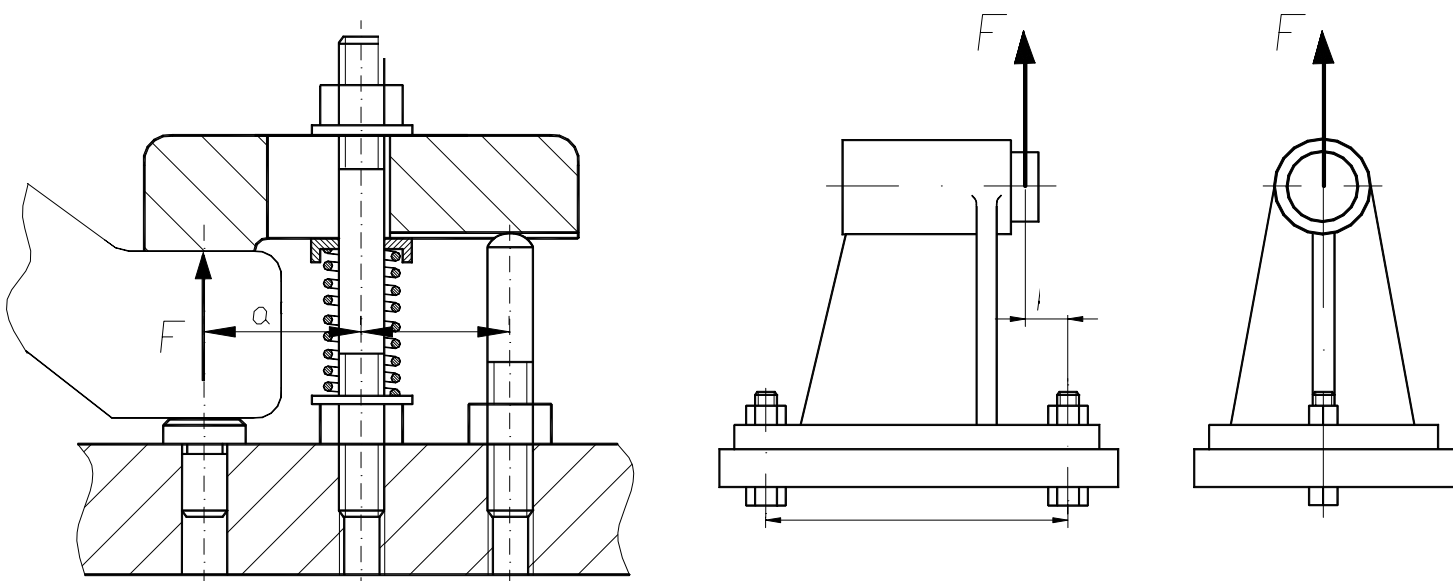


**КОНТРОЛЬНЫЕ  
ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ  
"ДЕТАЛИ МАШИН"**



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Тамбовский государственный технический университет"

**КОНТРОЛЬНЫЕ  
ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ  
"ДЕТАЛИ МАШИН"**

Методические указания для студентов заочного отделения  
специальностей 120100, 170500, 170600, 311300, 311900



---

Тамбов  
Издательство ТГТУ  
2005

УДК 621.86.01  
ББК 34.42  
К651

Рецензент

Доктор технических наук  
*В.Ф. Першин*

Авторы - составители:

*Ю.В. Воробьев, А.Д. Ковергин, П.А. Галкин, Г.С. Баронин*

К65  
1 Контрольные задания по курсу "Детали машин": метод. указ. / авт.-сост.: Ю.В. Воробьев, А.Д. Ковергин, П.А. Галкин, Г.С. Баронин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 32 с.

Даны основные положения оформления контрольной работы, задания, а также примеры выполнения типовых проектировочных расчетов.

Предназначены для студентов заочного отделения специальностей 120100, 170500, 170600, 311300, 311900.

УДК 621.86.01  
ББК 34.42

© Тамбовский государственный  
технический университет  
(ТГТУ), 2005

Учебное издание

**КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ  
"ДЕТАЛИ МАШИН"**

Методические указания

А в т о р ы - с о с т а в и т е л и:

ВОРОБЬЕВ Юрий Валентинович,  
КОВЕРГИН Алексей Дмитриевич,  
ГАЛКИН Павел Александрович,  
БАРОНИН Геннадий Сергеевич

Редактор З.Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 15.04.2005.

Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,72 уч.-изд. л.

Тираж 200 экз. С. 254

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## ВВЕДЕНИЕ

Решение контрольных задач по деталям машин развивает навыки самостоятельной и творческой работы студентов. Студент должен уметь:

- пользоваться справочной литературой, ГОСТами, а также графическими материалами;
- выбирать наиболее подходящие материалы для деталей машин и рационально их использовать;
- выполнять расчеты деталей, узлов и механизмов в машинах, пользуясь справочной литературой, ГОСТами и другой нормативной документацией;

В данном издании приведены основные принципы и правила проектирования машин и их деталей на примере приводов общего назначения, а также дана информация по выбору материалов деталей машин, методам расчета, оформлению чертежей.

Задания на проектирование составлены на основе требований Государственного Стандарта, учебного плана и рабочей программы по деталям машин для студентов механических и машиностроительных специальностей вуза.

В указаниях также приведены примеры проектирования, справочная информация и рекомендуемая литература.

## 1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Контрольная работа оформляется в соответствии с СТП ТГТУ 07–97 на стандартных листах бумаги формата А4 (210×297), пронумерованных и сшитых в тетрадях с плотной обложкой. Она может быть набрана на компьютере в MICROSOFT WORD (шрифт Times New Roman, кегль 12), а также может быть написана от руки.

В состав контрольной работы входит: титульный лист, решение задач, список использованных источников.

Расчеты рекомендуется производить в единицах СИ. Достаточная точность машиностроительных расчетов: для сил – в десятке чисел Н, для моментов – в десятых долях чисел Н·м и для напряжений – в десятых долях чисел МПа. При технических расчетах следует брать  $\pi = 3,14$ ;  $\pi^2 = 10$ ;  $g = 10 \text{ м/с}^2$ ;  $\pi/32 = 0,1$ ;  $\pi/64 = 0,05$ ;  $\pi/16 = 0,2$  и т.д.

Расчет рекомендуется писать в следующей форме: сначала должна быть написана формула в буквах; затем, без всяких алгебраических преобразований в цифрах; после этого – результат вычисления.

Расчет следует писать с достаточно ясными заголовками, в определенном порядке, с необходимым пояснительным текстом. Он сопровождается эскизами рассчитываемых деталей, а также схемами сил и эпюрами моментов, действующих на эти детали. При необходимости к эскизам надо давать расчетные сечения.

Задание на контрольную работу обозначается двумя цифрами, например 2.8, где 2 – номер группы задач, 8 – номер варианта.

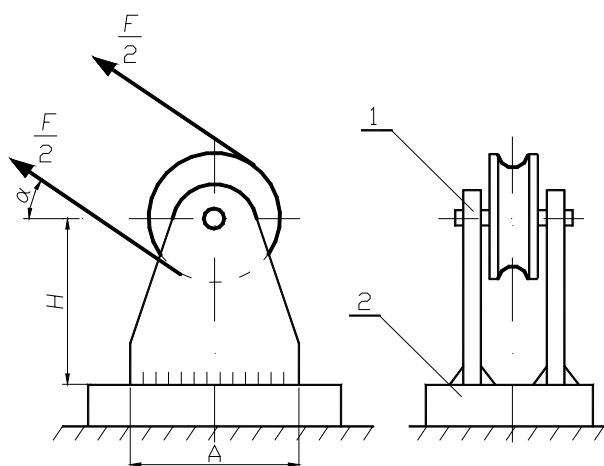
## 2 ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ

### Первая группа задач

1.1 Рассчитать сварные швы для крепления боковин 1 неподвижного блока к основанию 2 (рис. 1), по данным табл. 1.

