}} = 41,4 \text{ мм}$$

8. Определяем диаметр выходного конца вала из условия жёсткости при кручении.

$$J_p \geq \frac{M_z}{G \cdot [\varphi_0]}; \quad [\varphi_0] = 0,02 \frac{\text{рад}}{\text{м}} = 0,02 \cdot 10^{-3} \frac{\text{рад}}{\text{мм}};$$

$$J_p \geq \frac{400 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 10^5 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3}} = 25 \cdot 10^4 \text{ мм}^4.$$

$$J_p = \frac{\pi \cdot d_k^4}{32}, \quad \text{тогда} \quad d_k = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot J_p}{\pi}}; \quad d_k \geq \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 25 \cdot 10^4}{3,14}} = 40 \text{ мм}.$$

Из двух расчётных диаметров выбираем больший и округляем до стандартного значения $d_k = 42$ мм.

9. Из условий сборки принимаем диаметр вала под подшипниками $d_{\Pi} = 45$ мм.

10. Из эпюр изгибающих и крутящих моментов видно, что опасным является поперечное сечение вала, проходящее через точку «С»- под серединой зубчатого колеса.

Определяем максимальный эквивалентный момент:

$$M_{\varepsilon C} = \sqrt{M_{x C}^2 + M_{y C}^2 + M_{z}^2};$$

$$M_{\varepsilon C} = \sqrt{(84 \cdot 10^3)^2 + (233,5 \cdot 10^3)^2 + (400 \cdot 10^3)^2} = 470 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Из условия прочности при изгибе с кручением $W_x \geq \frac{M_{\varepsilon C}}{[\sigma]}$

$$W_x \geq \frac{470 \cdot 10^3}{60} = 7,83 \cdot 10^3 \text{ мм}^3; \quad W_x = \frac{\pi \cdot d_C^3}{32}, \text{ тогда } d_C = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot W_x}{\pi}};$$

$$d_C \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 7,83 \cdot 10^3}{3,14}} = 43 \text{ мм}.$$

Из условия сборки округляем до стандартного значения $d_C = 48$ мм.

Третью задачу (задачи 71...80) следует решать после изучения тем 3.1 и 3.2.

Передаточное число ремённой передачи
$$u_{pn} = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - \varepsilon)},$$

где: D_1 и D_2 – диаметры ведущего и ведомого шкивов;
 ε - коэффициент скольжения.

Так как $\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$ для прорезиненных ремней, то можно принять $u_{pn} \approx \frac{D_2}{D_1}$.

Передаточное число цепной передачи
$$u_{cn} = \frac{z_2}{z_1},$$

где: z_1 и z_2 - числа зубьев ведущей и ведомой звёздочек.

Передаточное число одноступенчатой передачи может быть определено и через кинематические характеристики:
$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Пример 3

Двухступенчатая передача (рис.7) состоит из клиноремённой передачи и одноступенчатого цилиндрического редуктора. Мощность на выходном валу $P_3 = 6,8$ кВт, частота вращения выходного вала $n_3 = 205$ об/мин, передаточное число редуктора $u_p = 2,8$.

Определить:

- передаточное число ремённой передачи и общее передаточное число;
- угловые скорости всех валов;
- общий КПД передачи;
- мощности и вращающие моменты на каждом валу.

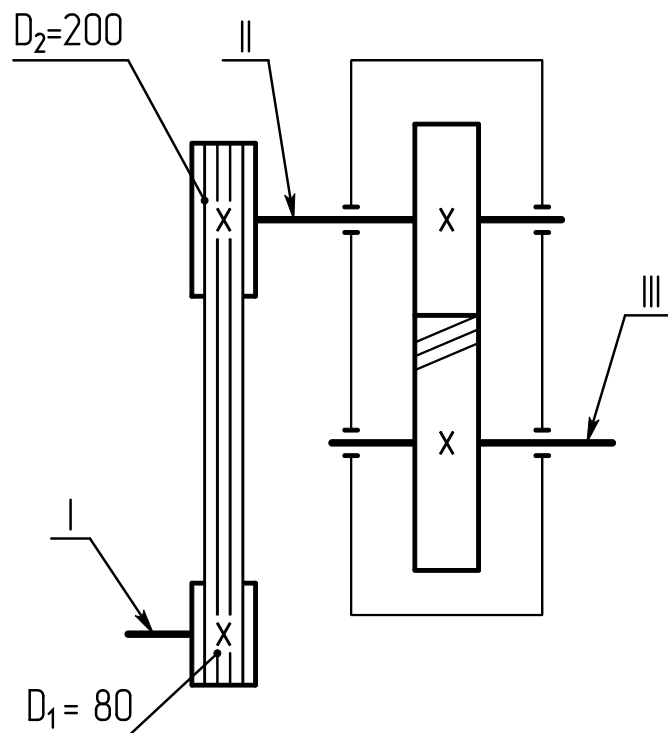


Рис.7

Решение.

