

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.12.2021 15:29:47  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabfb73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



СВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
02 201 г.

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИВОДОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Методические указания  
по курсовому проектированию и практическим занятиям  
по курсу «Детали машин и основы конструирования»  
для студентов очной и заочной формы обучения

Курск 2018

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ О.Г. Локтионова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

## **КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИВодОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Методические указания  
по курсовому проектированию и практическим занятиям  
по курсу «Детали машин и основы конструирования»  
для студентов очной и заочной формы обучения

Курск 2018

УДК 621.8

Составитель: А.А. Горохов, М.С. Разумов, О.С. Зубкова

Рецензент

кандидат технических наук, доцент *В.В. Малыгин*

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ И СИЛОВОЙ РАСЧЕТ ПРИВОДОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ:** Методические указания по курсовому проектированию и практическим занятиям по курсу «Детали машин и основы конструирования» для студентов очной и заочной формы обучения / Юго-Запад. гос. ун-т. Сост. А.А. Горохов, М.С. Разумов, О.С. Зубкова. - Курск, 2018 г. - 42 с.

Излагаются методические рекомендации по выбору электродвигателя и редуктора, выполнению кинематических расчетов приводов машин. Приведены справочные данные.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС-3 по направлению подготовки бакалавров направлений 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения.

Работа предназначена для студентов направлений 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 2,44. Уч. - изд. л.2,22. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## ВВЕДЕНИЕ

Темой курсового проекта по деталям машин, как правило, является расчет и конструкторская разработка приводов какой-либо транспортирующей машины с тяговым органом (ленточного или цепного конвейера, ковшевого элеватора и т.п.), Структурная схема привода включает электродвигатель и систему механических передач вращательного движения.

На первом этапе работы над проектом требуется определить параметры двигателя (его мощность и частоту вращения), выбрать двигатель по каталогу, определить общее передаточное число приводного механизма, а также частные передаточные числа для каждой передачи. Типы передач и их взаимное расположение содержатся в заданиях на курсовой проект.

Транспортирующие машины с тяговым органом предназначены для перемещения сыпучих или штучных грузов непрерывным потоком. Они характеризуются продолжительным режимом работы, что позволяет для этих машин рекомендовать трехфазные асинхронные электродвигатели общепромышленной серии с короткозамкнутым ротором с внешним обдувом. Эти двигатели применяются как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе при умеренной влажности и запыленности окружающей среды.

Выбор параметров двигателя и передаточного числа каждой из передач является весьма ответственным этапом проектирования. От того, насколько удачно решена эта задача, в значительной степени зависят конструктивные и эксплуатационные характеристики, а также внешний вид проектируемого изделия. На практике рациональная разбивка общего передаточного числа достигается на основании технико-экономического анализа целого ряда вариантов конструкции. При учебном проектировании студент не располагает достаточным временем для разработки и сопоставления нескольких вариантов. Настоящая методическая разработка представляет собой попытку дать последовательное изложение прямого кинематического расчета привода, а также рекомендации по выбору электродвигателя и разбивке общего передаточного числа, по выбору редуктора.

При разработке рекомендаций по разбивке общего передаточного числа зубчатого редуктора между отдельными ступенями авторы стремились обеспечить условия смазки погружением колес в общую масляную ванну и получить минимальные габариты редуктора, а при выборе передаточных чисел ременных, цепных и открытых зубчатых передач - получить пропорциональные размеры составных частей привода.

Приведенные ниже рекомендации следует рассматривать как ориентировочные. Дать однозначные указания относительно рациональной разбивки передаточных чисел для всех случаев, которые могут встретиться в заданиях на курсовые проекты, не представляется возможным по целому ряду причин.

Назовем главнейшие из них.

1. Конструктивные параметры элементов передач не связаны линейными зависимостями с силовыми факторами (то, что хорошо для привода мощностью, например, 3 кВт, может оказаться неприемлемым при 10 кВт).

2. Относительные размеры передач зависят не только от передаточных чисел и крутящих моментов, но и от некоторых других факторов (например, для зубчатых передач - от материала и вида термообработки колес, от величины коэффициента ширины колеса по межосевому расстоянию  $\Psi_{ва}$  и др.).

3. Разбивка передаточного числа может определяться самыми различными критериями оптимизации (минимальная металлоемкость изделия, равнопрочность ступеней, максимальная унификация деталей передач и др.). В процессе дальнейшей работы над проектом (чаще всего после выполнения прочностных расчетов всех передач) может оказаться необходимым скорректировать первоначальную разбивку общего передаточного числа, либо с целью получения более гармоничной конструкции редуктора и привода в целом, либо для обеспечения оптимальных условий смазки.

# 1. Выбор электродвигателя

Задание на курсовой проект представляет собой кинематическую схему привода (включая схему редуктора) с исходными данными.

Исходные данные (рис. 1.1, а - г):  $F_t$  (Н) - окружная сила на барабане ленточного или на звездочке цепного конвейера;  $v$  (м/с) - скорость движения ленты или цепи;  $D_6$  (мм) - диаметр барабана;  $z_{зв}$  - число зубьев и  $p_{зв}$  (мм) - шаг тяговой звездочки; (рис. 1.1, д - ж):  $T_B$  (Н·м) - вращающий момент и  $n_B$  (мин<sup>-1</sup>) - частота вращения выходного вала редуктора.

Для выбора электродвигателя определяют требуемую его мощность и частоту вращения.

Потребляемую мощность (кВт) привода (мощность на выходе) находят по формуле:

$$P_B = F_t v / 10^3 . \quad (1.1)$$

Тогда требуемая мощность электродвигателя:

$$P_{э.тр} = P_B / \eta_{общ}, \quad (1.2)$$

где  $\eta_{общ} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n$ .

Здесь  $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$  - КПД отдельных звеньев кинематической цепи, ориентировочные значения которых с учетом потерь в подшипниках можно принимать по табл. 1.1.

Если на данном этапе работы затруднительно определить передаточное число червячной передачи, то предварительно можно принять  $\eta$  равным 0,8.

Требуемая частота вращения вала электродвигателя:

$$n_{э.тр} = n_B u_1 u_2 \dots u_n , \quad (1.3)$$

где  $u_1 u_2 \dots u_n$  - передаточные числа кинематических пар изделия.

Предварительно вычисляют частоту вращения  $n_B$ , мин<sup>-1</sup> приводного вала (см. рис. 1.1, а - г) или выходного вала редуктора (см. рис. 1.1, д - ж):

$$n_B = 6 \cdot 10^4 v / (\pi D_6) \quad (1.4)$$

или

$$n_B = 6 \cdot 10^4 v / (\pi D_{зв}) , \quad (1.5)$$

где  $D_{зв} = p_{зв} / \sin(180^\circ/z_{зв})$  - делительный диаметр тяговой звездочки, мм.

Рекомендуемые значения передаточных чисел  $u_{рек}$  принимают по табл. 1.2.

Далее по табл.1.3 подбирают электродвигатель с мощностью  $P$ , кВт и частотой вращения  $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$  ротора, ближайшими к  $P_{э.тр}$  и  $n_{э.тр}$ . При подборе  $P$  допускается перегрузка двигателя до 8% при постоянной и до 12% при переменной нагрузке.

Может получиться так, что требуемая частота  $n_{э.тр}$  окажется примерно в середине между двумя стандартными значениями. Тогда следует сравнить размеры обоих двигателей. Обозначения двигателей в табл.1.4 содержат две или три цифры, после которых приведены буквы, например: 90L, 100S, 112M. Цифрами обозначен размер  $h$  - высота оси вала от опорной поверхности лапок двигателя. Эти цифры характеризуют также и другие размеры электродвигателя. Рекомендуют выбирать электродвигатель с меньшим числом в обозначении (с меньшей высотой  $h$ ). Масса, размеры и стоимость такого двигателя меньше.

Если же это число у обоих двигателей одинаковое, надо выбрать двигатель с меньшей частотой вращения вала. Масса, размеры и стоимость обоих двигателей примерно одинаковые, а передаточные числа и, следовательно, размеры передачи будут меньше.

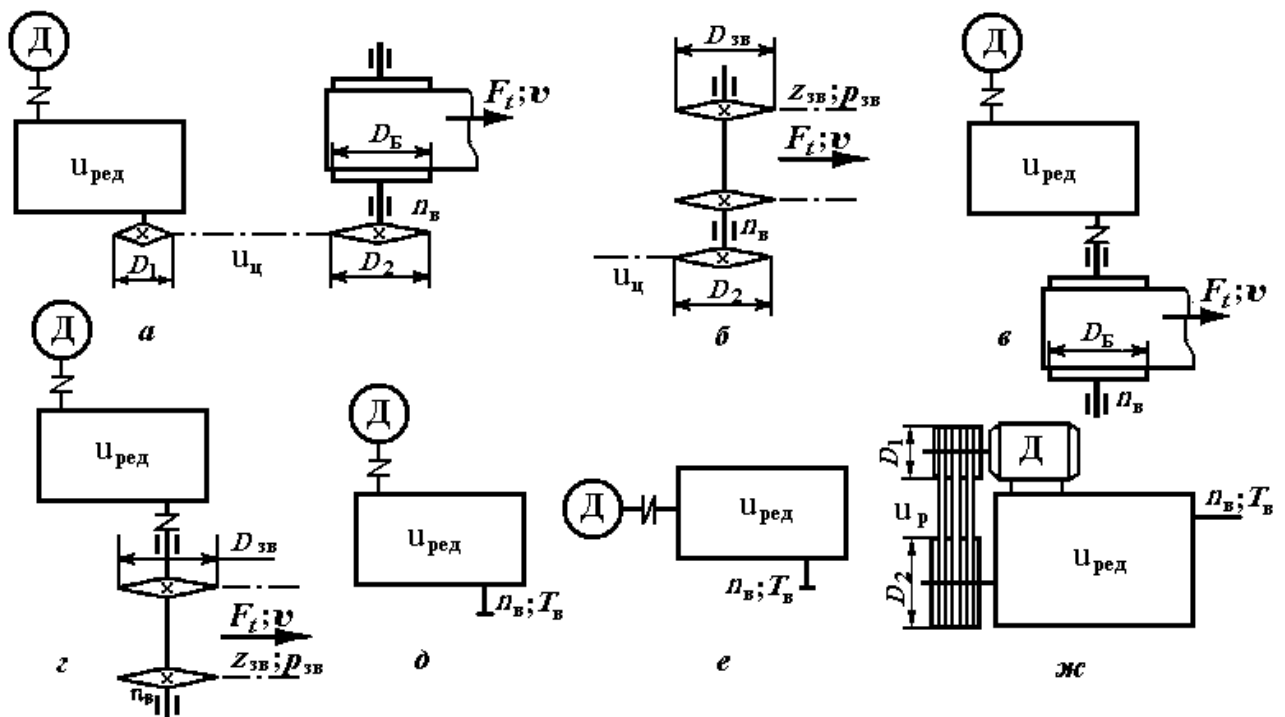


Рис. 1.1

Таблица 1.1

Тип передачи	$\eta$
Зубчатая (с опорами, закрытая): цилиндрическая коническая	0,96...0,98 0,95...0,97
Планетарная (закрытая): одноступенчатая двухступенчатая	0,95...0,97 0,92...0,96
Волновая (закрытая)	0,72...0,82
Червячная (закрытая) при передаточном числе: св. 30 св. 14 до 30 св. 8 до 14	0,70...0,80 0,75...0,85 0,80...0,90
Ременная (все типы)	0,94...0,96
Цепная	0,92...0,95
Муфта соединительная	0,98
Подшипники качения (одна пара)	0,99