Таблица 1

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/5$	$\pi/6$	$\pi/4$
$H$ , мм	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570
$A$ , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290

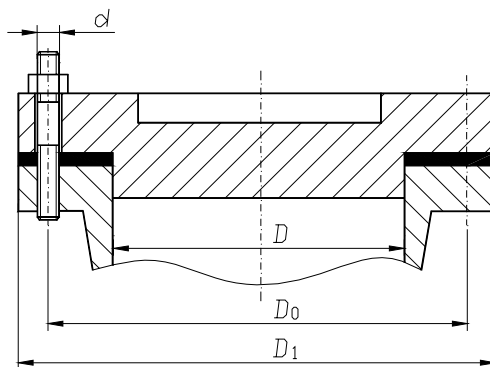


**Рис. 1 Блок неподвижный:**  
1 – боковина; 2 – основание

1.2 Рассчитать шпильки, которыми крышка прикреплена к паровому цилиндру (рис. 2). Давление пара в цилиндре часто меняющееся от 0 до максимального значения  $p$ . Максимальное рабочее давление пара  $p$ , внутренний диаметр цилиндра  $D$  и наружный диаметр крышки и фланца цилиндра  $D_1$  приведены в табл. 2. Недостающими данными задаться.

Таблица 2

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p$ , МПа	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,51
$D$ , мм	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
$D_1$ , мм	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500



**Рис. 2**

1.3 Рассчитать глобоидную передачу редуктора (рис. 3). Передаваемая червяком мощность  $P_1$ , угловая скорость его  $\omega_1$  и угловая скорость червячного колеса  $\omega_2$  приведены в табл. 3. Срок службы редуктора 35 000 ч.

Таблица 3

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$\omega_1$ , рад/с	100	100	100	100	100	150	150	150	150	150
	4	5	8	4	5	6	10	6	10	6

$\omega_2$ , рад/с									
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1.4 По данным предыдущей задачи 1.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 3) и подобрать подшипники качения. Расстояние между подшипниками рассчитать шпоночное соединение. Недостающими данными задаться. Конструкцию вала показать на рис. 4).

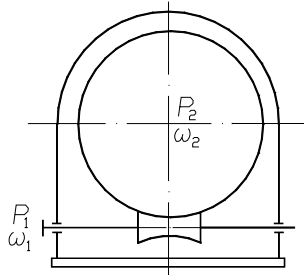


Рис. 3

задачи 1.3 рассчитать вал червячного для него подшипники качения. вала принять конструктивно. червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала (пример

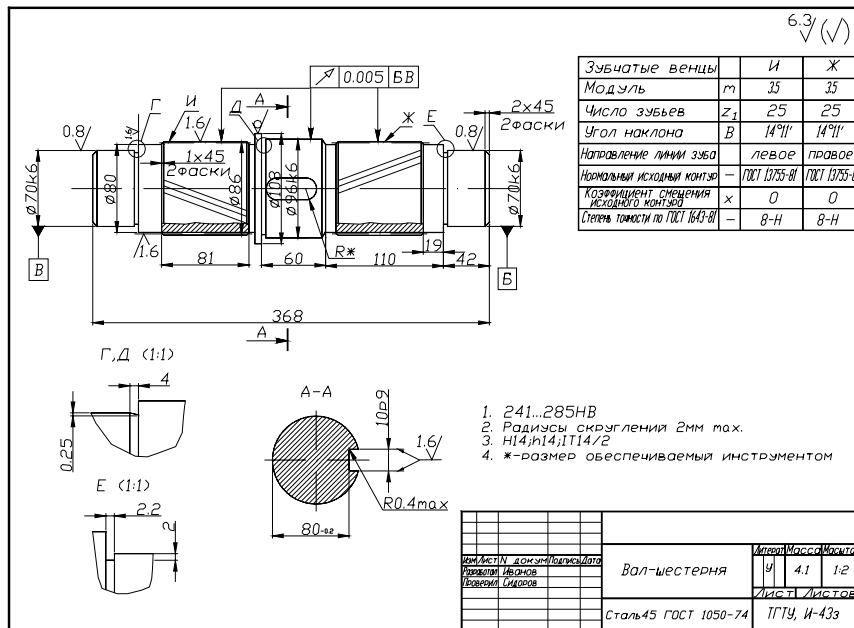


Рис. 4

### Вторая группа задач

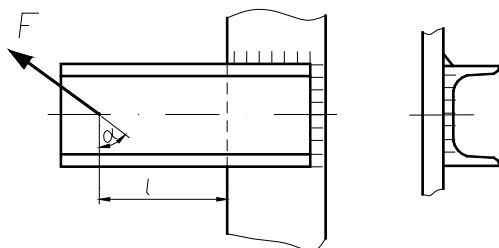


Рис. 5

2.1 Рассчитать сварное соединение, крепящее опорный швеллер к стальной колонне (рис. 5). Материал электрода и метод сварки назначить самостоятельно. Данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$\alpha$ , рад	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$
$l$ , мм	650	700	750	800	850	900	950	100	105	110
								0	0	0

2.2 Рассчитать болты, которыми стойка прикрепляется к плите (рис. 6), по данным табл. 5.

Таблица 5

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$a$ , мм	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
$b$ , мм	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110

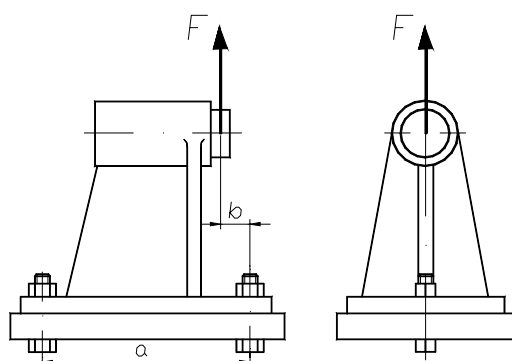


Рис. 6

2.3 Рассчитать зубчатые колеса коробки передач (рис. 7). Мощность на ведущем валу  $P_1$ , передаточные числа  $u_{\max}$  и  $u_{\min}$

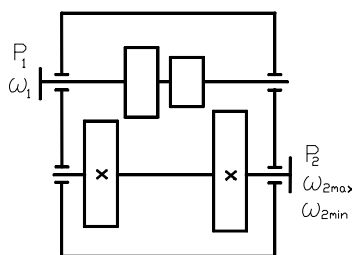


Рис. 7

мощность на ведущем валу  $P_1$ , передаточные числа  $u_{\max}$  и  $u_{\min}$  и приведены в табл. 6.

Таблица 6

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	6	7	8	6	7	8	8	9	10	12
$\omega_1$ , рад/с	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
$u_{\max}$	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9
$u_{\min}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

2.4 По данным задачи 2.3 рассчитать выходной вал коробки передач (рис. 7) и подобрать для него подшипники качения. Расстоянием между подшипниками, а также между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шлицевое соединение вала с блоком зубчатых колес. Выходной вал



коробки скоростей соединяется со следующим валом посредством зубчатой муфты. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### Третья группа задач

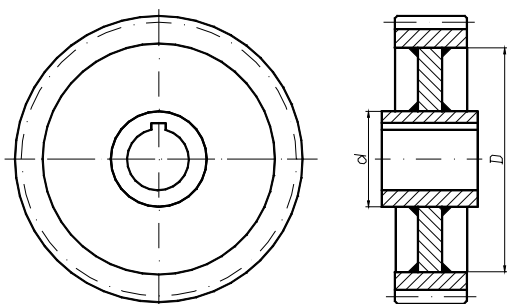


Рис. 8

3.1 Рассчитать сварные швы, соединяющие зубчатый венец колеса с его диском и диск со ступицей (рис. 8). Передаваемая зубчатым колесом мощность  $P$ , угловая скорость его  $\omega$  и диаметры  $D$  и  $d$  приведены в табл. 7.