1. Определяем передаточное число ремённой передачи:

$$u_{pn} = \frac{D_2}{D_1}; \quad u_{pn} = \frac{200}{80} = 2,5;$$

Общее передаточное число $u_{общ} = u_{pn} \cdot u_p; \quad u_{общ} = 2,5 \cdot 2,8 = 7$

2. Определяем угловые скорости всех валов.

$$2.1. \quad \omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30}; \quad \omega_3 = \frac{3,14 \cdot 205}{30} = 21,5 \frac{рад}{с}$$

$$2.2. \text{ Из формулы } u_p = \frac{\omega_2}{\omega_3} \text{ находим } \omega_2 = \omega_3 \cdot u_p; \quad \omega_2 = 21,5 \cdot 2,8 = 60,2 \frac{рад}{с}$$

$$2.3. \text{ Из формулы } u_{общ} = \frac{\omega_1}{\omega_3} \text{ находим } \omega_1 = \omega_3 \cdot u_{общ}; \quad \omega_1 = 21,5 \cdot 7 = 150,5 \frac{рад}{с};$$

3. Определяем общий КПД передачи.

$$\eta_{общ} = \eta_{зн} \cdot \eta_{нк}^2 \cdot \eta_{pn},$$

где:

$\eta_{зн}$ – КПД цилиндрической зубчатой передачи редуктора;

$\eta_{нк}$ – КПД одной пары подшипников качения одного вала;

η_{pn} – КПД ремённой передачи.

Принимаем: $\eta_{зн} = 0,97; \quad \eta_{нк} = 0,99; \quad \eta_{pn} = 0,95.$

$$\eta_{общ} = 0,97 \cdot 0,99^2 \cdot 0,95 = 0,9.$$

4. Определяем мощности и вращающие моменты на каждом валу.

$$4.1. \quad P_3 = 6,8 кВт = 6,8 \cdot 10^3 Вт.$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega_3}; \quad M_3 = \frac{6,8 \cdot 10^3}{21,5} = 316,3 Н \cdot м.$$

$$4.2. \quad P_2 = \frac{P_3}{\eta_{зн} \cdot \eta_{нк}}; \quad P_2 = \frac{6,8}{0,97 \cdot 0,99} = 7,08 кВт.$$

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega_2}; \quad M_2 = \frac{7,08 \cdot 10^3}{60,2} = 117,6 Н \cdot м. \quad \text{Или}$$

$$M_2 = \frac{M_3}{u_p \cdot \eta_{зн} \cdot \eta_{нк}}; \quad M_2 = \frac{316,3}{2,8 \cdot 0,97 \cdot 0,99} = 117,6 Н \cdot м.$$

$$4.3. \quad P_1 = \frac{P_3}{\eta_{общ}}; \quad P_1 = \frac{6,8}{0,9} = 7,56 кВт.$$

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1}; \quad M_1 = \frac{7,56 \cdot 10^3}{150,5} = 50,2 Н \cdot м. \quad \text{Или}$$

$$M_1 = \frac{M_3}{u_{общ} \cdot \eta_{общ}}; \quad M_1 = \frac{316,3}{7 \cdot 0,9} = 50,2 Н \cdot м.$$

Средние значения КПД механических передач

Передача	кпд	Передача	кпд
Закрытая зубчатая: цилиндрическая коническая	0,97...0,98 0,96...0,97	Цепная: закрытая открытая	0,95...0,98 0,90...0,95
Ремённая с плоским ремнём	0,96...0,98	Ремённая с клиновыми и поликлиновым ремнём	0,95...0,97

Примечание:

Потери на трение в подшипниках качения оцениваются коэффициентом полезного действия $\eta_{\text{пк}} = 0,99$ на два подшипника одного вала.

Четвёртую задачу (задачи 81...90) следует решать после изучения темы 3.5.

В этих задачах требуется подобрать по динамической грузоподъёмности шариковые подшипники.

Рекомендуемая последовательность решения задач:

1. Определить суммарные радиальные реакции опор.
2. По диаметру вала под подшипниками d_n выбрать подшипник шариковый радиальный однорядный лёгкой серии. Указать его условное обозначение и базовую динамическую грузоподъёмность.
3. Определить эквивалентную нагрузку.
4. Определить базовую расчётную долговечность подшипника в часах.

Полученное значение долговечности должно быть не меньше требуемого по условию задачи, в противном случае выбрать подшипники средней серии, а при необходимости тяжёлой серии и повторить расчёт.