Таблица 1.2

Тип передачи	Твердость зубьев	Передаточное число	
		$u_{рек}$	$u_{пред}$
Зубчатая цилиндрическая:  тихоходная ступень во всех редукторах ( $u_T$ )	$\leq 350$ HB	2,5...5,6	6,3
	40...56 HRC	2,5...5,6	6,3
	56...63 HRC	2...4	5,6
быстроходная ступень в редукторах по развернутой схеме ( $u_6$ )	$\leq 350$ HB	3,15...5	8,0
	40...56 HRC	3,15...5	7,1
	56...63 HRC	2,5...4	6,3
быстроходная ступень в соосном редукторе ( $u_6$ )	$\leq 350$ HB	4...6,3	8,0
	40...56 HRC	4...6,3	7,1
	56...63 HRC	3,15...5	6,3
Коробка передач	Любая	1...2,5	3,15
Коническая зубчатая	$\leq 350$ HB	1...4	6,3
	$\geq 40$ HRC	1...4	5,0
Червячная	-	16...50	80
Цепная	-	1,5...3	4,0
Ременная	-	2...3	5,0



Таблица 1.3

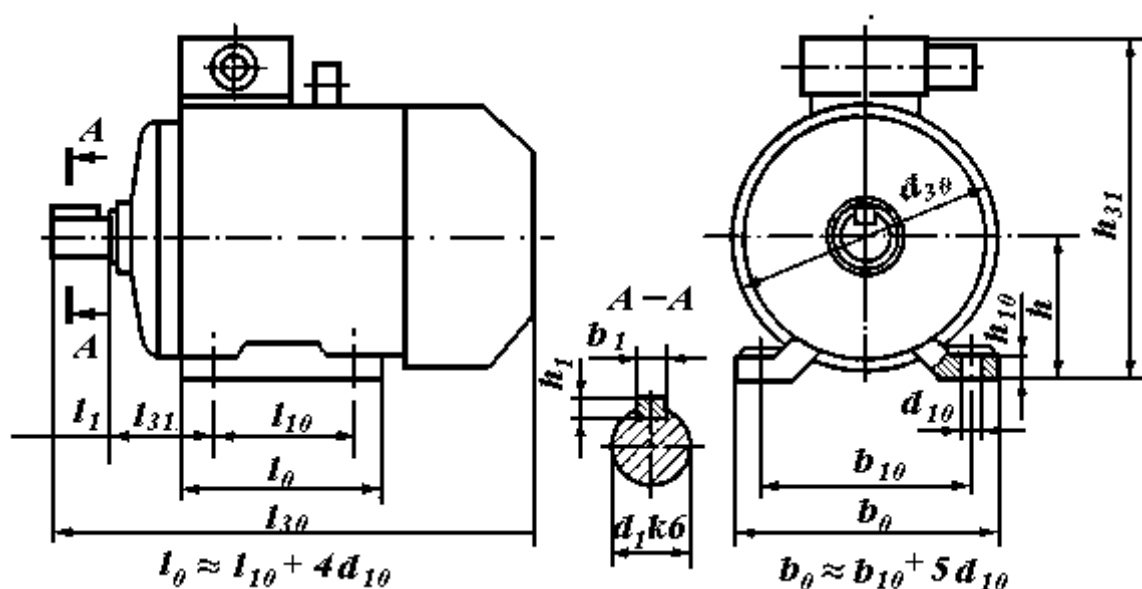
Мощность	Синхронная частота, мин <sup>-1</sup>			
	3000	1500	1000	750
0,37	-	-	71A6/915	-
0,55	-	71A4/1357	71B6/915	-
0,75	71A2/2820	71B4/1350	80A6/920	90LA8/705
1,1	71B2/2805	80A4/1395	80B6/920	90LB8/715
1,5	80A2/2850	80B4/1395	90L6/925	100L8/702
2,2	80B2/2850	90L4/1395	100L6/945	112MA8/709
3	90L2/2850	100S4/1410	112MA6/950	112MB8/709
4	100S2/2850	100L4/1410	112MB6/950	132S8/716
5,5	100L2/2850	112M4/1432	132S6/960	132M8/712
7,5	112M2/2895	132S4/1440	132M6/960	160S8/727 <sup>3</sup>
11	132M2/2910	132M4/1447	160S6/970 <sup>4</sup>	160M8/727 <sup>3</sup>
15	160S2/2910 <sup>1</sup>	160S4/1455 <sup>2</sup>	160M6/970 <sup>5</sup>	180M8/731
18,5	160M2/2910 <sup>1</sup>	160M4/1455 <sup>2</sup>	180M6/980 <sup>3</sup>	-
22	180S2/2919 <sup>1</sup>	180S4/1462 <sup>3</sup>	-	-
30	180M2/2925 <sup>1</sup>	180M4/1470 <sup>1</sup>	-	-

Примечание: 1. Отношение максимального вращающего момента к номинальному  $T_{\text{MAX}}/T = 2,2$ ; для отмеченных знаками: <sup>1</sup> –  $T_{\text{MAX}}/T = 2,7$ ; <sup>2</sup> –  $T_{\text{MAX}}/T = 2,9$ ; <sup>3</sup> –  $T_{\text{MAX}}/T = 2,4$ ; <sup>4</sup> –  $T_{\text{MAX}}/T = 2,5$ ; <sup>5</sup> –  $T_{\text{MAX}}/T = 2,6$ .

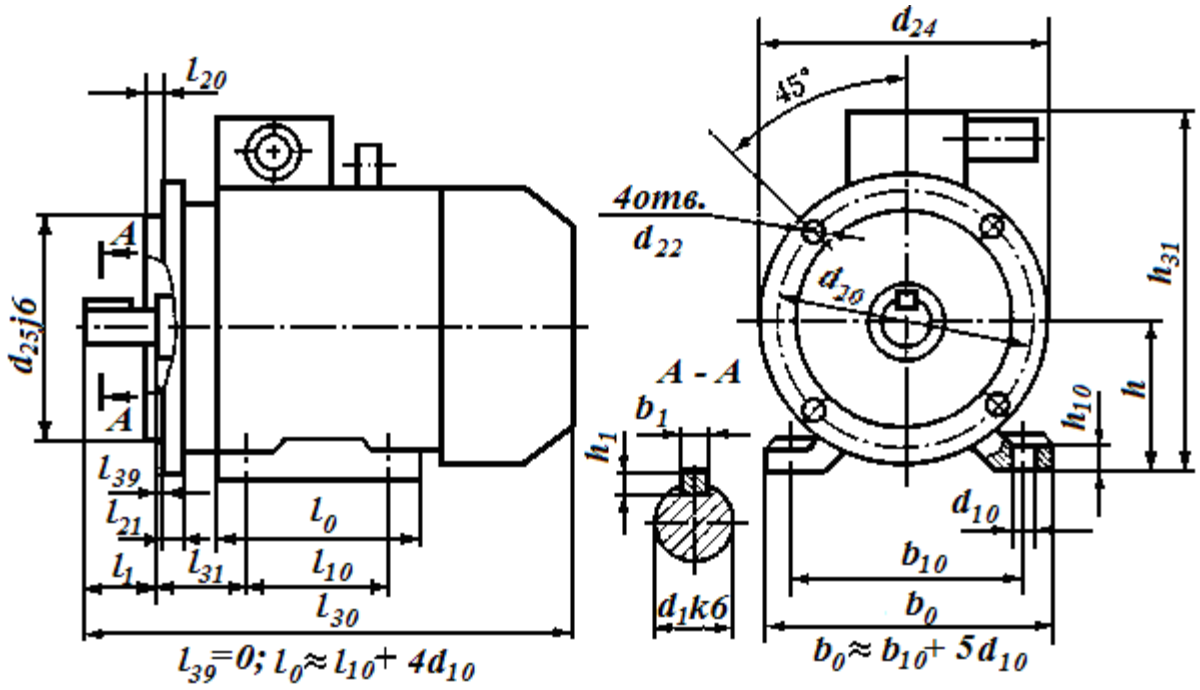
2. Пример обозначения двигателя: «Двигатель АИР100L2 ТУ 16 – 525.564 – 84».

Габаритные, установочные и присоединительные размеры показаны на рис. 1.2. и приведены в таблице 1.4.

#### Исполнение IM1081



Исполнение ИМ2081



Исполнение ИМ3081

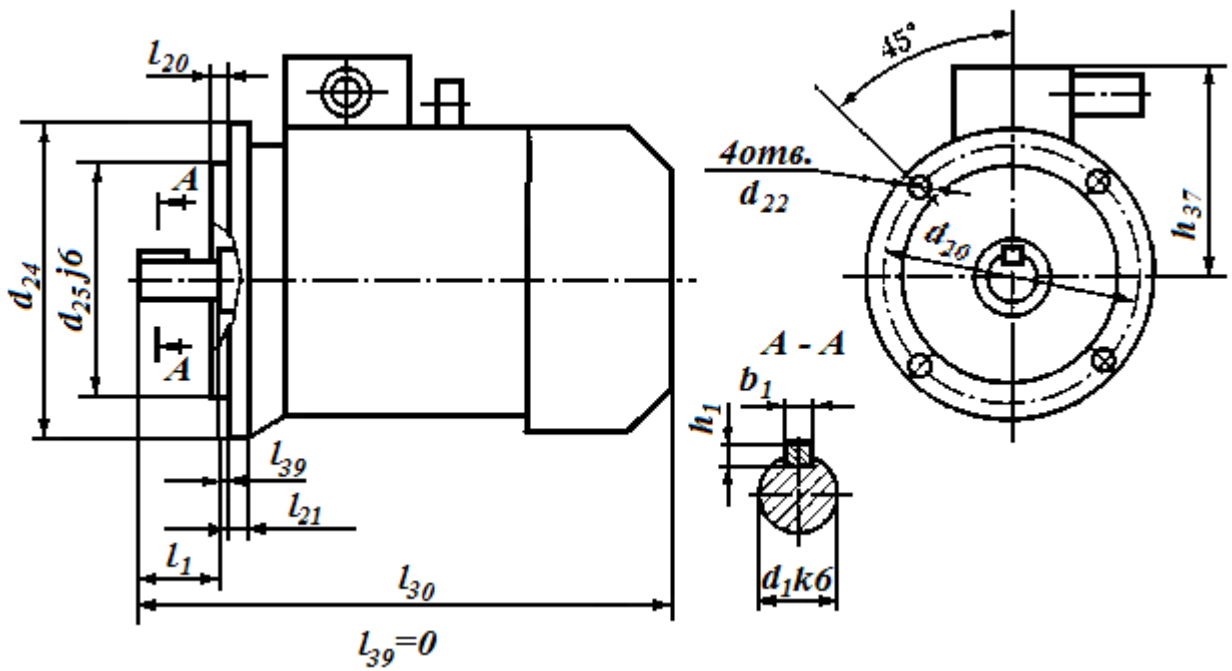


Рис.1.2.