Материал обода и ступицы – сталь 30, материал диска – сталь 15.

Таблица 7

	Вели-							Варианты			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$P_1$ , кВт	15	18	20	22	25	28	30	32	35	38	
$\omega$ , рад/с	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
$D$ , мм	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	
$d$ , мм	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	

3.2 Рассчитать болты фланцевой муфты (рис. 9). Передаваемая муфтой мощность  $P$ , угловая скорость муфты  $\omega$ , диаметр окружности центров болтов  $D$  и число болтов  $z$  приведены в табл. 8. Материал половин муфты – чугун.

Таблица 8

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , кВт	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$\omega$ , рад/с	10	11	12	13	14	10	11	12	13	14
$D$ , мм	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
$z$ , шт.	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8

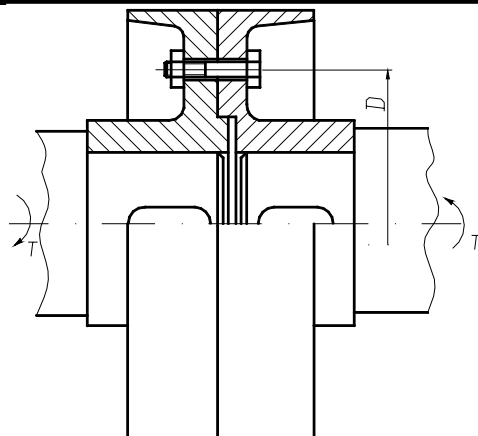


Рис. 9

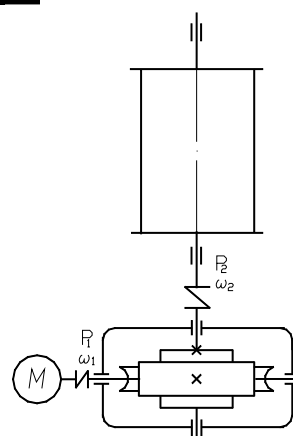


Рис. 10

3.3 Рассчитать червячную передачу редуктора для привода лебедки (рис. 10). Мощность электродвигателя  $P_1$ , угловая скорость  $\omega_1$  и угловая скорость барабана  $\omega_2$  приведены в табл. 9. Недостающими данными задаться. Срок службы редуктора 30 000 ч.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	12	14	16	18	20	12	14	16	18	20
$\omega_1$ , рад/с	78	78	78	78	10	10	10	15	15	15
$\omega_2$ , рад/с	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0
					10	10	10	12	12	12

3.4 По данным задачи 3.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 10) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояние между подшипниками выбрать конструктивно. Вал колеса соединяется с валом барабана посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

#### Четвертая группа задач

4.1 Рассчитать сварное соединение двух уголков с косынкой (рис. 11). На оба уголка действует растягивающая сила  $2F$ , приведенная в табл. 10.

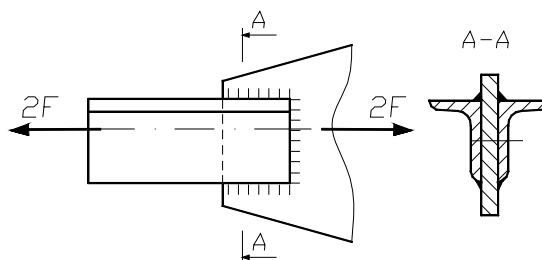


Рис. 11

Таблица 10

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$2F$ , кН	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

4.2 Определить диаметр шпильки для станочного прихвата (рис. 12) по данным табл. 11. Недостающими данными задаться.

Таблица 11

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,5
$a$ , мм	12	12	14	15	16	12	13	14	15	16
$b$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	11	12	12	13	11	11	12	12	13
	0	5	0	5	0	0	5	0	5	0

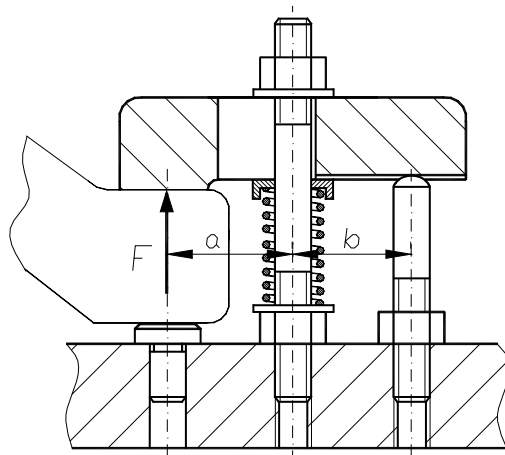


Рис. 12

4.3 Рассчитать зубчатые передачи редуктора привода ленточного транспортера (рис. 13). Мощность электродвигателя  $P_1$ , угловая скорость его  $\omega_1$  и угловая скорость барабана  $\omega_3$  приведены в табл. 12. Срок службы редуктора 28 000 ч.

Таблица 12

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
$\omega_1$ , рад/с	15	15	15	10	10	10	77	77	77	77
$\omega_3$ , рад/с	0	0	0	0	0	0	9	8	7	6

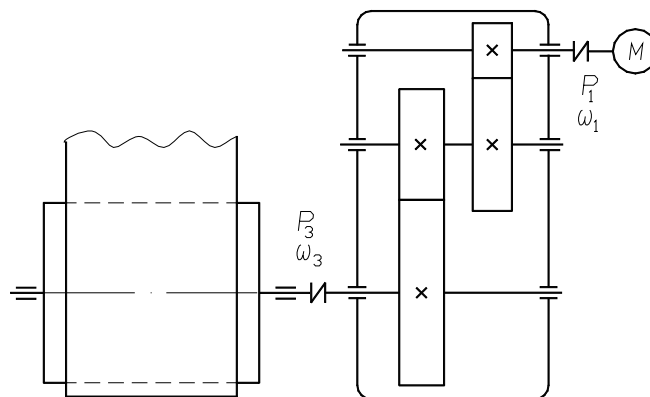


Рис. 13

4.4 По данным задачи 4.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 13) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### Пятая группа задач

5.1 Рассчитать сварное соединение, состоящее из серьги, блоков и швеллера (рис. 14), по данным табл. 13.

Таблица 13

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

$h$ , мм	20	20	25	25	25	30	30	35	40	40
$\delta$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\alpha$ , рад	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/4$	$\pi/6$	$\pi/4$

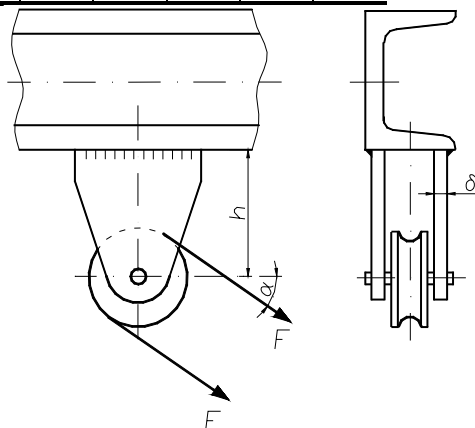


Рис. 14

5.2 Рассчитать болты крепления чугунного кронштейна с подшипником (рис. 15) к кирпичной стене по данным табл. 14. Недостающими данными задаться.