Базовой называют долговечность, соответствующую 90%-ной надёжности.

$$L_{10h} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{R_g} \right)^p,$$

где: a_1 - коэффициент надёжности.

При 90% -ной надёжности $a_1 = 1$;

при 95%-ной надёжности $a_1 = 0,62$;

при 97%-ной надёжности $a_1 = 0,44$.

a_{23} - коэффициент, учитывающий влияние качеств подшипника и качества его эксплуатации.

$a_{23} = 0,7...0,8$ - для шариковых подшипников, кроме сферических.

C_r - базовая динамическая грузоподъёмность.

p - показатель степени, зависящий от формы контактирующих тел.

Для шариковых подшипников $p = 3$.

Пример 4

Подобрать по динамической грузоподъёмности шариковые радиальные однорядные подшипники для ведомого вала цилиндрической прямозубой передачи (рис.6,а). Диаметр вала под подшипниками $d_n = 45$ мм, угловая скорость вала $\omega = 30$ рад/с, реакции опор : $R_{Ay} = 1,68$ кН, $R_{Ax} = 4,67$ кН, $R_{By} = 1,2$ кН, $R_{Bx} = 3,33$ кН. (Числовые значения величин взяты из примера 2). Требуемая долговечность подшипника $L_h = 10000$ часов при 90% - ной надёжности. Температура подшипника $t < 100^0$ С, нагрузка с лёгкими толчками.

Решение.

1. Определяем суммарные радиальные реакции опор.

$$R_A = \sqrt{R_{Ax}^2 + R_{Ay}^2}; \quad R_A = \sqrt{4,67^2 + 1,68^2} = 4,87 \text{ кН}.$$

$$R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2}; \quad R_B = \sqrt{3,33^2 + 1,2^2} = 3,54 \text{ кН}.$$

2. По диаметру вала под подшипниками $d_n = 45\text{мм}$ выбираем подшипник шариковый радиальный однорядный лёгкой серии 209 с размерами: $d \times D \times B = 45 \times 85 \times 19\text{мм}$.

Базовая динамическая грузоподъёмность $C_r = 26,2\text{кН}$ (Приложение 4 данного пособия).

3. Определяем эквивалентную нагрузку более нагруженного подшипника (опора А).

$$R_3 = R_A \cdot K_k \cdot K_\delta \cdot K_T,$$

где:

K_k – кинематический коэффициент. $K_k = 1$ при вращении внутреннего кольца.

K_δ – коэффициент безопасности. $K_\delta = 1, 2 \dots 1, 3$ при работе с лёгкими толчками.

Принимаем $K_\delta = 1, 2$.

K_T – температурный коэффициент. $K_T = 1$ при температуре $t < 100^\circ\text{C}$.

$$R_3 = 4,87 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 5,84\text{кН}.$$

4. Определяем расчётную базовую долговечность:

$$L_{10h} = a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{R_3} \right)^p,$$

где: a_1 – коэффициент надёжности.

Принимаем $a_1 = 1$ при 90%-ной надёжности.

a_{23} – коэффициент, учитывающий влияние качеств подшипника и качества его эксплуатации.

Принимаем $a_{23} = 0,8$ для шариковых подшипников при обычных условиях работы.

n – частота вращения вала.

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}; \quad n = \frac{30 \cdot 30}{3,14} = 287 \text{ об/мин}.$$

p – показатель степени, зависящий от формы контактирующих тел.

$p = 3$ для шариковых подшипников.

$$L_{10h} = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 287} \cdot \left(\frac{26,2}{5,84} \right)^3 = 3780 \text{ час},$$

что значительно меньше требуемой долговечности $L_h = 10000$ часов.

5. Выбираем подшипник средней серии 309 с размерами $d \times D \times B = 45 \times 100 \times 25\text{мм}$.

Динамическая грузоподъёмность $C_r = 37,1\text{кН}$ (Приложение 5).

$$L_{10h} = 1 \cdot 0,8 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 287} \cdot \left(\frac{37,1}{5,84} \right)^3 = 12000 \text{ час},$$

что больше требуемой долговечности $L_h = 10000$ часов.

Пятую задачу (задачи 91...100) следует решать после изучения темы 3.7.

В этих задачах требуется подобрать призматическую шпонку и проверить шпоночное соединение на смятие.

Рекомендуемая последовательность решения задач:

1. По заданному диаметру вала выбрать ширину « b », высоту « h » шпонки и глубину паза вала « t_1 ».

2. По длине ступицы « l_{cm} » выбрать из стандартного ряда длину шпонки « l ». Длина шпонки должна быть меньше длины ступицы на (5...10)мм.

3. Определить рабочую длину шпонки « l_p ».