Электродвигатели серии АИР, основные размеры, мм

Таблица 1.4

Тип двигателя	Число полюсов	Исполнение																			
		IM1081, IM2081, IM3081					IM1081	IM1081 и IM2081						IM2081 и IM3081					IM3081		
		d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>30</sub>	b <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	d <sub>30</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>31</sub>	d <sub>10</sub>	b <sub>10</sub>	h	h <sub>10</sub>	h <sub>31</sub>	l <sub>20</sub>	l <sub>21</sub>	d <sub>20</sub>	d <sub>22</sub>	d <sub>24</sub>	d <sub>25</sub>	h <sub>37</sub>
71А, В	2,4,6,8	19	40	273	6	6	170	90	45	7	112	71	9	188	3,5	10	165	12	200	130	117
80А		22	50	297			8	7	190	100	50	10	125	80							10
80В				321	210	125									56	140	90	11	225	135	
90L		24	60	337	8	7	240	112	63	12	160	100	12	247	4	14	215	15	250	180	147
100S				360																	240
100L		28	60	391	8	7	240	112	63	12	160	100	12	247	4	14	215	15	250	180	147
112M				2,4,6,8																	32
132S	4,6,8	38	460	10	8	288	140	89	12	216	132	13	325	5	18	300	19	350	250	193	
132M	2,4,6,8		498																	178	108
160S	2	42	630	12	9	334	178	108	15	254	160	18	385	5	15	300	19	350	250	225	
	4,6,8	48		14																	9
160M	2	42	660	12	8	334	210	108	15	254	160	18	385	5	15	300	19	350	250	225	
	4,6,8	48		14																	9
180S	2	48	630	14	9	375	203	121	15	279	180	20	448	5	18	350	19	400	300	260	
	4	55		16																	10
180M	2	48	680	14	9	375	241	121	15	279	180	20	448	5	18	350	19	400	300	260	
	4,6,8	55		16																	10

Примечание: 1. Фланцы изготавливают с отверстиями d<sub>22</sub> гладкими и резьбовыми. Размеры фланца с резьбовыми отверстиями – см. ГОСТ 28330 – 89.

2. Выступающие концы валов двигателей изготавливают следующих исполнений:

- цилиндрические со шпонкой;
- цилиндрические без шпонки с резьбовым концом;
- цилиндрические со шпонкой с резьбовым концом;
- конические без шпонки с резьбовым концом;
- конические со шпонкой с резьбовым концом;
- конические со шпонкой и внутренней резьбой.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица П.1

Технические данные асинхронных двигателей серии АИР (рис. П.1)

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке		$\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}}$	$\frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{ном}}}$	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
		скольжение s, %	КПД, %			
Синхронная частота вращения 3000 об/мин						
АИР63В2	0,55	9	75	2,2	2,2	5
АИР71А2	0,75	6	78,5	2,1	2,2	6
АИР71В2	1,1	6,5	79	2,1	2,2	6
АИР80А2	1,5	5	81	2,1	2,2	7
АИР80В2	2,2	5	83	2	2,2	7
АИР90L2	3	5	84,5	2	2,2	7
АИР100S2	4	5	87	2	2,2	7,5
АИР100L2	5,5	5	88	2	2,2	7,5
АИР112M2	7,5	3,5	87,5	2	2,2	7,5
АИР132M2	11	3	88	1,6	2,2	7,5
АИР160S2	15	3	90	1,8	2,7	7
АИР160M2	18,5	3	90,5	2	2,7	7
АИР180S2	22	2,7	90,5	2	2,7	7
АИР180M2	30	2,5	91,5	2,2	3	7,5
Синхронная частота вращения 1500 об/мин						
АИР71А4	0,55	9,5	70,5	2,2	2,2	5
АИР71В4	0,75	10	73	2,2	2,2	5
АИР80А4	1,1	7	75	2,2	2,2	5,5
АИР80В4	1,5	7	78	2,2	2,2	5,5
АИР90L4	2,2	7	81	2,1	2,2	6,5
АИР100S4	3	6	82	2	2,2	7
АИР100L4	4	6	85	2	2,2	7
АИР112M4	5,5	4,5	85,5	2	2,5	7
АИР132S4	7,5	4	87,5	2	2,5	7,5
АИР132M4	11	3,5	87,5	2	2,7	7,5
АИР160S4	15	3	90	1,9	2,9	7
АИР160M4	18,5	3	90,5	1,9	2,9	7
АИР180S4	22	2,5	90,5	1,7	2,4	7
АИР180M4	30	2	92	1,7	2,7	7
Синхронная частота вращения 1000 об/мин						
АИР71В6	0,55	8,5	68,5	2	2,2	4,5
АИР80А6	0,75	8	70	2	2,2	4,5
АИР80В6	1,1	8	74	2	2,2	4,5
АИР90L6	1,5	7,5	76	2	2,2	6

Продолжение табл. П.1

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке	$\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}}$	$\frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{ном}}}$	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном}}}$
----------------------	---------------	--------------------------	--	---	--

		скольже- ние s, %	КПД, %			
АИР100L6	2,2	5,5	81	2	2,2	6
АИР112МА6	3	5	81	2	2,2	6
АИР112МВ6	4	5	82	2	2,2	6
АИР132S6	5,5	4	85	2	2,2	7
АИР132М6	7,5	4	85,5	2	2,2	7
АИР160S6	11	3	88	2	2,7	6,5
АИР160М6	15	3	88	2	2,7	6,5
АИР180М6	18,5	2	89,5	1,8	2,4	6,5
АИР200М6	22	2	90	1,6	2,4	6,5
АИР200L6	30	2,5	90	1,6	2,4	6,5
Синхронная частота вращения 750 об/мин						
АИР80В8	0,55	6,5	64	1,8	1,9	4
АИР90LА8	0,75	7	70	1,6	1,7	3,5
АИР90LВ8	1,1	7	72	1,6	1,7	3,5
АИР100L8	1,5	6	76	1,6	1,7	5,5
АИР112МА8	2,2	5,5	76,5	1,8	2,2	6
АИР112МВ8	3	5,5	79	1,8	2,2	6
АИР132S8	4	4,5	83	1,8	2,2	6
АИР132М8	5,5	5	83	1,8	2,2	6
АИР160S8	7,5	3	87	1,6	2,4	5,5
АИР160М8	11	3	87,5	1,6	2,4	6
АИР180М8	15	2,5	89	1,6	2,2	5,5
АИР200М8	18,5	2,5	89	1,6	2,3	6
АИР200L8	22	2,5	90	1,6	2,3	6
АИР225М8	30	2,5	90,5	1,4	2,3	6

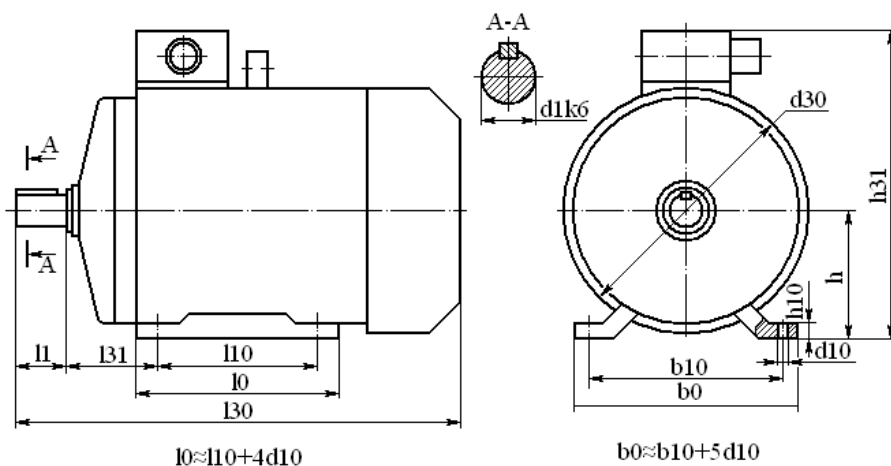


Рис. П.1 Двигатели серии АИР. исполнение ИМ1081

Габаритные, установочные и присоединительные размеры двигателей  
серии АИР, исполнение ИМ1081 (см. рис. П.1)

Типоразмер двигателя	Число полюсов	Габаритные размеры			Установочные и присоединительные размеры								
		l30	h31	d30	11	110	131	d1	d10	b10	h		
АИР71А АИР71В	2, 4, 6, 8	272,5	188	170	40	90	46	19	7	112	71		
АИР80А		296,5	204,5	190	50	100	50	22	10	125	80		
АИР80В		320,5											
АИР90L		337	224,5	210	60	112	63	28	12	160	100		
АИР100S		360	246,5	240									
АИР100L		391						140					
АИР112М		2, 4	435	285	246	80	140	70	32	12	190	112	
АИРХ112М													
АИР112МА	6												
АИРХ112МА	8												
АИР112МВ	6												
АИРХ112МВ	8												
АИР132S	4	460											325
АИР132М	2	498											
АИРХ132М	4, 6, 8												
АИР160S	2	630	385	334	110	178	108	42	15	254	160		
АИРХ160S	4												
АИР160S	6, 8												
АИР160М	2	660				210						42	
АИРХ160М	4, 6, 8												48
АИР180S	2	630	448	375	110	203	121	48	15	279	180		
	4											55	
АИР180М	2	680											241
	4					55							
	6, 8												

**Пример.** Выбрать электродвигатель для привода ленточного конвейера (рис.1.3.):  $F_t = 10000 \text{ Н}$ ;  $V = 0,63 \text{ м/с}$ ;  $D_6 = 500 \text{ мм}$ . Термообработка зубчатых колес редуктора – улучшение (твердость зубьев  $< 350 \text{ НВ}$ ).

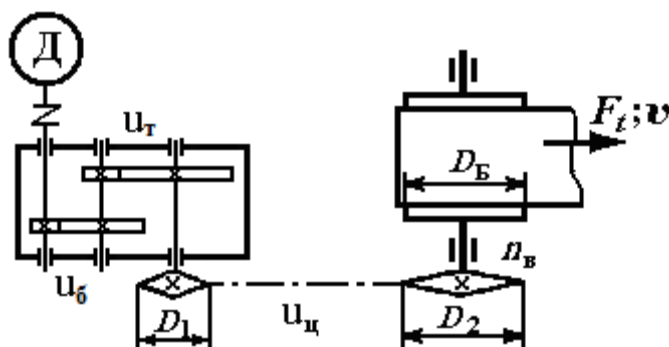


Рис. 1.3.

**Решение.**

Мощность на выходе

$$P_B = F_t V / 10^3 = 10000 \cdot 0,63 / 10^3 = 6,3 \text{ кВт.}$$

Общей КПД привода

$$\eta_{\text{общ.}} = \eta_{\text{ц}} \eta_{\text{з}}^2 \eta_{\text{м}} \eta_{\text{оп}},$$

где  $\eta_{\text{ц}}$  – КПД цепной передачи;

$\eta_{\text{з}}$  – КПД зубчатой передачи;

$\eta_{\text{м}}$  – КПД муфты;

$\eta_{\text{оп}}$  – КПД опор приводного вала.

По табл. 1.1.:  $\eta_{\text{ц}} = 0,93$ ;  $\eta_{\text{з}} = 0,97$ ;  $\eta_{\text{м}} = 0,98$ ;  $\eta_{\text{оп}} = 0,9$ .