Таблица 14

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	10	10	10	9	9	9	8	8	8	8
$\alpha$ , рад	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$	$\pi/3$	$\pi/6$	$\pi/4$
$a$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$b$ , мм	34	36	38	40	42	34	36	38	40	42
$c$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	70	90	50	70	90	50	70	90	50

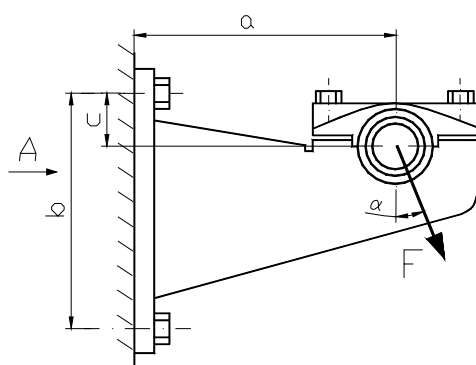


Рис. 15

5.3 Рассчитать планетарную зубчатую передачу редуктора (рис. 16). Мощность на ведущем валу  $P_1$ , угловая скорость ведущего вала  $\omega_1$  и угловая скорость ведомого вала  $\omega_2$  приведены в табл. 15. Срок службы зубчатых колес редуктора задаться.

Таблица 15

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	12	11	10	9	12	11	10	12	11	10
$\omega_1$	15	15	15	15	10	10	10	77	77	77

рад/с	0	0	0	0	0	0	0	8	10	12
$\omega_2$ , рад/с	20	22	24	26	12	14	16			

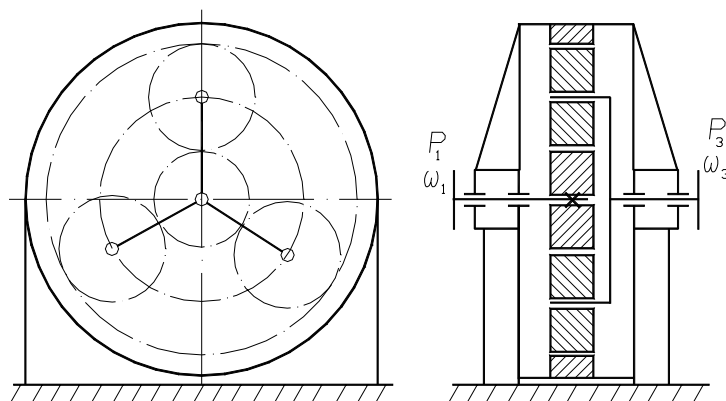


Рис. 16

5.4 По данным задачи 5.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 16) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками и от зубчатого колеса до ближайшего подшипника задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### Шестая группа задач

6.1 Определить размеры  $h$  и  $\delta$  листов 1 и 2, прикрепленных к швеллерам колонны (рис. 17), и рассчитать сварные швы их по данным табл. 16.

Таблица 16

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
$L$ , м	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0

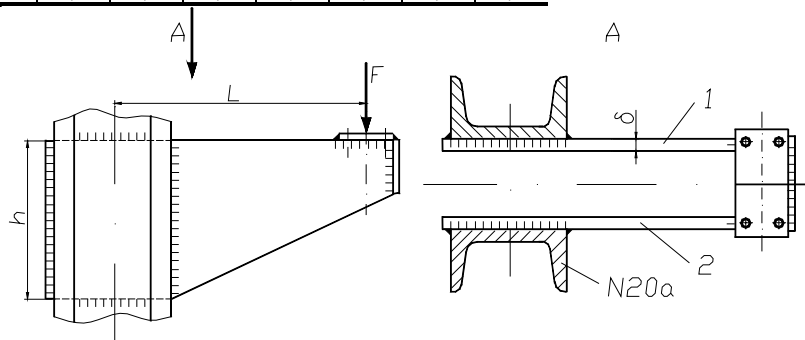


Рис. 17

6.2 Рассчитать болты, соединяющие крышку с цилиндрическим сосудом для сжатого воздуха (рис. 18). Давление воздуха в цилиндре по манометру  $p$ , наружный диаметр центрирующего выступа и внутренний диаметр прокладки  $D$ , наружный диаметр крышки фланца цилиндра и прокладки  $D_1$  приведены в табл. 17. Недостающими данными задаться.

Таблица 17

Вели-	Варианты
-------	----------

чина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p$ , МПа	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$D$ , мм	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
$D_1$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

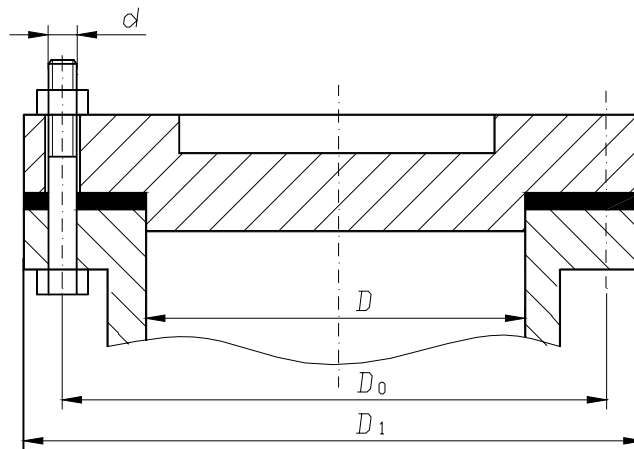


Рис. 18

6.3 Рассчитать вес поднимаемого груза диаметр тягового колеса  $D_{т.к}$  табл. 18. Режим работы передачи 18 000 ч.

6.4 По данным задачи вичного колеса (рис. 19) и ния. Расстояние между шестикратной ширине шлицевое соединение вала вала (см. рис. 4).

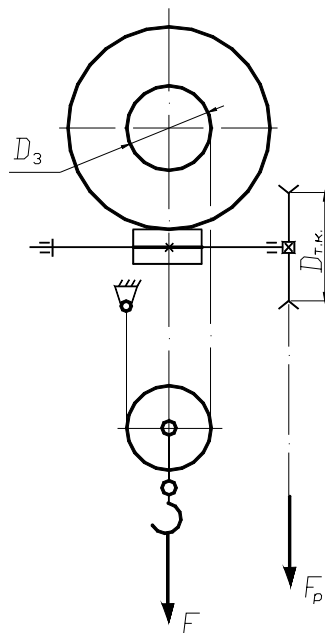


Рис. 19

червячную передачу ручной тали (рис.  $F$ , усилие рабочего на тяговую цепь  $F_p$ , и диаметр звездочки  $D_3$  приведены в кратковременный. Срок службы

6.3 рассчитать вал звездочки и чер-подобрать для него подшипники каче-опорами вала принять равным червячного колеса. Рассчитать со звездочкой. Привести рабочий эскиз

Таблица 18

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	15	15	15	18	18	18	22	22	25	25
$F_p$ , Н	15	16	17	18	19	15	16	17	18	19
$D_{т.к}$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	30	30	31	31	31	32	32	33	33
$D_3$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	12	13	13	14	14	15	15	16	16
	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5

### Седьмая группа задач

7.1 Рассчитать сварное соединение для клеммового рычага (рис. 20) по данным табл. 19.