4. В зависимости от материала ступицы и характера нагрузки выбрать допускаемое напряжение смятия.

При спокойной нагрузке и стальной ступице $[\sigma_{cm}] = (100 \dots 150) \text{ МПа}$, при чугунной ступице $[\sigma_{cm}] = (60 \dots 80) \text{ МПа}$.

При значительных колебаниях нагрузки допускаемое напряжение смятия следует уменьшать на 25%, при ударной нагрузке - на (40...50)%.

5. Выполнить проверочный расчёт соединения на смятие.

Если расчётное напряжение превышает допускаемое более чем на 5%, то нужно увеличить длину ступицы, выбрать шпонку большей длины и повторить проверочный расчёт.

Если расчётное напряжение значительно превышает допускаемое, то устанавливают две шпонки, располагая их по окружности через 180° .

Если расчётное напряжение значительно меньше допускаемого, то рекомендуется выбрать шпонку по предыдущему интервалу диаметров вала и повторить проверочный расчёт.

Пример 5.

Подобрать призматическую шпонку со скруглёнными торцами, с помощью которой стальное зубчатое колесо (рис.8) передаёт вращающий момент $M = 400 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ валу диаметром $d_C = 48 \text{ мм}$. (Числовые значения величин взяты из примера 2). Принять длину ступицы зубчатого колеса $l_{cm} = (1,2 \dots 1,5) \cdot d_C$ - для кованных заготовок зубчатых колёс.

Соединение неподвижное. Нагрузка с лёгкими толчками. Выполнить проверочный расчёт соединения на смятие.

Решение.

1. По диаметру вала $d_C = 48 \text{ мм}$ выбираем размеры шпонки $b = 14 \text{ мм}$, $h = 9 \text{ мм}$. Глубина паза вала $t_1 = 5,5 \text{ мм}$ (Приложение 7 данного пособия).

2. Определяем длину ступицы:

$$l_{cm} = (1,2 \dots 1,5) \cdot d_C; \quad l_{cm} = (1,2 \dots 1,5) \cdot 48 = (57,6 \dots 72) \text{ мм}.$$

Принимаем $l_{cm} = 70 \text{ мм}$.

По длине ступицы выбираем длину шпонки $l = 63 \text{ мм}$ (Приложение 7).

Обозначение шпонки: Шпонка $14 \times 9 \times 63$ ГОСТ 23360-78.

3. Определяем рабочую длину шпонки $l_p = l - b$; $l_p = 63 - 14 = 49 \text{ мм}$.

4. Принимаем $[\sigma_{cm}] = 100 \text{ МПа}$ для среднеуглеродистой стали зубчатого колеса при нагрузке с лёгкими толчками.

5. Выполняем проверочный расчёт на смятие:

$$\sigma_{c.M} = \frac{2 \cdot M}{d_c \cdot (h - t_1) \cdot l_p};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 10^3}{48 \cdot (9 - 5,5) \cdot 49} = 97 \text{ МПа},$$

Что меньше $[\sigma_{cm}] = 100 \text{ МПа}$.