Тогда

$$\eta_{\text{общ.}} = 0,93 \cdot 0,97^2 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 0,849.$$

Требуемая мощность электродвигателя

$$P_{\text{э.тр}} = P_B / \eta_{\text{общ.}} = 6,3 / 0,849 = 7,42 \text{ кВт}$$

Частота вращения приводного вала

$$n_B = 6 \cdot 10^4 V / (\pi D_6) = 6 \cdot 10^4 \cdot 0,63 / (3,14 \cdot 500) = 24,1 \text{ мин}^{-1}.$$

Требуемую частоту вращения вала электродвигателя вычислим, подставляя в формулу (1.3) для  $n_{\text{э.тр}}$  средние значения передаточных чисел из рекомендуемого диапазона для цепной и двух зубчатых передач (см. табл. 1.2.),

$$n_{\text{э.тр}} = n_B u_{\text{ц}} u_{\text{т}} u_6 = 24,1 \cdot 2,25 \cdot 4,3 \cdot 4,4 = 1026 \text{ мин}^{-1},$$

где  $u_{ц}$  – передаточное число цепной передачи;  $u_{т}$  и  $u_{б}$  – передаточные числа тихоходной и быстроходной ступеней цилиндрического двухступенчатого редуктора.

По табл. 1.3. выбираем электродвигатель АИР132М6:  $P = 7,5$  кВт;  $n = 960$  мин<sup>-1</sup>.

## 2. Определение передаточного числа привода и его ступеней

После выбора электродвигателя определяют общее передаточное число привода  $u_{общ}$ , которое определяется отношением номинальной частоты вращения двигателя  $n$  к частоте вращения приводного вала  $n_{в.}$ :

$$u_{общ} = n / n_{в.} \quad (2.1)$$

Полученное расчетом общее передаточное число распределяют между редуктором и другими передачами, между отдельными ступенями редуктора.

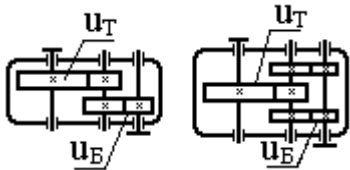
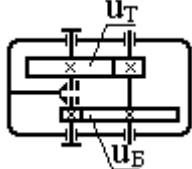
Если в кинематической схеме кроме редуктора (коробки передач) имеется открытая зубчатая, цепная или ременная передача, то предварительно назначенное передаточное число передачи не изменяют, принимая  $u_{п} = u_{ц}$  или  $u_{п} = u_{р}$ , а уточняют передаточное число редуктора

$$u_{ред} = u_{общ} / u_{п.} \quad (2.2)$$

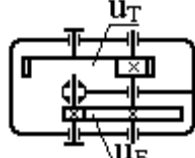
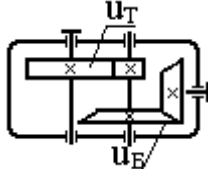
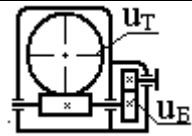
Если в схеме привода отсутствует открытая передача, то передаточное число редуктора  $u_{ред} = u_{общ}$ .

Передаточные числа  $u_{б}$  быстроходной и  $u_{т}$  тихоходной ступеней двухступенчатых редукторов определяют по соотношениям табл.2.1.

Таблица 2.1

Редуктор	Схема	Передаточное число	
		$u_{б}$	$u_{т}$
Двухступенчатый по развернутой схеме		$u_{ред} / u_{т}$	$0,88 \cdot (u_{ред})^{1/2}$
Двухступенчатый соосный		$u_{ред} / u_{т}$	$0,9 \cdot (u_{ред})^{1/2}$



Двухступенчатый соосный с внутренним зацеплением		$2 \cdot (u_{ред})^{1/3}$	$u_{ред} / u_B$
Коническо-цилиндрический		$u_{ред} / u_T$	$0,63 \cdot (u_{ред})^{2/3}$
Цилиндрическо-червячный		1,6...3,15	$u_{ред} / u_B$
Планетарный двухступенчатый: $u_{ред} \leq 25$ $25 < u_{ред} \leq 63$ $u_{ред} > 63$	—	4 $u_{ред} / 6,3$ 10	$u_{ред} / 4$ 6,3 $0,1 u_{ред}$

Трехступенчатые цилиндрические редукторы:

$$u_{п} = (u_p)^{1/3}; \quad (2.3)$$

$$u_T = u_p / u_{п} \cdot u_б; \quad (2.4)$$

$$u_б = 1,3(u_p / u_{п})^{1/2}. \quad (2.5)$$

Трехступенчатые цилиндрические редукторы с раздвоенной промежуточной ступенью:

$$u_б = u_{п} = 1,3(u_p / C)^{1/2} \quad (2.6)$$

где

$$C = (u_p)^{1/3};$$

$$u_T = u_p / u_{п} \cdot u_б.$$

Трехступенчатые коническо-цилиндрические редукторы

Таблица 2.2

$u_p$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
$u_б$	3,3	3,5	3,7	3,8	4	4,2	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8
$u_{п}$	5,3	5,5	5,7	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	7

$$u_T = u_p / u_{п} \cdot u_б \quad (2.7)$$

При  $u_б > 4$  следует принимать коническую передачу с круговыми зубьями.

Червячные двухступенчатые редукторы:

$$u_б = u_p^{1/2}; u_T = u_p / u_б \quad (2.8)$$

### 3. Определение силовых и кинематических параметров привода

Силовые (мощность и вращающий момент) и кинематические (частота вращения) параметры привода рассчитывают на валах из требуемой мощности электродвигателя  $P_{\text{дв. треб.}}$  и его номинальной частоты вращения  $n$  при установленном режиме.

#### 3.1. Определение частоты вращения каждого вала привода

Определение частот вращения валов производится с учетом передаточных чисел передач привода по зависимости:

$$n_{\text{вых}} = n_{\text{вх}} / u_i, \quad (3.1)$$

где  $n_{\text{вх}}$  - частота вращения входного вала передачи,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$n_{\text{вых}}$  - частота вращения выходного вала передачи,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$u_i$  - передаточное число рассматриваемой передачи.

#### 3.2. Определение мощности на каждом валу привода

Мощности на каждом валу привода определяется по зависимости:

$$P_{\text{вых.}} = P_{\text{вх.}} \cdot \eta_i \cdot \eta_{\text{п}} \quad (3.2.)$$

где  $P_{\text{вых.}}$  - мощность на выходном валу передачи, кВт;

$P_{\text{вх.}}$  - мощность на входном валу передачи, кВт;

$\eta_i$  - к п.д. передачи;

$\eta_{\text{п}}$  - к п.д. опор вала.

#### 3.3. Определение вращающих моментов на валах привода

Вращающие моменты на каждом валу привода определяется по зависимости:

$$T_i = 9550 P_i / n_i, \quad (3.3)$$

где  $T_i$  – вращающий момент на  $i$ -м валу, Н·м;

$P_i$  – мощность на  $i$ -м валу привода, кВт;

$n_i$  – частота вращения  $i$ -го вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

## 4. Выбор редуктора

### 4.1. Основные параметры редукторов

Выбор редуктора в общем случае осуществляется по заданному передаточному числу  $u$ , крутящему моменту на тихоходном валу  $T_T$  и допускаемой радиальной нагрузке на быстроходном и тихоходном валах.

Соотношение между мощностью на быстроходном валу редуктора  $P_B$  и тихоходном  $P_T$  определяется через к.п.д. редуктора  $\eta$

$$P_T = P_B \cdot \eta . \quad (4.1)$$

Крутящий момент на тихоходном валу (н·м)

$$T_T = 9550 P_T / n_T ; \quad (4.2)$$

$$T_T = T_B \cdot u \cdot \eta . \quad (4.3)$$

В табл. 4.1 приведены основные параметры редукторов общего назначения и некоторые специальные типы редукторов, выпускаемые в настоящее время и рассчитанные на перспективный выпуск.

При установке на концах валов редукторов деталей, создающих консольную нагрузку, ее значение не должно превосходить значений, приведенных в соответствующих таблицах. При отсутствии указаний о значении предельной консольной нагрузки необходим проверочный расчет консолей быстроходного или тихоходного валов и подшипников.

### 4.2. Цилиндрические редукторы

**Одноступенчатые редукторы.** Горизонтальные одноступенчатые редукторы типа ЦУ обеспечивают крутящие моменты 0,25-8 кН·м на тихоходном валу в диапазоне передаточных чисел 2-6,3. На рис.4.1 показаны варианты исполнения редукторов, где  $B$  - быстроходный вал,  $T$  - тихоходный вал, а основные параметры редукторов приведены в табл.4.2. Габаритные, установочные и присоединительные размеры показаны на рис.4.2 и приведены в табл. 4.3.

Пример обозначения редуктора: Редуктор ЦУ - 200 - 4,5 - 12У2, ГОСТ 21426 - 75, где ЦУ - тип редуктора, 200 - межосевое расстояние: 4,5 - передаточное число; 12 - вариант сборки; У2 - климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

Основные параметры редукторов общего назначения

Таблица 4.1

Тип редуктора	Типоразмер	Межосевое расстояние, мм	Передаваемая мощность, кВт *	Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	Передаточное число	Завод-изготовитель
Цилиндрический горизонтальный одноступенчатый, ГОСТ – 21426 – 75	ЦУ – 100	100	6,1 – 19,2	0,25	2,0; 2,24; 2,5; 2,8; 3,15; 3,55; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,3	Ижевский редукторный завод
	ЦУ – 160	160	24,4 – 76,8	1,0		
	ЦУ – 200	200	48,8 – 153,6	2,0		Майкопский редукторный завод
	ЦУ – 250	250	97,6 – 307,2	4,0		
	ЦУ – 315	315	195 – 614	8,0		
Цилиндрический горизонтальный двухступенчатый, ГОСТ – 20758 – 75	Ц2У – 100	180	0,96 – 4,82	0,25	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	Ижевский редукторный завод
	Ц2У – 125	205	1,92 – 9,94	0,5		
	Ц2У – 160	260	3,84 – 19,9	1,0		
	Ц2У – 200	325	7,68 – 39,8	2,0		
	Ц2У – 250	410	15,4 – 79,6	4,0		
Цилиндрический горизонтальный двухступенчатый с зацеплением Новикова	Ц2У – 315Н	515	24,0 – 150	7,8	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50	Майкопский редукторный завод
	Ц2У – 400Н	650	47,9 – 307	15,9		
	Ц2У – 500	815	97,5 – 610	31,5		
Цилиндрический горизонтальный трехступенчатый	Ц3У – 160	340	0,75 – 3,32	1,0	45; 50; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200	Ижевский редукторный завод
	Ц3У – 200	425	1,5 – 6,64	2,0		
	Ц3У – 250	535	3,0 – 12,3	4,0		
Цилиндрический горизонтальный трехступенчатый с зацеплением Новикова	Ц3У – 315Н	640	6,0 – 24,6	8,0	45; 50; 56; 63; 80; 100; 125; 160; 200	Ижевский редукторный завод
	Ц3У – 400Н	810	12 – 49,2	16,0		
Цилиндрический горизонтальный двухступенчатый соосный	Ц2С – 63	63	0,31 – 1,92	0,125	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50	Псковский завод зубчатых колес
	Ц2С – 80	80	0,62 – 3,84	0,25		
	Ц2С – 100	100	1,24 – 7,98	0,5		
	Ц2С – 125	125	2,48 – 15,9	1,0		