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
$L$ , см	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58

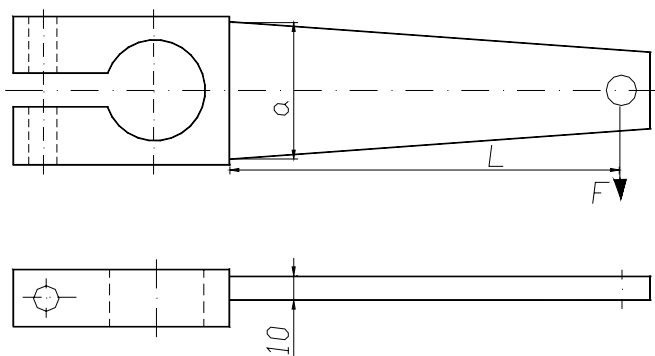


Рис. 20

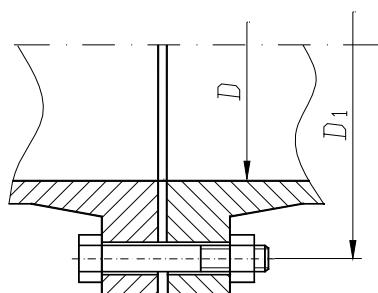


Рис. 21

7.2 Рассчитать болты фланцевого соединения водопроводных труб (рис. 21). Давление воды внутри труб по манометру  $p$ , диаметр труб  $D$  и диаметр окружности центров болтов  $D_1$  приведены в табл. 20. Недостающими данными задаться.

Таблица 20

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$p$ , МПа	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,5
$D$ , мм	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$D_1$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.3 Рассчитать цилиндрическую зубчатую передачу коническо-цилиндрического прямозубого редуктора (рис. 22). Мощность на ведущем валу редуктора  $P_1$ , его угловая скорость  $\omega_1$ , угловая скорость ведомого вала  $\omega_3$  приведены в табл. 21. Сроком службы задаться.

Таблица 21

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
$\omega_1$ , рад/с	77	77	77	10	10	10	15	15	15	15
$\omega_3$ , рад/с	7	8	9	0	0	0	0	0	0	0
	10	11	12	10	11	12	13	14	15	16

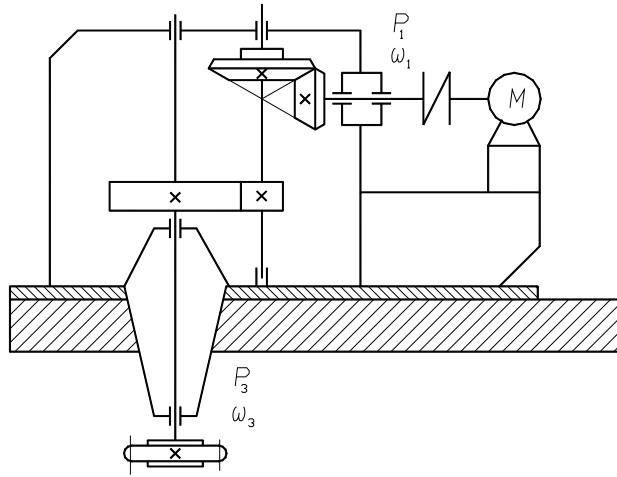


Рис. 22

7.4 По данным задачи 7.3 рассчитать ведущий вал редуктора (рис. 22) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между подшипниками и шестерней задаться. Ведущий вал редуктора соединяется с валом электродвигателей посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### Восьмая группа задач

8.1 Рассчитать сварное соединение листа 1 с уголком 2 (рис. 23) по данным табл. 22.

Таблица 22

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$b$ , см	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
$a$ , см	10	10	10	10	12	12	12	12	14	14
$\alpha$ , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$

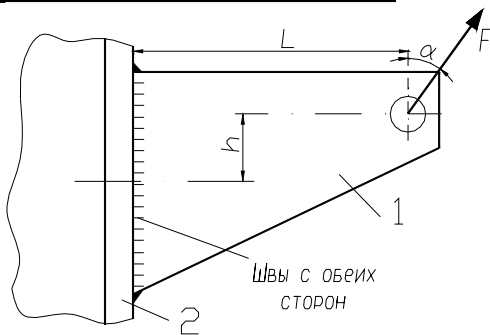


Рис. 23

8.2 Рассчитать болты, которыми полоса 1 прикреплена к швеллерной балке 2 (рис. 24), по данным табл. 23. Определить диаметр болтов для двух случаев, когда они стоят: а) без зазора; б) с зазором. Коэффициент трения между полосой и балкой  $f = 0,2$ .

Таблица 23

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



$\alpha$ , рад	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$	$\pi/9$	$\pi/12$	$\pi/6$
----------------	---------	---------	----------	---------	---------	----------	---------	---------	----------	---------

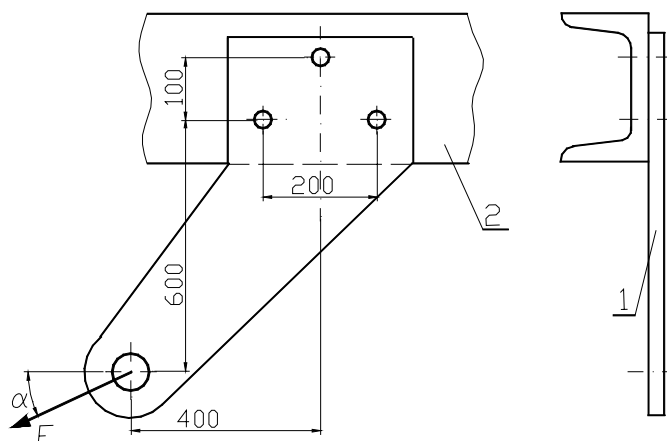


Рис. 24

8.3 Рассчитать колеса редуктора (рис. 25). Мощность на скорости ведомого вала  $\omega_3$  и пере- в табл. 24. Сроком службы

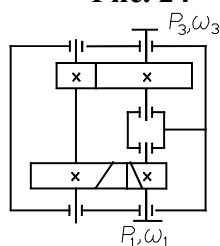


Рис. 25

косозубо-прямозубого соосного ведомом вала редуктора  $P_3$ , угловая даточное число редуктора  $i$  и приведены зубчатых колес задаться.

Таблица 24

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3$ , кВт	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
$\omega_3$ , рад/с	5	5	6	6	5	5	7	7	6	6
$i$	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

8.4 По данным задачи 8.3 рассчитать промежуточный вал редуктора (рис. 25) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между зубчатыми колесами и подшипниками задаться. Рассчитать шпоночное соединение вала с зубчатым колесом. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### Девятая группа задач

9.1 Рассчитать сварное соединение двух уголков с плитой (рис. 26). Угол  $\alpha = \pi/6$  рад, а действующая на уголки сила  $F$  приведена в табл. 25.

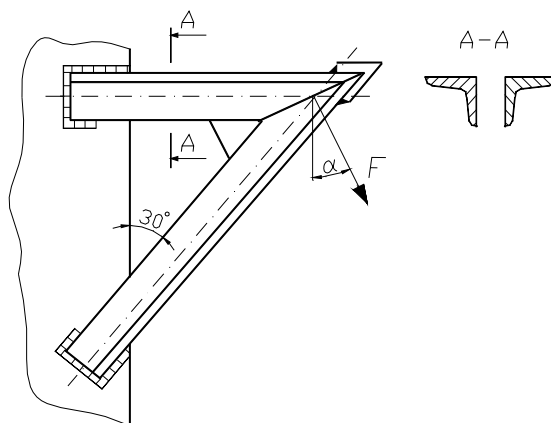
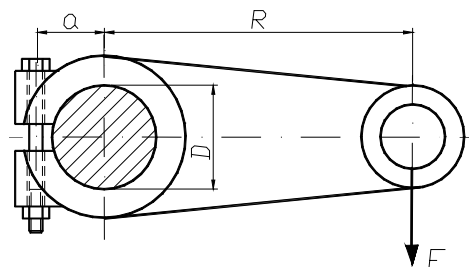


Рис. 26

Таблица 25

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95



9.2 Рассчитать болт клеммового соединения, посредством которого рычаг неподвижно закрепляется на валу (рис. 27). Диаметр вала  $D$ , сила, действующая на рычаг,  $F$ , радиус рычага  $R$  и расстояние от оси болта до вала  $a$  приведены в табл. 26. Материал вала – сталь, материал рычага – чугун.