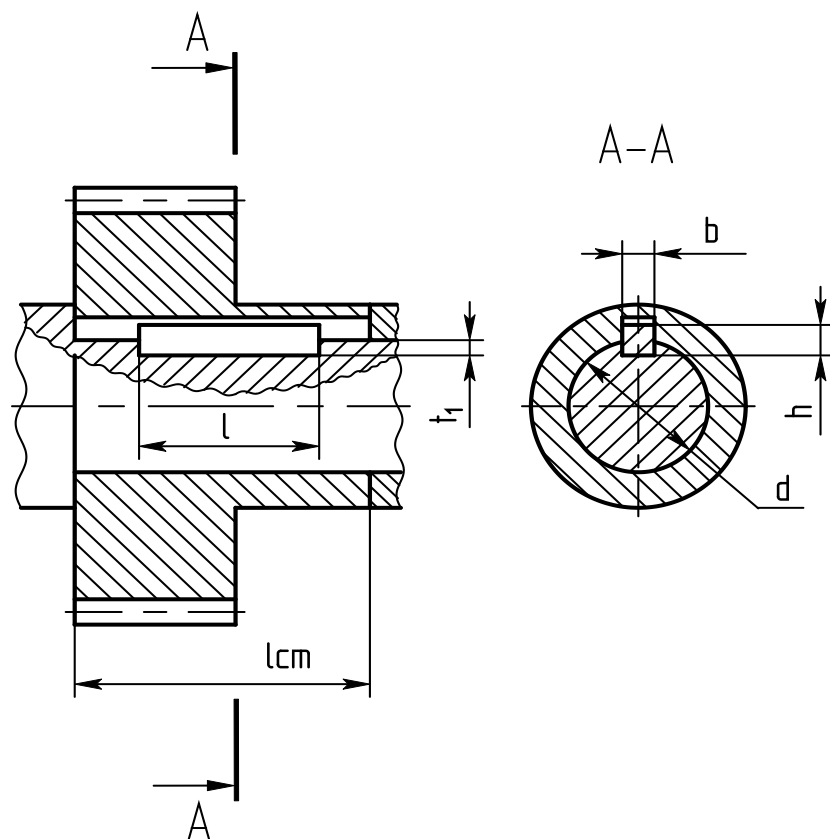


Рис.8

5 Экзаменационные вопросы

1. **Основы теоретической механики.** Основные понятия.
2. Статика. Основные понятия и аксиомы статики.
3. Проекция силы на ось
4. Момент силы относительно точки.
5. Пара сил. Момент пары.
6. Связи. Реакции связей.
7. Координаты центра тяжести плоских составных фигур.
8. Плоская система произвольно расположенных сил. Уравнения равновесия.
9. Кинематика. Скорость и ускорения точки при задании движения естественным способом.
10. Вращательное движение твёрдого тела. Угловая скорость и угловое ускорение.
11. Работа и мощность постоянной силы при прямолинейном движении. Коэффициент полезного действия.
12. Работа и мощность при вращательном движении.
13. **Соппротивление материалов.** Основные положения. Допущения и гипотезы.
14. Внутренние силы. Внутренние силовые факторы.
15. Виды нагружений.
16. Растяжение и сжатие. Общие сведения. Продольные силы. Эпюры продольных сил.
17. Растяжение и сжатие. Нормальные напряжения. Эпюры нормальных напряжений
18. Продольные и поперечные деформации при растяжении и сжатии. Закон Гука.
19. Расчёты на прочность при растяжении и сжатии
20. Полярный момент инерции кольца и круга.
21. Осевые моменты инерции прямоугольника, круга и кольца.
22. Кручение. Общие сведения. Крутящий момент. Эпюры крутящих моментов.
23. Напряжение при кручении. Максимальное напряжение.
24. Расчёты на прочность при кручении.
25. Кручение. Угол закручивания. Расчёты на жёсткость.
26. Изгиб. Основные понятия. Поперечная сила. Изгибающий момент.
27. Построение эпюр поперечных сил с учётом сосредоточенных сил.
28. Построение эпюр изгибающих моментов с учётом сосредоточенных сил.
29. Построение эпюр поперечных сил с учётом внешних моментов.
30. Построение эпюр изгибающих моментов с учётом внешних моментов.
31. Нормальные напряжения при изгибе. Максимальное напряжение.
32. Расчёты на прочность при изгибе.
33. Расчёт на прочность бруса круглого поперечного сечения на изгиб с кручением.
34. **Детали механизмов и машин.** Основные положения.
35. Механические передачи. Общие сведения. Классификация.
36. Передаточное число одноступенчатой и многоступенчатой передач.
37. К.П.Д. одноступенчатой и многоступенчатой передач.
38. Взаимосвязь между вращающимися моментами в передаче.
39. Зубчатые передачи. Общие сведения. Классификация.
40. Цилиндрическая зубчатая передача. Терминология. Обозначения.
41. Цилиндрическая прямозубая передача. Диаметральные параметры.
42. Цилиндрическая косозубая передача. Диаметральные параметры.
43. Цилиндрическая шевронная передача. Диаметральные параметры.
44. Силы в цилиндрической прямозубой передаче.
45. Силы в цилиндрической косозубой передаче.
46. Силы в цилиндрической шевронной передаче.
47. Коническая зубчатая передача. Общие сведения. Терминология, обозначения.
48. Передача винт-гайка. Общие сведения. Классификация.
49. Кинематические и силовые соотношения в передаче винт-гайка скольжения.
50. Червячная передача. Терминология. Обозначения.

51. Червяки и их параметры.
52. Червячные колёса и их параметры.
53. Силы в червячной передаче.
54. Ремённая передача. Виды ремённых передач.
55. Плоские ремни ремённых передач
56. Клиновые ремни ремённых передач.
57. Шкивы ремённых передач.
58. Цепные передачи. Общие сведения. Приводные цепи.
59. Силы в цепной передаче.
60. Шпоночные соединения. Общие сведения.
61. Проверочный расчёт ненапряжённых шпоночных соединений на смятие.
62. Шлицевые соединения. Общие сведения. Проверочный расчёт на смятие.
63. Расчёт осей и валов на прочность при изгибе.
64. Расчёт валов на прочность при кручении.
65. Расчёт валов на прочность при изгибе с кручением.
66. Подшипники скольжения. Общие сведения. Область применения.
67. Условные расчёты подшипников скольжения, работающих в режиме полужидкостного трения.
68. Подшипники качения. Классификация. Обозначение.