Продолжение табл. 4.1

Тип редуктора	Типоразмер	Межосевое расстояние, мм	Передаваемая мощность, кВт *	Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	Передаточное число	Завод-изготовитель
Трехступенчатый вертикальный усиленного типа	ВКУ - 500М	500	9,5 – 28,4	1,68 – 3,8	20,65; 28,36; 61,77	Завод Сибтяжмаш
	ВКУ - 750М ВКУ - 765М	750 765	15,4 – 111 15,4 – 111	7,45 – 13,6 7,45 – 13,6	18,4; 20,3; 22,5; 25,28; 31,6; 36; 38,6; 44,8; 51,5; 56,8; 62,9; 70; 78,4; 88,5; 100,8; 125,4; 136	
	ВКУ - 965М	965	27,0 – 226	12,4 – 25,6	16,56; 18,28; 20,22; 22,5; 25,2; 28,44; 32,4; 34,73; 40,32; 43,71; 51,05; 56,52; 62,9; 70,46; 79,52; 90,59; 97,11; 112,74; 122,23; 139,82	
Планетарный одноступенчатый, ГОСТ – 2219 – 78	Пз – 31,5	32,35 **	1,54 – 3,04	0,125	6,3; 8; 10; 12,5	Псковский завод мотор-редукторов
	Пз – 40	40	3,08 – 6,08	0,25		
	Пз – 50	50	3,08 – 12,1	0,50		
	Пз – 63	63	12,1 – 24,1 24,2 –	1,0		
	Пз – 80	80	48	2,0		
Планетарный одноступенчатый, ГОСТ – 2219 – 78	Пз – 100	100	47,8 – 96	4,0	6,3; 8; 10; 12,5	Волжский завод планетарно-зубчатых мот.-ред.
	Пз – 125	125	95,7 – 192	8,0		
	Пз – 160	160	191,2 – 394	16,0		
	Пз – 200	200	383 – 682	31,5		
Планетарный двухступенчатый, ГОСТ – 22916-78	Пз2 – 31,5	32,35	0,15 – 0,6	0,125	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125	Псковский завод мотор-редукторов
	Пз2 – 40	40	0,3 – 1,2	0,25		
	Пз2 – 50	50	1,2 – 2,4	0,50		
	Пз2 – 63	63	2,4 – 4,8	1,0		

	Пз2 – 80	80	4,8 – 9,6	2,0		Волжский за-вод плане-тарно-зубча- тых мот.-ред.
	Пз2 – 100	100	9,6 – 19,2	4,0		
	Пз2 – 125	125	19,2 – 38,4	8,0		
	Пз2 – 160	160	38,4 – 76,8	16,0		
	Пз2 - 200	200	76,8 – 154	31,5		

Продолжение табл. 4.1

Тип редуктора	Типоразмер	Межосевое рас- стояние, мм	Передаваемая мощность, кВт *	Крутящий мо- мент на тихоход- ном валу, кН·м	Передаточное чис- ло	Завод-изготовитель
Волновой горизон- тальный одноступен- чатый	Вз – 80	80	0,08 – 0,26	0,09 – 0,14	80; 100; 125; 160; 200; 250	Киевский редукторный завод
	Вз - 160	160	0,77 – 2,4	0,71 – 1,25		
Червячный односту- пенчатый	Ч – 40	40	0,06 – 0,60	0,026 – 0,0315	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80	Ленинградский завод «Ре- дуктор»
	Ч – 63	63	0,24 – 2,4	0,085 – 0,125		Мошгинский завод маши- ностроительных деталей
	Ч – 80	80	0,48 – 4,8	0,19 – 0,25		
	Ч – 100	100	0,77 – 7,7	0,29 – 0,40		
	Ч – 125	125	1,54 – 15,4	0,525 – 0,8		
Ч – 160	160	3,28 – 32,8	1,03 – 1,6			
Червячный двухсту- пенчатый	Ч2 – 80	80	0,01 – 0,4	0,355	100; 125; 160; 200; 250; 400; 630;	Ленинградский завод «Ре- дуктор»
	Ч2 – 160	160	0,10 – 4,0	2,32 – 2,8	1000; 1600; 2500; 4000	Барышский редукторный завод

\* Передаваемая мощность соответствует расчетному значению при частоте вращения ведущего вала  $n = 1500$  об/мин; для ряда редукторов имеется ограничение по термической мощности, соответствующей тепловому балансу без принудительного охлаждения или циркуляции масла и температуре окружающей среды  $+20$  °С.

\*\* Для планетарных редукторов в графе «Межосевое расстояние» указан радиус расположения осей сателлитов, а для волновых редукторов – внутренний диаметр гибкого колеса.

## Характеристики редукторов типа ЦУ

Таблица 4.2

Типоразмер	Межосевое расстояние, мм	Передаточное число	Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	Допустимая радиальная нагрузка (кН) на выходных концах валов		К.п.д.	Масса, кг
				быстроходного	тихоходного		
ЦУ – 100	100	2; 2,24; 2,5; 2,8; 3,55; 4; 4,5; 5; 5,6; 6,3	0,25	0,5	2,0	0,98	27
ЦУ – 160	160		1,0	1,0	4,0		75
ЦУ – 200	200		2,0	2,0	5,6		135
ЦУ – 250	250		4,0	3,0	8,0		250
ЦУ – 315	315		8,0	-	7,0 – 14	0,99	503

*Примечание:* 1. При работе в реверсивном режиме крутящие моменты на тихоходном валу снижаются на 30%.

2. Редукторы допускают кратковременные перегрузки в 2,2 раза, если число циклов нагружения за срок службы не более  $10^5$ .

3. Редукторы ЦУ – 200, ЦУ – 250 и ЦУ – 315 имеют ограничение по термической мощности; при малых передаточных числах и больших частотах вращения вид смазки или охлаждения необходимо согласовать с заводом - изготовителем.

### Основные размеры (мм) редукторов типа ЦУ (рис. 4.2)

Таблица 4.3

Типоразмер	$a_w$	L	$L_1$	l	$l_1$	$l_2$	$l_3$	H	$H_1$	h	A	$A_1$	B	$B_1$	d	$d_6$	$d_T$
ЦУ – 100	100	315	265	132	85	136	155	224	112	22	224	95	140	132	15	25	35
ЦУ – 160	160	475	412	195	136	218	218	335	170	28	355	125	185	175	24	45	55
ЦУ – 200	200	580	500	236	165	230	265	425	212	36	437	136	212	200	24	55	70
ЦУ – 250	250	710	615	290	212	280	315	530	265	40	545	185	265	200	28	70	90
ЦУ – 315	315	895	870	360	215	380	420	695	335	35	580	200	300	320	28	90	130

*Примечание:* Размеры конических концов быстроходного  $d_6$  и тихоходного  $d_T$  валов по ГОСТ 12081 – 72\* и ГОСТ 12080 – 75.

**Двухступенчатые цилиндрические редукторы.** Редукторы типа Ц2У - общего назначения, они обеспечивают крутящие моменты па тихоходном валу в пределах 0,25 - 4,0 кН·м в диапазоне передаточных чисел 8 - 40.

Варианты сборки редукторов Ц2У приведены на рис.4.3, где *Б* - быстроходный вал, *Т* - тихоходный вал, *КА* - вал с концом для присоединения приборов управления, *ПВ* - полый вал. Характеристики редукторов даны в табл.4.4, а габаритные и установочные (рис.4.4) размеры приведены в табл.4.5.

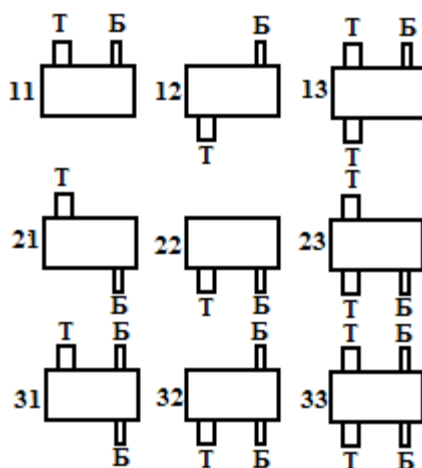


Рис. 4.1

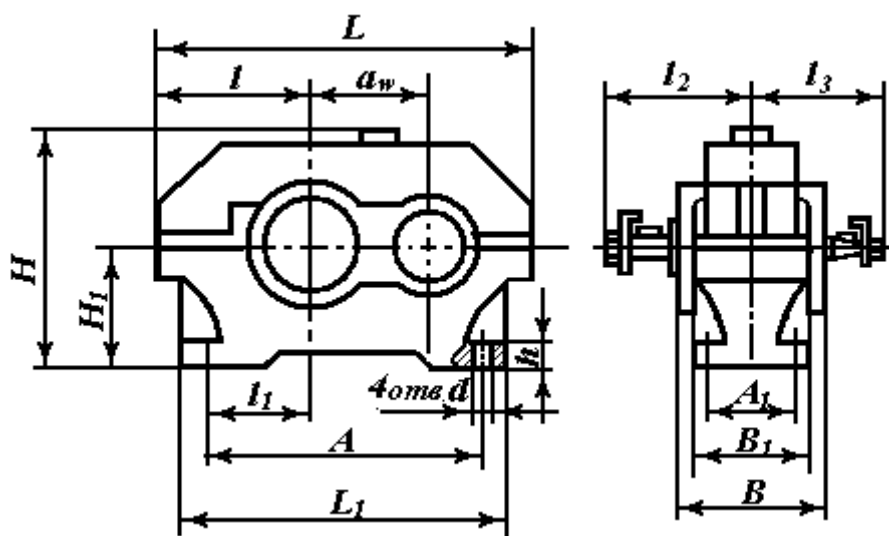


Рис. 4.2



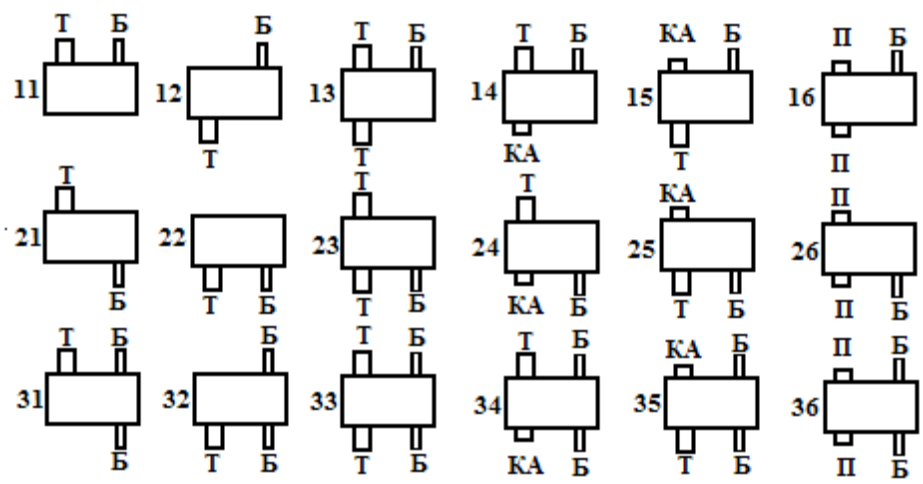


Рис. 4.3

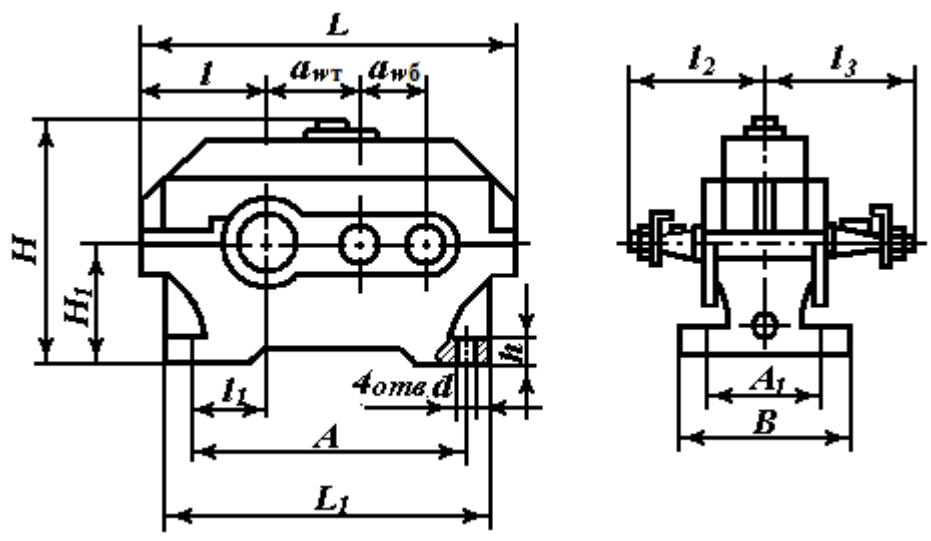


Рис. 4.4

Тихоходный вал редуктора может быть выполнен в четырех вариантах: выходной конец конусный (К); выходной конец в виде зубчатой полу-муфты (М), с устройством для присоединения приборов управления (КА) и полый вал (П). Размеры концов валов даны на рис. 4.5 и в табл. 4.6.