Таблица 26

Рис. 27

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D$ , мм	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$F$ , Н	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$R$ , мм	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
$a$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42

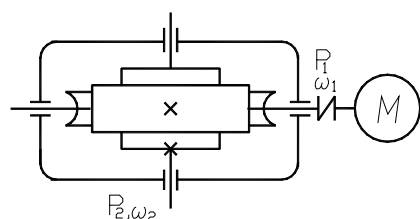


Рис. 28

9.3 Рассчитать червячную передачу редуктора (рис. 28). Передаваемая червяком мощность  $P_1$ , угловая скорость его  $\omega_1$  и передаточное число передачи  $u$  приведены в табл. 27. Недостающими данными задаться. Срок службы передачи 20 000 ч.

Таблица 27

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\omega_1$ , рад/с	77	77	77	0	0	0	0	0	0	0
$u$	14	14	16	16	18	18	20	20	22	22

9.4 По данным задачи 9.3 рассчитать вал червячного колеса редуктора (рис. 28) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстоянием между подшипниками задаться. Вал колеса соединяется со следующим валом посредством упругой муфты. Рассчитать посадку с натягом для соединения червячного колеса с валом. Привести рабочий эскиз вала (рис. 4).

### Десятая группа задач

10.1 Рассчитать сварное соединение двутавровой балки с колонной (рис. 29) по данным табл. 28.

Таблица 28

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
$L$ , м	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1

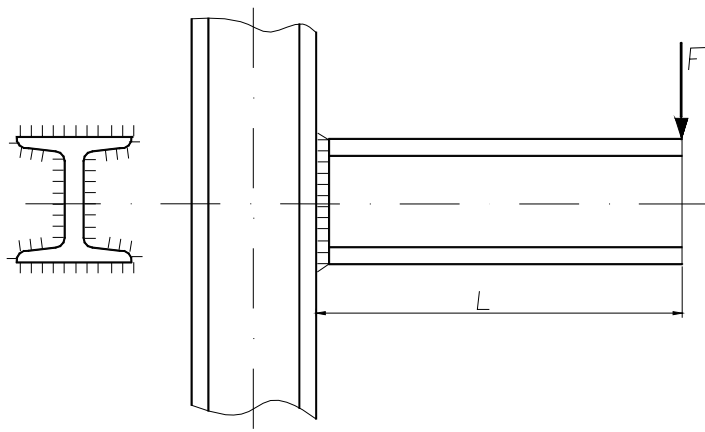


Рис. 29

10.2 Рассчитать болты крепления зубчатого колеса к барабану лебедки (рис. 30). Вес поднимаемого груза  $F$ , диаметр барабана  $D_1$  и диаметр окружности центров болтов  $D_2$  приведены в табл. 29.

Таблица 29

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F$ , кН	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
$D_1$ , мм	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45
$D_2$ , мм	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	40	40	45	45	50	50	55	55	60	60
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

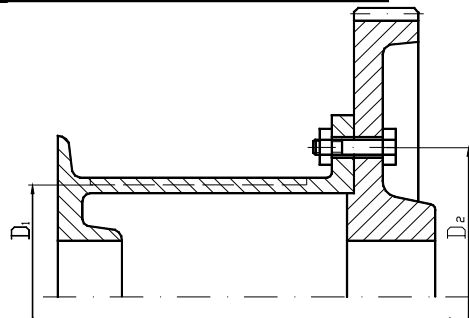
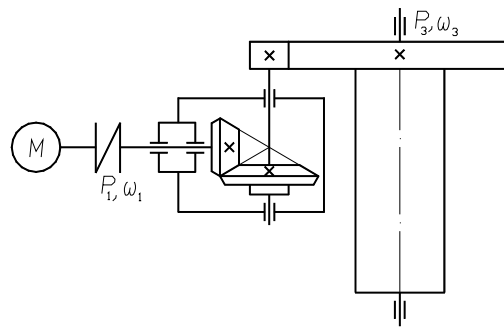


Рис. 30

10.3 Рассчитать коническую зубчатую передачу редуктора и открытую цилиндрическую зубчатую передачу привода шаровой мельницы (рис. 31). Мощность на зубчатом колесе мельницы  $P_3$ , угловая скорость его  $\omega_3$  и передаточное число привода  $u$  приведены в табл. 30. Срок службы передачи 30 000 ч.

Таблица 30

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_3$ , кВт	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\omega_3$ , рад/с	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10
$u$	12	14	15	16	12	14	15	16	12	15

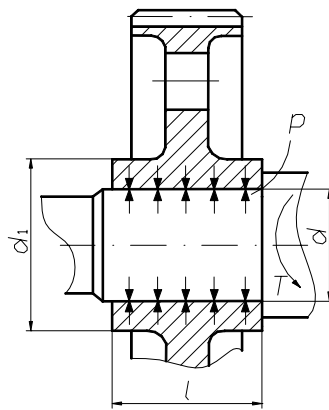


**Рис. 31**

10.4 По данным задачи 10.3 рассчитать ведущий вал редуктора (см. рис. 31) и подобрать для него по ГОСТу подшипники качения. Расстояниями между подшипниками, а также между шестерней и подшипником задаться. Ведущий вал соединяется с валом электродвигателя посредством упругой муфты. Рассчитать шпоночное соединение вала с муфтой. Привести рабочий эскиз вала (см. рис. 4).

### 3 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

**Пример 1.** Для вала, мощность  $P = 75$  кВт при гарантированным натягом запрессовки (рис. 32).  
45 (улучшенная)



**Рис. 32** Расчетная схема соединения с натягом

передающего зубчатому колесу  $n = 300 \text{ мин}^{-1}$  подобрать посадку с и проверить прочность деталей после Материал колеса и вала принять – сталь  $\sigma_T = 450 \text{ МПа}$ .

размеры соединения.

- 1 Определяем
- 1.1 Диаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{30P}{\pi n 0,2[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{30 \cdot 75 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 300 \cdot 0,2 \cdot 4 \cdot 10^7}} = 0,00668 \text{ м} = 66,8 \text{ мм},$$

где  $[\tau] = 40 \text{ МПа}$  – допускаемые напряжения кручения [1].

Используя ряд предпочтительных чисел, принимаем  $d = 70 \text{ мм}$ .

- 1.2 Диаметр ступицы колеса [7]:

$$d_1 = 1,5 \cdot d + 10 = 1,5 \cdot 70 + 10 = 115 \text{ мм}.$$

- 1.3 Длина ступицы колеса [7]  $l = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 70 = 105 \text{ мм}$ .

2 Определим удельное давление в соединении, необходимое для передачи заданного вращающего момента

$$p = \frac{P \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 2}{\pi^2 \cdot n \cdot d^2 \cdot l \cdot f} = \frac{75 \cdot 30 \cdot 10^6 \cdot 2}{3,14 \cdot 300 \cdot 70^2 \cdot 105 \cdot 0,1} = 29,55 \text{ МПа};$$

здесь  $f = 0,1$  – коэффициент трения на поверхности соединения после сборки.

- 3 Определяем расчетный натяг по формуле Ляме:

$$N = pd \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^3 = 29,55 \cdot 70 \cdot \left( \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{2,48}{2,1 \cdot 10^5} \right) \cdot 10^3 = 31,3 \text{ мкм},$$

где  $E_1 = E_2 = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль упругости для материала колеса и вала;  $C_1$  и  $C_2$  – коэффициенты, определяемые по формулам:

$$C_1 = 1 - \mu = 1 - 0,3 = 0,7; \quad C_2 = \frac{d_1^2 + d^2}{d_1^2 - d^2} + \mu = \frac{115^2 + 70^2}{115^2 - 70^2} + 0,3 = 2,48;$$

здесь  $\mu = 0,3$  – коэффициент Пуассона для стальных деталей.