Практические задания

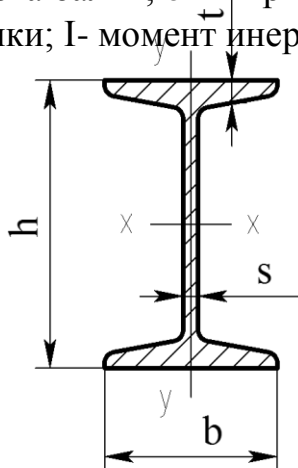
1. Задачи по темам: «Связи. Реакции связей», «Плоская система произвольно расположенных сил.
Уравнения равновесия».
2. Задачи по теме: «Растяжение и сжатие»:
 - построение эпюр продольных сил и нормальных напряжений,
 - расчёты на прочность.
3. Задачи по темам: «Кручение», «Гипотезы прочности...»:
 - построение эпюр крутящих моментов,
 - определение максимального напряжения,
 - расчёты на прочность.
4. Задачи по теме: «Изгиб»:
 - построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов,
 - определение максимального напряжения,
 - расчёты на прочность.
5. Задачи по теме: «Геометрические характеристики поперечных сечений»:
 - определение осевых моментов инерции,
 - определение полярных моментов инерции,
 - определение осевых и полярных моментов сопротивления.
6. Задачи по теме: «Механические передачи»:
 - определение передаточных чисел и КПД,
 - определение диаметральных параметров передач,
 - определение сил в передачах.

ПРИЛОЖЕНИЯ:

Приложение 1

Сталь горячекатаная. Балки двутавровые. Сортамент ГОСТ 8239-72*(извлечение)

Обозначения: h - высота балки; b - ширина полки; s - толщина стенки; t - средняя толщина полки; I - момент инерции; W - момент сопротивления.



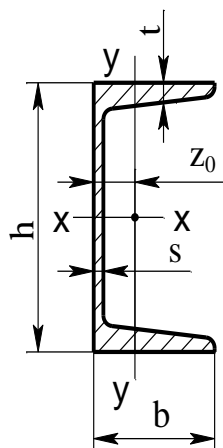
№ двутавра	Размер, мм				Площадь сечения см ²	Справочные величины для осей			
	h	b	s	t		I _x , см ⁴	W _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³
10	100	55	4,5	7,2	12,0	198	39,7	17,9	6,49
12	120	64	4,8	7,3	14,7	350	58,4	27,9	8,72
14	140	73	4,9	7,5	17,4	572	81,7	41,9	11,50
16	160	81	5,0	7,8	20,2	873	109,0	58,6	14,50
18	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143,1	82,6	18,40
20	200	100	5,2	8,4	26,8	1840	184,0	115,0	23,40
22	220	110	5,4	8,7	30,6	2550	232,0	157,0	28,60
24	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289,0	198,0	34,60
27	270	125	6,0	9,8	40,2	5010	371,0	260,0	41,50
30	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472,0	337,0	49,90
33	330	140	7,0	11,2	53,8	9840	597,0	419,0	59,90
36	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743,0	516,0	71,10
40	400	155	8,3	13,0	72,6	19062	953,0	667,0	86,10
45	450	160	9,0	14,2	84,7	27696	1231,0	808,0	101,00
50	500	170	11,0	15,2	100,0	39727	1589,0	1043,0	123,00
55	550	180	11,0	16,5	118,0	55962	2035,0	1356,0	151,00
60	600	190	12,0	17,8	138,0	76806	2560,0	1725,0	182,00

Приложение 2

Сталь горячекатаная, швеллеры с уклоном внутренних граней полки.

Сортамент ГОСТ 8240-72*(извлечение)

Обозначения: h - высота; b - ширина полки; s - толщина стенки;
 t - средняя толщина полки; I - момент инерции,
 W - момент сопротивления; Z_0 - расстояние от оси y - y до наружной
 грани стенки.