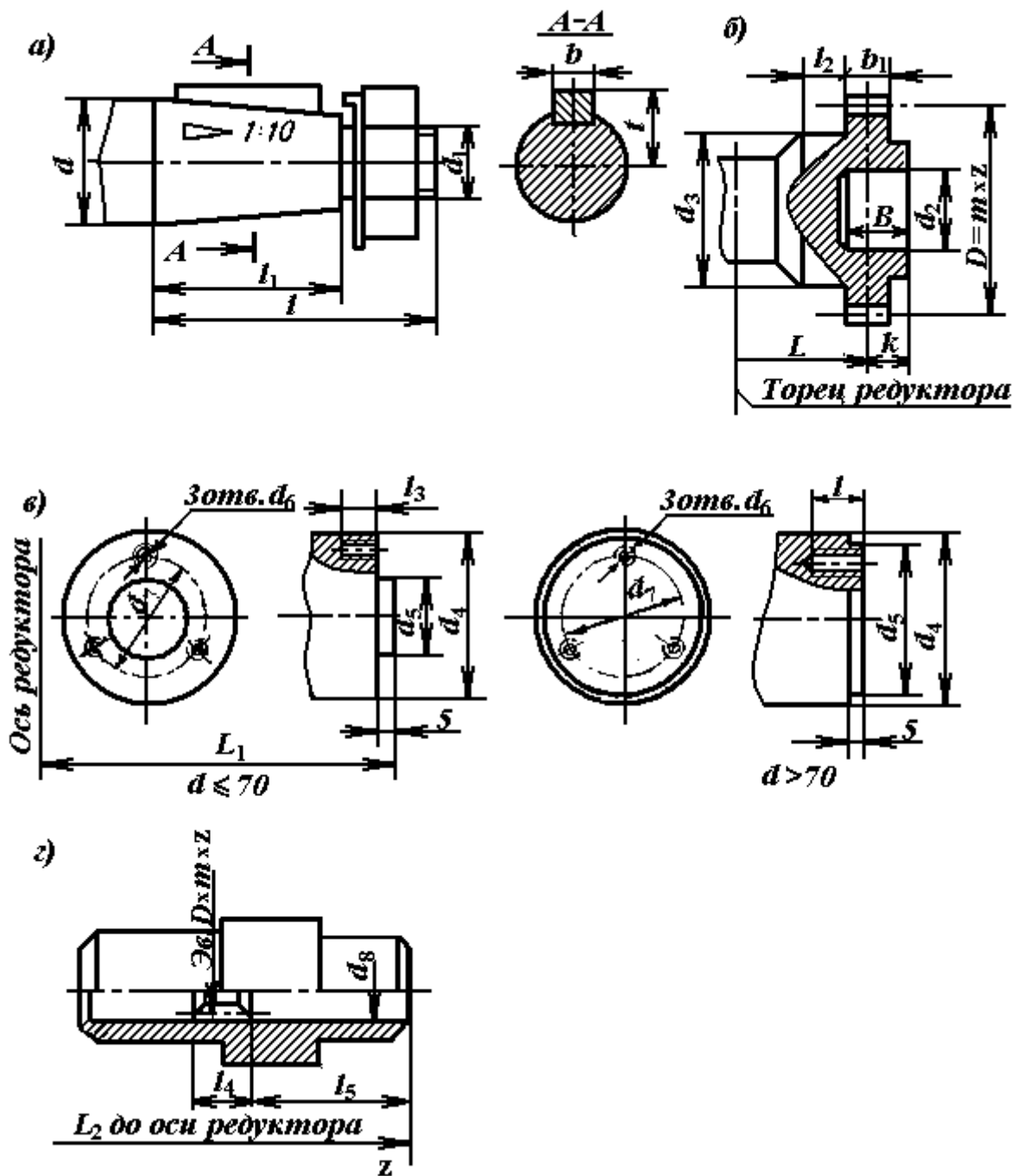


Рис. 4.5

Пример обозначения редуктора: *Редуктор Ц2У-200-25-12МУ2, ГОСТ 20758 - 75*, где Ц2У - тип редуктора; 200 - межосевое расстояние; 25 - передаточное число; 12 - вариант сборки; М - конец тихоходного вала в виде зубчатой полумуфты; У2 - климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

## Характеристики редукторов типа Ц2У

Таблица 4.4

Типоразмер	Межосевое расстояние, мм		Передаточное число	Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	Допустимая радиальная нагрузка (кН) на выходных концах валов		К.п.д.	Масса, кг
					быстроходного	тихоходного		
	быстроходной	тихоходной						
Ц2У – 100	80	100	8; 10; 12,5; 16; 18; 20; 22,4; 25; 28; 31,5; 35,5; 40	0,25	0,25	4,0	0,97	35
Ц2У – 125	80	125		0,5	0,5	5,6		53
Ц2У – 160	100	160		1,0	1,0	8,0		95
Ц2У – 200	125	200		2,0	2,00	11,2		170
Ц2У – 250	160	250		4,0	3,00	16,0		320

*Примечание:* 1. Редукторы допускают кратковременные перегрузки в 2,2 раза, если число циклов нагружения за срок службы не более  $10^5$ .

2. При повторно-кратковременном режиме работы редуктора крутящий момент может быть увеличен в 2 раза, если число циклов не более  $10^6$ .

### Основные размеры (мм) редукторов типа Ц2У (рис. 4.4)

Таблица 4.5

Типоразмер	L	L <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	H	H <sub>1</sub>	h	A	A <sub>1</sub>	B	d
Ц2У – 100	387	325	136	85	136	165	230	112	22	290	109	160	15
Ц2У – 125	450	375	160	106	145	206	272	132	25	335	125	180	19
Ц2У – 160	560	475	200	136	170	224	345	170	28	425	140	212	24
Ц2У – 200	690	580	243	165	212	280	425	212	36	515	165	250	24
Ц2У – 250	825	730	290	212	265	335	530	265	40	670	218	300	28

Размеры (мм) концов валов редукторов типа Ц2У (рис. 4.5)

Таблица 4.6

Типоразмер	Быстроходный конусный вал (а)						Тихоходный конусный вал (а)					
	d	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	b	t	d	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	b	t
Ц2У –100	20	M12×1,25	50	36	4	10,6	35	M20×1,5	80	58	6	18,55
Ц2У –125	20	M12×1,25	50	36	4	10,6	45	M30×2	110	82	12	23,45
Ц2У –160	25	M16×1,5	60	42	5	13,45	55	M36×3	110	82	14	28,95
Ц2У –200	30	M20×1,5	80	58	6	16,05	70	M48×3	140	105	18	36,38
Ц2У –250	40	M24×2	110	82	10	20,95	90	M64×4	170	130	22	46,75

Продолжение табл. 4.6

Типоразмер	Тихоходный вал в виде зубчатой полумуфты (б)									
	m	z	b <sub>1</sub>	L	l <sub>2</sub>	k	B	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	
Ц2У –100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ц2У –125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ц2У –160	4	40	20	48	20	19	38	72	95	
Ц2У –200	5	40	25	55	20	22	50	80	105	
Ц2У –250	6	40	30	66	20	25	60	110	140	

Продолжение табл. 4.6

Типоразмер	Конец тихоходного вала для приборов управления (в)						Полный тихоходный вал (г)					
	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	L <sub>1</sub>	l <sub>3</sub>	m	z	L <sub>2</sub>	l <sub>4</sub>	l <sub>5</sub>	d <sub>8</sub>
Ц2У –100	35	14	M6	24	95	15	-	-	-	-	-	-
Ц2У –125	45	14	M6	24	103	15	-	-	-	-	-	-
Ц2У –160	55	25	M6	40	118	15	2,5	20	106	56	78	60
Ц2У –200	70	25	M6	40	140	15	2,5	26	125	71	90	75
Ц2У –250	90	75	M8	55	160	20	2,5	34	150	80	110	95

Соосные двухступенчатые редукторы типа Ц2С обеспечивают крутящие моменты на тихоходном валу в пределах 0,125 - 1,0 кН·м в диапазоне передаточных чисел 8 - 50. Основные параметры редукторов приведены в табл. 4.6. Габаритные, установочные и присоединительные размеры показаны на рис.4.6 и приведены в табл. 4.7

Редукторы выпускаются с коническими (К) и цилиндрическими (Ц) концами валов, их размеры приведены в табл. 4.8 (см. рис.4.5 а, в).

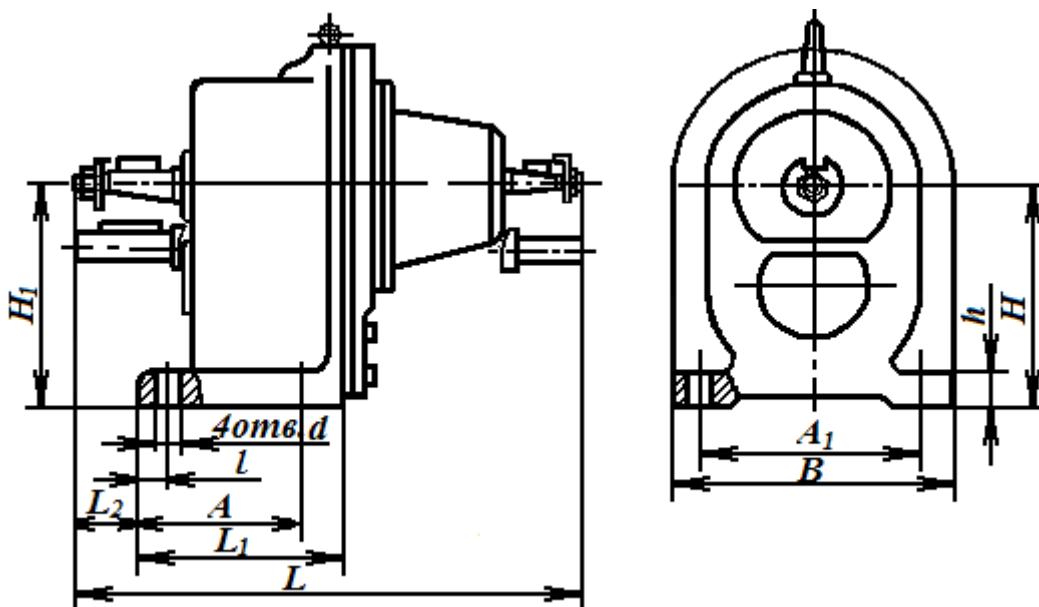


Рис. 4.6

Редукторы типа Ц2С сконструированы на базе цилиндрических соосных двухступенчатых мотор - редукторов типа МЦ2С. В отличие от мотор - редукторов в редукторах Ц2С вместо электродвигателя с насаженной на его вал ведущей шестерни к корпусу присоединяется установленный в отдельном блоке быстроходный вал.