#### 4 Определяем минимальный табличный натяг

$$N_{\min} = N + (R_{z1} + R_{z2}) \cdot 1,2 = 31,3 + 1,2(6,3 + 10) = 50,86 \text{ мкм};$$

здесь  $R_{z1}$  и  $R_{z2}$  – максимальные высоты микронеровностей для поверхности вала и ступицы соответственно.

5 Выбираем посадку  $\text{Ø}70 \frac{\text{H}7}{\text{u}7}$ , схема полей допусков для которой показана на рис. 33. Тогда  $N_{\min} = 102 - 30 = 72 \text{ мкм} > 50,86 \text{ мкм}$ .

#### 6 Проверим прочность ступицы после сборки.

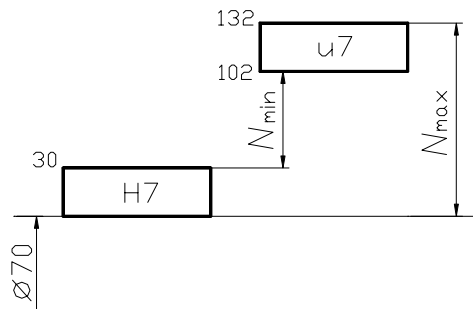
##### 6.1 Рассчитаем давление в соединении при максимальном натяге:

$$p_{\max} = \frac{N_{\max} - 1,2(R_{z1} + R_{z2})}{d \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) \cdot 10^3} = \frac{132 - 19,6}{70 \left( \frac{0,7 + 2,48}{2,1 \cdot 10^5} \right) \cdot 10^3} = 106 \text{ МПа}.$$

##### 6.2 Определим допускаемое давление в соединении:

$$[p] \leq \sigma_r \frac{d_1^2 - d^2}{2d_1^2} = 450 \cdot \frac{115^2 - 70^2}{2 \cdot 115^2} = 142 \text{ МПа}.$$

Прочность ступицы колеса обеспечена, так как  $106 \text{ МПа} < 142 \text{ МПа}$ . Также обеспечена и прочность вала при сплошном поперечном сечении [1].



**Рис. 33** Схема полей допусков вала и отверстия для посадки  $\text{Ø}70 \frac{\text{H}7}{\text{u}7}$

**Пример 2.** По данным примера 1 рассчитать соединение зубчатого колеса с валом по двум вариантам:

- 1) призматической шпонкой;
- 2) прямоугольными шлицами (зубьями).

#### 1 Определим размеры соединений.

1.1 Поперечное сечение шпонки по ГОСТ 10748–79 [7] –  $b = 20$  мм,  $h = 18$  мм, длину из условия размещения внутри ступицы –  $l_p = l - b - 5 = 105 - 20 - 5 = 80$  мм.

1.2 По ГОСТ 1139–80 [7] выбираем легкую серию с центрированием по внутреннему диаметру –  $d - 10 \times 72 \frac{\text{H}7}{\text{f}7} \times 78 \times 12 \frac{\text{F}8}{\text{f}8}$ ; длину соединения –  $l_p = l = 105$  мм.

2 Проверим работоспособность соединений.

2.1 На прочность по напряжениям смятия:

$$\sigma_{см} = \frac{4T}{d h l_p} = \frac{4P \cdot 30}{\pi n d h l_p} = \frac{4 \cdot 75 \cdot 10^6 \cdot 30}{3,14 \cdot 300 \cdot 70 \cdot 20 \cdot 80} = 85,3 \text{ МПа.}$$

Допускаемые напряжения [1] для шпонки из углеродистой стали и переходной посадки  $[\sigma_{см}] = 100 \text{ МПа}$ , что больше чем  $\sigma_{см} = 85,3 \text{ МПа}$ , следовательно, условие прочности выполняется.

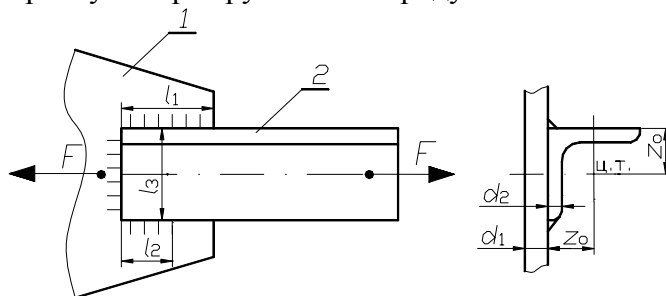
2.2 По обобщенному критерию работоспособности [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_{см} &= \frac{2T}{K z h d_{cp} l_p} = \frac{2P \cdot 30}{\pi n K z h d_{cp} l_p} = \\ &= \frac{2 \cdot 75 \cdot 10^6 \cdot 30}{3,14 \cdot 300 \cdot 0,75 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 75 \cdot 105} = 27 \text{ МПа,} \end{aligned}$$

где  $K = 0,75$  – коэффициент неравномерности;  $z = 10$  – число зубьев (шлиц);  $h = 0,5(D - d) = 0,5(78 - 72) = 3 \text{ мм}$  – рабочая высота зубьев (шлиц);  $D = 78 \text{ мм}$  – наружный диаметр шлицевого вала;  $d_{cp} = 0,5(D + d) = 0,5(78 + 72) = 75 \text{ мм}$  – средний диаметр шлицевого вала.

Допускаемые напряжения [1] для неподвижного соединения в средних условиях эксплуатации  $[\sigma_{см}] = 60 \text{ МПа}$ , что больше чем  $\sigma_{см} = 27 \text{ МПа}$ , следовательно, условие прочности выполняется.

**Пример 3.** Определить размеры лобового и фланговых швов сварного соединения (рис. 34). Соединение выполнено внахлестку сплошным нормальным швом: толщина накладке  $\delta_1$ , больше толщины полки уголка  $\delta_2$ . Материал свариваемых деталей сталь Ст3. Электрод Э42. Соединение должно быть равнопрочно основному материалу. Сварка ручная электродуговая.



**Рис. 34** Сварное нахлесточное соединение:

1 – накладка; 2 – уголок

1 Допустимую величину передаваемого усилия  $F$  определим по условию прочности углового профиля на растяжение

$$\sigma_p = F/A \leq [\sigma_p],$$

где  $F$  – растягивающее усилие;  $A$  – площадь поперечного сечения уголка;  $[\sigma_p]$  – допускаемое напряжение растяжения.

Свариваемые детали выполнены из стали Ст3 [4], для которой  $\sigma_T = 220 \text{ МПа}$ , тогда  $[\sigma_p] = \sigma_T/n = 220/1,46 = 150 \text{ МПа}$ , где  $n = (1,4 \dots 1,6)$  – запас прочности при расчете деталей на растяжение [1]. Площадь поперечного сечения уголка  $160 \times 160 \times 12$  находим по сортаменту [4]  $S = 3740 \text{ мм}^2$ . Тогда допускаемая величина передаваемого усилия

$$F = A [\sigma_p] = 3740 \cdot 150 = 561 \text{ 000 Н.}$$

2 Рассчитаем суммарную длину швов в соединении

$$(l_1 + l_2 + l_3) = \frac{F}{0,7k[\tau'_{cp}]} = \frac{561\,000}{0,7 \cdot 12 \cdot 90} = 750 \text{ мм},$$

где  $[\tau'_{cp}] = 0,6[\sigma_p] = 0,6 \cdot 150 = 90$  МПа – допустимые напряжения среза в сварных швах;  $k \leq 12$  мм – катет сварного шва.