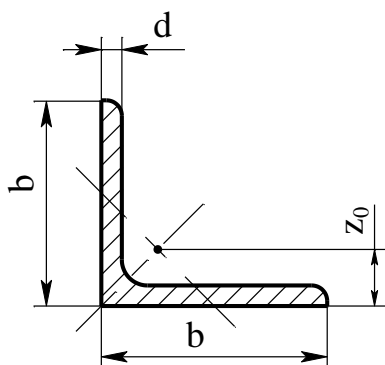


№ швеллера	Размер, мм				Площадь сечения, см ²	Справочные величины для осей				Z ₀ , см
	h	b	s	t		I _x , см ⁴	W _x , см ³	I _y , см ⁴	W _y , см ³	
5	50	32	4,4	7,0	6,16	22,8	9,1	5,61	2,75	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	5,51	48,6	15,0	8,70	3,63	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	89,4	22,4	12,80	4,75	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,90	174	34,8	20,40	6,46	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,30	394,4	50,6	31,20	8,52	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,60	491,0	70,2	45,40	11,0	1,67
16	160	64	5,0	8,4	18,10	747,0	93,4	63,30	13,80	1,80
18	180	70	5,1	8,7	20,70	1090,0	121,0	86,00	17,00	1,94
20	200	76	5,2	9,0	23,40	1520,0	152,0	113,0	20,50	2,07
22	220	82	5,4	9,5	26,70	2110,0	192,0	151,0	25,10	2,21
24	240	90	5,6	10,0	30,60	2990,0	242,0	208,0	31,60	2,42
27	270	95	6,0	10,5	35,20	4160,0	308,0	262,0	37,30	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,50	5810,0	387,0	327,0	43,60	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,50	7980,0	484,0	410,0	51,80	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,40	10820,0	601,0	513,0	61,70	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,50	15220,0	761,0	642,0	73,40	2,75

Приложение 3

Сталь прокатная, угловая, равнополочная. Сортамент ГОСТ 8509-72*(извлечение)

Обозначения: b - ширина полки; d - толщина полки; I - момент инерции; z_0 - расстояние от центра тяжести до наружной грани стенки.



№ профиля	Размеры, мм		Площадь сечения, см ²	Масса 1м, кг	I_x , см ⁴	z_0 , см
	b	d				
2	20	4	1,46	1,15	0,50	0,64
2,5	25	4	1,86	1,46	1,03	0,76
2,8	28	4	1,62	1,27	1,16	0,80
3,2	32	4	2,43	1,91	2,26	0,94
3,6	36	4	2,75	2,16	3,29	1,04
4	40	4	3,08	2,42	4,58	1,13
4,5	45	4	3,48	2,73	6,63	1,26
5	50	4	3,89	3,05	9,21	1,38
5,6	56	4	4,38	3,44	13,10	1,52
6,3	63	4	4,96	3,90	18,90	1,69
7	70	5	6,86	5,38	31,90	1,90
7,5	75	6	8,78	6,89	46,60	2,06
8	80	6	9,38	7,36	57,00	2,19
9	90	7	12,30	9,64	94,30	2,47
10	100	8	15,60	12,20	147,00	2,75
11	110	8	17,20	13,30	198,00	3,00
12,5	125	9	22,00	17,30	327,00	3,40
14	140	9	24,70	19,40	466,00	3,78
16	160	10	31,40	24,70	744,00	4,30
18	180	11	38,80	30,50	1216,00	4,85
20	200	12	47,10	37,00	1823,00	5,37

Приложение 4

Шариковые подшипники радиальные однорядные стандартные (ГОСТ 8338-75) лёгкая серия 200

Условное Обозначение подшипника	Размеры, мм			Динамическая грузоподъём- ность C_r , кН	Статическая гру- зоподъёмность C_0 , кН
	d	D	B		
200	10	30	9	4,6	2,61
201	12	32	10	4,6	2,65
202	15	35	11	5,85	3,47
203	17	40	12	7,37	4,38
204	20	47	14	9,81	6,18
205	25	52	15	10,8	6,95
206	30	62	16	15,0	10,0
207	35	72	17	19,7	13,6
208	40	80	18	25,1	17,8
209	45	85	19	26,2	17,8
210	50	90	20	27,0	19,0
211	55	100	21	33,3	25,0
212	60	110	22	40,3	30,9
213	65	120	23	44,0	34,0
214	70	125	24	47,9	37,4
215	75	130	25	50,9	41,1
216	80	140	26	55,9	44,5
217	85	150	28	64,1	53,1
218	90	160	30	73,8	60,5

Приложение 5

Шариковые подшипники радиальные однорядные стандартные (ГОСТ 8338-75) средняя серия 300

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм			Динамическая грузоподъём- ность C_r , кН	Статическая грузоподъём- ность C_0 , кН
	d	D	B		
300	10	35	11	6,24	3,76
301	12	37	12	7,48	4,64
302	15	42	13	8,73	5,4
303	17	47	14	10,7	6,67
304	20	52	15	12,3	7,79
305	25	62	17	17,3	11,4
306	30	72	19	21,6	14,8
307	35	80	21	25,7	17,6
308	40	90	23	31,3	22,3

Продолжение приложения 5

309	45	100	25	37,1	26,2
310	50	110	27	47,6	35,6
311	55	120	29	54,9	41,8
312	60	130	31	62,9	48,4
313	65	140	33	71,3	55,6
314	70	150	35	80,1	63,3
315	75	160	37	87,3	71,4
316	80	170	39	94,6	80,1
317	85	180	41	102	89,2
318	90	190	41	110	99,0