Пример обозначения редуктора:

*Редуктор Ц2С-100-25-КУЗ*, где Ц2С – тип редуктора; 100 – межосевое расстояние; 25 – передаточное число; К – конические концы валов; УЗ – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

## Характеристика соосных редукторов типа Ц2С

Таблица 4.6

Типоразмер	Межосевое расстояние, мм	Передаточное число	Крутящий момент на тихоходном валу, кН·м	Допустимая радиальная нагрузка (кН) на выходных концах валов		К.п.д.	Масса, кг
				быстроходного	тихоходного		
Ц2С – 63	63	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50	0,125	0,5	2,8	0,98	17,5
Ц2С – 80	80		0,25	0,8	4,0		28
Ц2С – 100	100		0,5	1,0	5,6		45
Ц2С – 125	125		1,0	1,0	8,0		78

### Основные размеры (мм) редукторов типа Ц2С (рис. 4.6)

Таблица 4.7

Типоразмер	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	A	A <sub>1</sub>	B	H	H <sub>1</sub>	l	h	d
Ц2С – 63	360	160	48	110	150	185	270	140	15	16	12
Ц2С – 80	405	175	75	115	180	225	315	170	22	18	15
Ц2С – 100	485	195	102	130	210	255	370	212	20	22	15
Ц2С – 125	530	235	105	160	280	235	465	265	25	28	19

### Размеры (мм) концов валов редукторов типа Ц2У (рис. 4.5)

Таблица 4.8

Типоразмер	Быстроходный вал с коническим концом						Тихоходный вал с коническим концом					
	d	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	b	t	d	d <sub>1</sub>	l	l <sub>1</sub>	b	t
Ц2С – 63	22	M12×1,5	50	36	4	11,60	28	M16×1,5	60	45	5	14,95
Ц2С – 80	22	M12×1,5	50	36	4	11,60	35	M20×1,5	80	58	6	18,55
Ц2С – 100	25	M16×1,5	60	42	5	13,45	45	M30×2	110	82	12	23,45
Ц2С – 125	28	M16×1,5	60	42	5	14,95	55	M36×3	110	82	14	28,95

*Примечание:* Цилиндрические выходные концы быстроходного и тихоходного валов по ГОСТ 12080 - 75 и ГОСТ 12081 - 72 имеют значения d такие же, как у конических валов.

### 4.3. Червячные редукторы

Универсальные червячные одноступенчатые редукторы типа Ч рассчитаны на крутящий момент тихоходного вала 0,026 - 2,0 кН·м в диапазоне передаточных чисел 8 - 80. Основные характеристики редукторов типа Ч приведены в табл.4.9. Редукторы выполняются в шести вариантах расположения червячной пары и четырех вариантах сборки (рис.4.7, а, б). Редукторы Ч-40 - Ч-80 имеют лапы (рис.4.8, а) для крепления корпуса к раме. Лапы могут устанавливаться в различном исполнении относительно корпуса; исполнение 2 - лапы со стороны червяка, исполнение 3 - лапы со стороны червячного колеса; исполнение 4 и 5 - лапы имеют боковое расположение (исполнение 1 - без лап).

Основные габаритные, установочные и присоединительные размеры редукторов показаны на рис. 4.8, а (Ч-40 - Ч-80) и рис. 4.8, б (Ч-100 - Ч-160) и приведены в табл. 4.10.

Быстроходный вал может иметь выходной конец либо конусный (Кр и К), либо цилиндрический (Ц); тихоходный вал изготавливается полым (П и Пр), конусным (К) или цилиндрическим (Ц и Цр). Размеры концов валов показаны на рис. 4.9 и приведены в табл. 4.11.

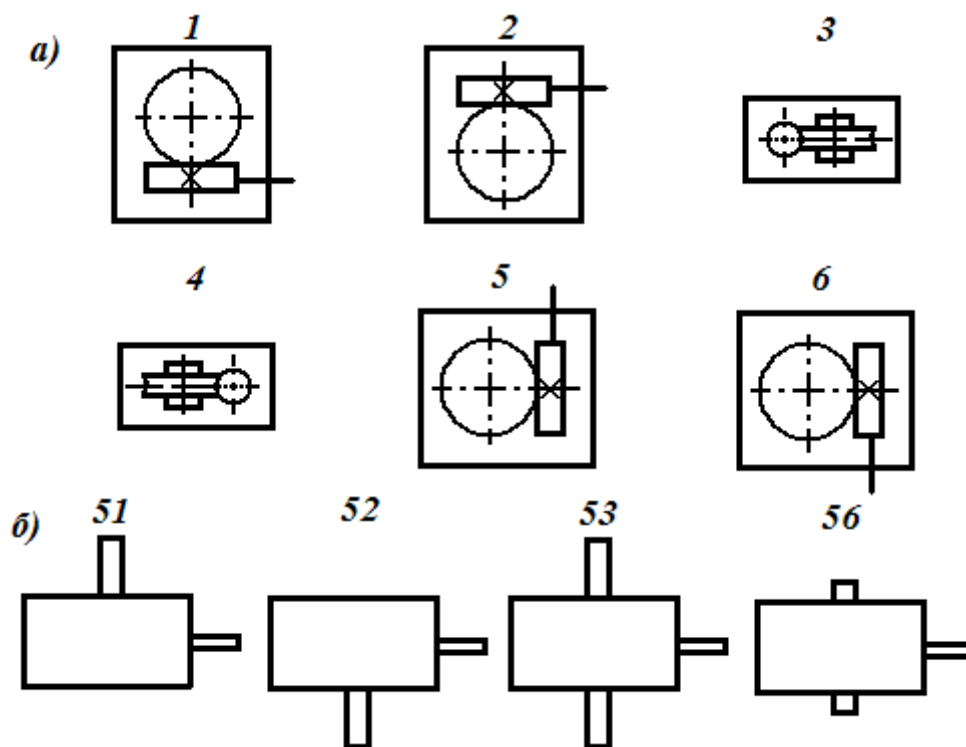


Рис. 4.7

## Характеристики червячных редукторов типа Ч

Таблица 4.9

Типоразмер	Передаточное число	Частота вращения быстроходного вала, об/мин								Допустимая кон- сольная нагрузка на тихоходный вал, кН			Масса, кг		
		500		750		1000		1500							
		МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	Сборка					
										51; 52	53	51; 52	53	56	
Ч – 40	8	0,0315	0,0315	0,0315	0,77	0,79	0,0310	0,80	0,028	0,83	1,4	0,7	6,3	6,4	5
	10				0,75	0,77	0,0300	0,78	0,027	0,81					
	12,5				0,75	0,77	0,0290	0,78	0,026	0,81					
	16				0,66	0,68	0,0315	0,70	0,029	0,72					
	20				0,66	0,68	0,0315	0,70	0,030	0,72					
	25				0,64	0,66	0,0290	0,68	0,026	0,70					
	31,5				0,53	0,55	0,0315	0,58	0,0315	0,60					
	40				0,47	0,49	0,0315	0,52	0,029	0,56					
	50				0,45	0,48	0,0310	0,50	0,028	0,54					
	63				0,40	0,44	0,0300	0,46	0,027	0,49					
Ч – 63	8	0,125	0,125	0,125	0,82	0,84	0,1230	0,85	0,110	0,87	2,8	1,4	13,0	13,2	10, 5
	10				0,81	0,83	0,1190	0,84	0,106	0,86					
	12,5				0,79	0,81	0,1120	0,82	0,100	0,84					
	16				0,71	0,73	0,1230	0,75	0,110	0,78					
	20				0,70	0,72	0,1120	0,73	0,100	0,76					
	25				0,67	0,69	0,1120	0,71	0,100	0,74					
	31,5				0,58	0,61	0,1250	0,63	0,125	0,68					
	40				0,53	0,56	0,1120	0,58	0,100	0,62					
	50	0,52	0,55	0,1100	0,57	0,098	0,61								
	63	0,43	0,47	0,1070	0,49	0,096	0,52								
	80	0,41	0,44	0,0950	0,46	0,085	0,50								
			0,119	0,106											



Продолжение табл. 4.9

Типоразмер	Передаточное число	Частота вращения быстроходного вала, об/мин								Допустимая консольная нагрузка на тихоходный вал, кН		Масса, кг		
		500		750		1000		1500						
		МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	Сборка				
										51; 52	53	51; 52	53	56
Ч – 80	8	0,25	0,85	0,250	0,86	0,2330	0,87	0,210	0,89	4,0	2,0	18,7	519,1	15,0
	10,0		0,83	0,238	0,84	0,2130	0,86	0,190	0,87					
	12,5		0,80	0,242	0,82	0,2170	0,83	0,195	0,86					
	16		0,72	0,250	0,74	0,2450	0,76	0,220	0,81					
	20		0,70	0,235	0,72	0,2220	0,75	0,200	0,79					
	25		0,69	0,235	0,72	0,2220	0,73	0,200	0,77					
	31,5		0,61	0,250	0,63	0,2500	0,66	0,250	0,70					
	40		0,55	0,235	0,58	0,2220	0,61	0,200	0,65					
	50		0,54	0,250	0,57	0,2330	0,59	0,210	0,64					
	63		0,42	0,235	0,46	0,2220	0,48	0,200	0,54					
80	0,49	0,190	0,53	0,1760	0,56	0,159	0,62							
Ч – 100	8	0,50	0,89	0,477	0,91	0,4260	0,92	0,380	0,93	5,5	2,75	55,0	57,0	3,0
	10,0		0,88	0,460	0,90	0,4100	0,91	0,367	0,93					
	12,5		0,88	0,470	0,89	0,4200	0,90	0,374	0,93					
	16		0,83	0,492	0,85	0,4400	0,87	0,392	0,89					
	20		0,80	0,464	0,83	0,4140	0,85	0,370	0,87					
	25		0,80	0,466	0,83	0,4170	0,84	0,372	0,87					
	31,5		0,60	0,500	0,63	0,4480	0,66	0,400	0,70					
	40		0,68	0,485	0,71	0,4330	0,74	0,387	0,78					
	50		0,44	0,68	0,488	0,1360	0,73	0,389	0,77					
	63		0,41	0,57	0,393	0,60	0,3500	0,64	0,313					
80	0,55	0,366	0,58	0,3270	0,61	0,292	0,67							