3 Определим длины фланговых швов, при  $z_0 = 43,9$  мм. Суммарная длина фланговых швов, при  $l_3 = 160$  мм:  $(l_1 + l_2) = 750 - 160 = 590$  мм. Из условия равнопрочности швов

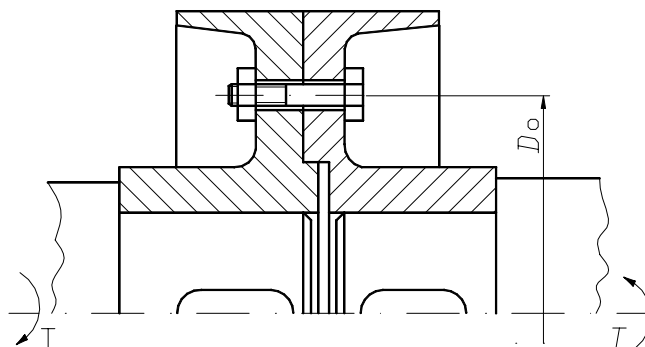
$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{l_3 - z_0}{z_0} = \frac{160 - 43,9}{43,9} = 2,64.$$

Тогда  $l_1 = 590 - l_2 = 590 - 0,378 l_1$ ;  $l_1 = 428$  мм;  $l_2 = 162$  мм.

**Пример 4.** Рассчитать болты фланцевой муфты (рис. 35), если передаваемая мощность  $P = 40$  кВт, частота вращения  $n = 100$  об/мин, диаметр  $D_0 = 236$  мм и число болтов  $z = 6$ . Нагрузка постоянная, коэффициент трения между полумуфтами  $f = 0,2$ . Болты изготовлены из качественной углеродистой стали – Сталь 20.

Расчет выполнить для двух вариантов конструкций:

- а) болты поставлены с зазором;
- б) болты поставлены без зазора.



**Рис. 35** Расчетная схема муфты

- 1 Определим вращающий момент, передаваемый муфтой,

$$T = 9,55 \cdot 10^3 \frac{P}{n} = 9,55 \cdot 10^3 \cdot \frac{40 \cdot 10^3}{100} = 3,82 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

- 2 Определим окружное усилие, приходящееся на один болт,

$$F = \frac{2T}{D_0 \cdot z} = \frac{2 \cdot 3,82 \cdot 10^6}{236 \cdot 6} = 5395 \text{ Н}.$$

- 3 Рассчитаем внутренний диаметр резьбы из условия прочности на растяжение (вариант а):

$$\sigma_{\text{экр}} = \frac{1,3 F_{\text{заг}}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{1,3 k F}{\pi d_1^2 f} = [\sigma],$$

откуда

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 k F}{\pi f [\sigma]}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 1,3 \cdot 5395}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 120}} = 27 \text{ мм},$$

где  $k = 1,3$  – коэффициент запаса по условию отсутствия сдвига [1];  $[\sigma] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{240}{2} = 120$  МПа – допустимое

напряжение растяжения;  $[S]$  – коэффициент запаса [1].

По таблице стандартов [6] выбираем болт с резьбой М36, для которой внутренний диаметр  $d_1 = 31,67$  мм.

4 Рассчитаем диаметр болта из условия прочности на срез (вариант б):

$$\tau = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau],$$

откуда

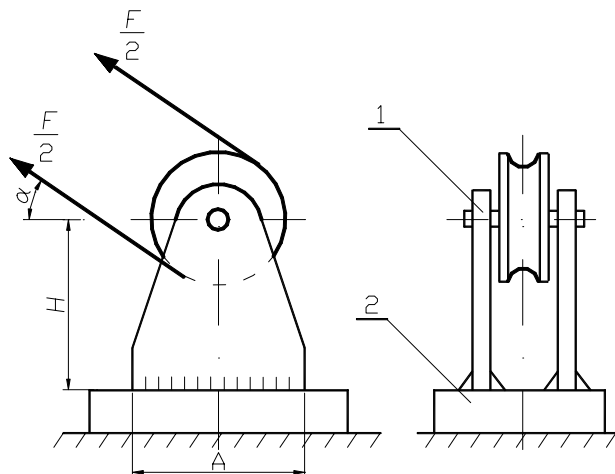
$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5395}{3,14 \cdot 96}} = 8,4 \text{ мм};$$

здесь  $[\tau] = 0,4 \cdot \sigma_T = 0,4 \cdot 240 = 96$  МПа [1, с. 55].

По таблице стандартов [6] выбираем болт с резьбой М10.

Вывод: болт поставленный без зазора обеспечивает меньшие габариты и вес муфты, однако требует более дорогой обработки и сборки.

**Пример 5.** Рассчитать сварные швы для крепления боковин 1 неподвижного блока к основанию 2 (рис. 36), по следующим данным:  $F = 35$  кН;  $\alpha = 30^\circ$ ;  $H = 430$  мм;  $A = 300$  мм.



**Рис. 36 Блок неподвижный:**

1 – боковина; 2 – основание

1 Принимаем, что соединение выполнено угловым швом без разделения кромок. Определим изгибающий момент и растягивающую силу, действующие на соединение:

$$M = FH \cos \alpha = 35\,000 \cdot 0,43 \cdot 0,866 = 13\,033 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$F = F \sin \alpha = 35\,000 \cdot 0,866 = 17\,500 \text{ Н}.$$

2 Определим допускаемые напряжения. Принимаем материал соединяемых деталей Ст3. При ручной дуговой сварке [1]:

$$[\tau'_{ср}] = 0,6 [\sigma_p] = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ МПа}.$$

3 Определим катет шва из условия прочности [1]:

$$\tau = \frac{6M}{4A^2 \cdot 0,7k} + \frac{F}{4A \cdot 0,7k} = [\tau'_{ср}];$$



$$k = \frac{6M + AF}{4A^2 \cdot 0,7k [\tau']} = \frac{6 \cdot 13033 + 0,3 \cdot 17500}{4 \cdot 0,3^2 \cdot 0,7 \cdot 90 \cdot 10^6} = 0,0037 \text{ мм} \approx 4 \text{ мм.}$$

4 Определим толщину боковин по условию  $\delta \geq 2k = 2 \cdot 4 = 8 \text{ мм}$ .

Проверим прочность боковин в опасном сечении:

$$\sigma = \frac{6M}{2\delta A^2} + \frac{F}{2\delta A} = \frac{6 \cdot 13033}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3^2} + \frac{17500}{2 \cdot 0,008 \cdot 0,3} = 57,95 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$\sigma = 57,95 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 150 \text{ МПа}$  – следовательно, условие прочности выполняется.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иванов М.Н., Финогенов В.Н. Детали машин. М.: Высш. шк., 2003. 408 с.
- 2 Гузенков П.Г. Детали машин. М.: Высш. шк., 1986. 359 с.
- 3 Чернавский С.А. Проектирование механических передач. М.: Машиностроение, 1984. 558 с.
- 4 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. Т. 1. 720 с.
- 5 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. Т. 3. 720 с.
- 6 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: 7-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. Т. 2. 748 с.
- 7 Детали машин: Атлас конструкций / Под ред. Д.Н. Решетова. М., 1992. 352 с.
- 8 Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М., 1985. 416 с.
- 9 Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. Курсовое проектирование. М., 1975. 551 с.
- 10 Курсовое проектирование деталей машин / Под ред. В.Н. Кудрявцева. Л., 1983. 400 с.
- 11 Решетов Д.Н. Детали машин. М., 1974. 520 с.
- 12 Пронин Б.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). М.: Машиностроение, 1980. 320 с.
- 13 Проектирование планетарных передач: Метод. указ. / А.Д. Ковергин, Л.Х. Никитина, Н.Ф. Майникова, Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 1993. 36 с.
- 14 Ничипорчик С.Н. и др. Детали машин в примерах и задачах. М.: Высш. шк., 1981. 432 с.