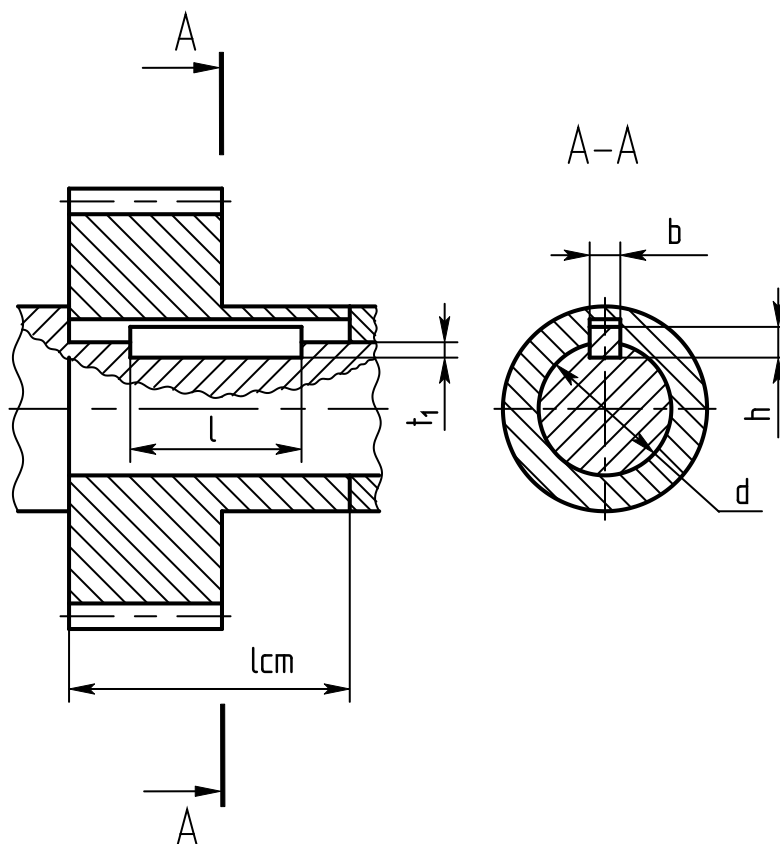
Приложение 6

Шариковые подшипники радиальные однорядные стандартные (ГОСТ 8338-75) Тяжёлая серия

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм			Динамическая грузоподъём- ность C_r , кН	Статическая грузоподъём- ность C_0 , кН
	d	D	B		
403	17	62	17	17,5	11,9
405	25	80	21	28,6	20,4
406	30	90	23	36,5	26,7
407	35	100	35	42,8	31,3
408	40	110	27	49,3	36,3
409	45	120	29	59,2	45,5
410	50	130	31	67,2	53,0
411	55	140	33	77,2	62,5
412	60	150	35	83,9	70,0
413	65	160	37	90,8	78,1
414	70	180	42	111	105
415	75	190	45	117	115
416	80	200	48	126	125
417	85	210	52	133	135

Приложение 7

Шпонки призматические ГОСТ 23360-78



Диаметр вала d, мм		Сечение шпонки, мм		Глубина паза, мм	
<i>Свыше</i>	<i>до</i>	b	h	вала t ₁	отв. t ₂
12	17	5	5	3	2,3
17	22	6	6	3,5	2,8
22	30	8	7	4	3,3
30	38	10	8	5	3,3
38	44	12	8	5	3,3
44	50	14	9	5,5	3,8
50	58	16	10	6	4,3
58	65	18	11	7	4,4
65	75	20	12	7,5	4,9
75	85	22	14	9	5,4
85	95	25	14	9	5,4
95	110	28	16	10	6,4

Стандартный ряд длин шпонок, мм: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 160; 180.

Список используемых источников

Основные источники

1. Мовнин М.С. Основы технической механики [Электронный ресурс]: учебник / М.С. Мовнин, А.Б. Израелит, А.Г. Рубашкин. — Электрон.текстовые данные. — СПб. : Политехника, 2016. — 289 с. — 978-5-7325-1087-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58853.html>

Дополнительные источники

1. Завистовский В.Э. Техническая механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Э. Завистовский, Л.С. Турищев. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 368 с. — 978-985-503-444-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67748.html>
2. Беляева О.А. Педагогические технологии в профессиональной школе [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О.А. Беляева. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2016. — 60с. — 978-985-503-564-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67712/html>
3. Вестник машиностроения [Текст] / Учредитель ООО «Издательство «Инновационное машиностроение». — М.: ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2016 – 2018