Продолжение табл. 4.9

Типо- размер	Переда- точное число	Частота вращения быстроходного вала, об/мин								Допустимая консольная нагрузка на тихоходный вал, кН		Масса, кг		
		500		750		1000		1500						
		МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	МТ, кН·м	К.п.д.	Сборка				
										51; 52	53	51; 52	53	56
Ч – 125	8	0,926	0,90	0,826	0,91	0,738	0,92	0,660	0,93	8,0	4,0	86,0	88,0	84,0
	10,0	0,894	0,89	0,800	0,91	0,712	0,92	0,636	0,93					
	12,5	0,880	0,88	0,785	0,89	0,700	0,91	0,626	0,92					
	16	0,950	0,82	0,850	0,86	0,757	0,87	0,676	0,89					
	20	0,917	0,82	0,820	0,84	0,730	0,86	0,653	0,88					
	25	0,865	0,80	0,772	0,82	0,690	0,84	0,616	0,87					
	31,5	1,000	0,71	1,000	0,75	0,890	0,78	0,800	0,81					
	40	0,972	0,69	0,870	0,73	0,775	0,76	0,692	0,79					
	50	0,900	0,67	0,803	0,70	0,717	0,73	0,640	0,77					
	63	0,857	0,64	0,765	0,68	0,683	0,71	0,610	0,76					
80	0,740	0,56	0,660	0,60	0,590	0,63	0,529	0,69						
Ч – 160	8	1,756	0,91	1,560	0,92	1,400	0,93	1,250	0,94	11,0	5,5	155	157	139
	10,0	1,623	0,89	1,450	0,91	1,294	0,92	1,155	0,93					
	12,5	1,616	0,88	1,440	0,90	1,290	0,91	1,150	0,93					
	16	1,953	0,85	1,743	0,88	1,557	0,89	1,390	0,91					
	20	1,616	0,81	1,442	0,84	1,290	0,86	1,150	0,88					
	25	1,560	0,79	1,392	0,83	1,243	0,85	1,110	0,87					
	31,5	2,000	0,75	2,000	0,79	1,790	0,82	1,600	0,83					
	40	1,706	0,68	1,522	0,73	1,360	0,76	1,244	0,79					
	50	1,640	0,66	1,465	0,71	1,310	0,74	1,168	0,78					
	63	1,450	0,61	1,295	0,66	1,157	0,70	1,033	0,74					
80	1,534	0,60	1,370	0,64	1,223	0,69	1,098	0,74						

Быстроходный вал редукторов выполняется с конусным выходным концом, а тихоходный может иметь четыре варианта исполнения (П, Пр, К и Цр), размеры концов валов приведены в табл. 4.11.

Приведем пример обозначения редуктора: *Ч2-125-630-13-22-Ц-У3*, где *Ч2* - тип редуктора; *125* - межосевое расстояние; *630* - передаточное число; *13* - вариант сборки; *22* - вариант расположения червячной пары; *Ц* - цилиндрический конец тихоходного вала; *У3* - климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

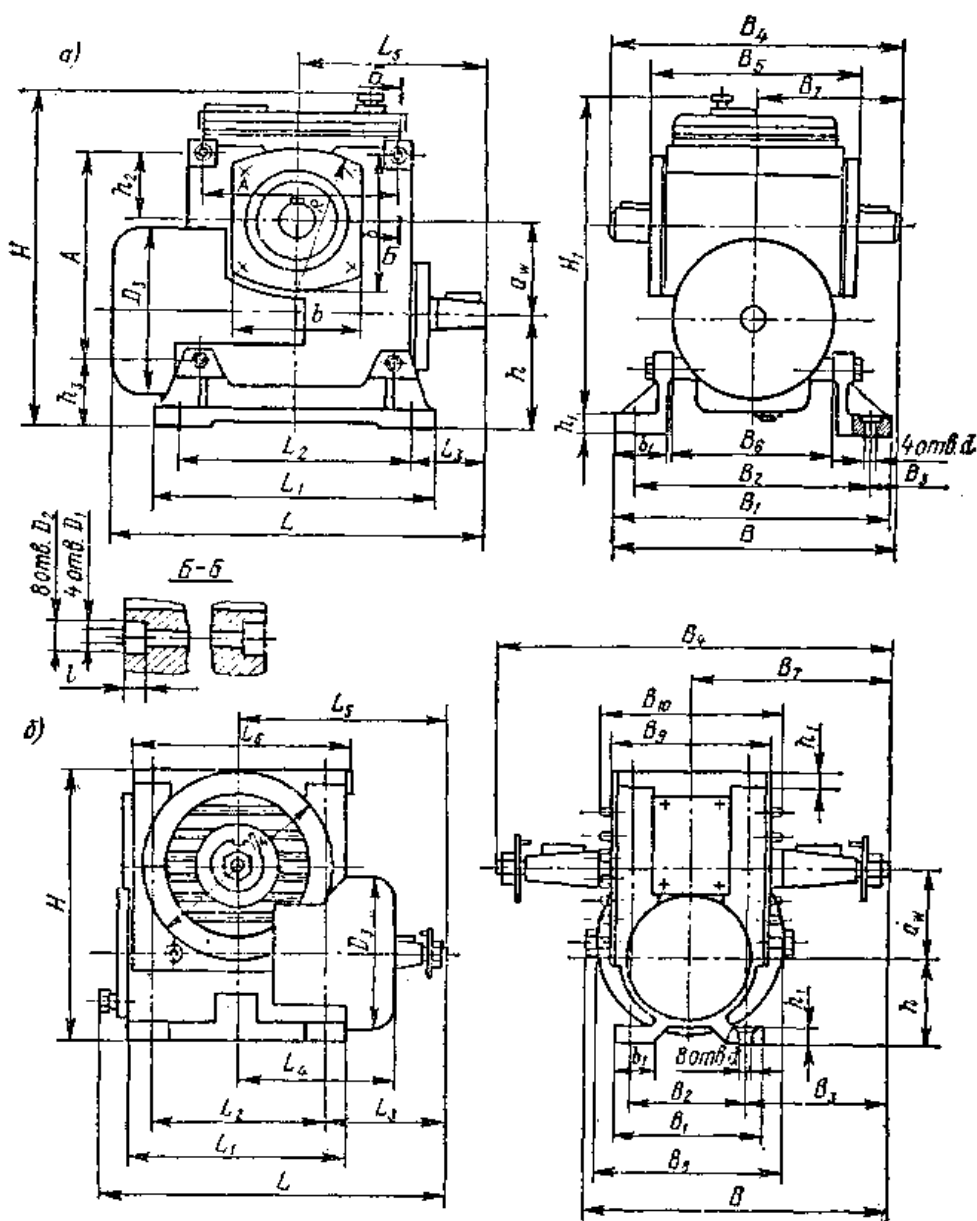


Рис.4.8

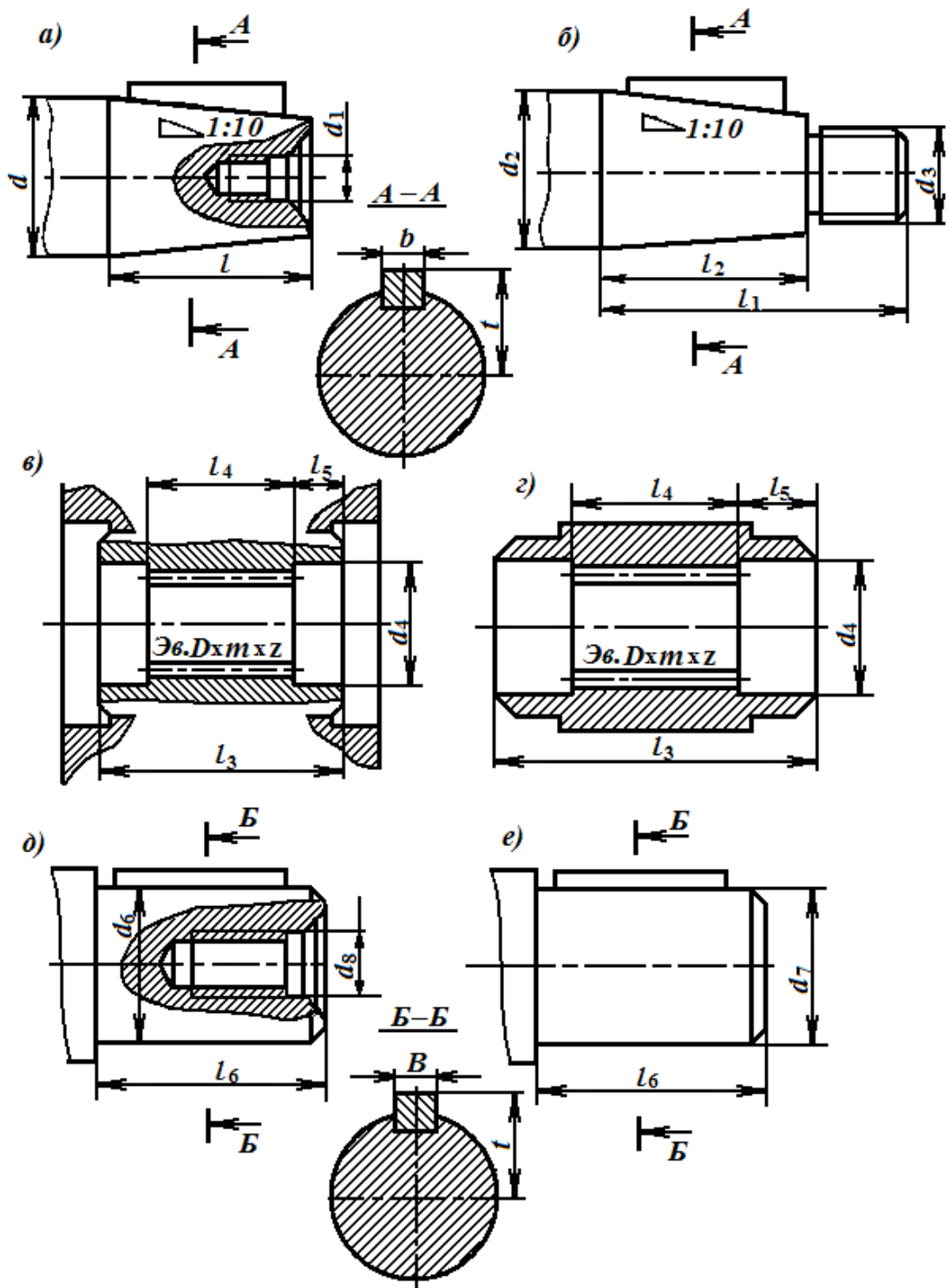


Рис. 4.9

Основные размеры (мм) червячных редукторов типа Ч (рис. 4.8, а, б)

Таблица 4.10

Типоразмер	Межосевое расстояние, мм	L	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	l	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
Ч – 40	40	212	155	130	35	-	100	-	12	175	170	145
Ч – 63	63	298	215	180	55	-	145	-	10	215	230	200
Ч – 80	80	340	260	225	54,5	-	167	-	8	250	250	220
Ч – 100	100	373	240	200	125	175	225	255	-	344	175	140
Ч – 125	125	437	275	230	146	210	261	280	-	363	230	190
Ч – 160	160	551	350	300	195	245	345	363	-	464	280	230

Продолжение табл. 4.10

Типоразмер	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	B <sub>7</sub>	B <sub>8</sub>	B <sub>9</sub>	B <sub>10</sub>	b	b <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>
Ч – 40	17,5	180	128	100	90	-	-	-	82	33,5	206	194
Ч – 63	-	200	158	130	100	-	-	-	105	48,5	267	244
Ч – 80	15	250	180	150	125	-	-	-	115	48	293	272
Ч – 100	155	450	-	-	225	214	204	218	-	45	312	-
Ч – 125	135	460	-	-	230	246	229	243	-	60	396	-
Ч – 160	165	560	-	-	280	286	264	280	-	70	500	-

Продолжение табл. 4.10

Типоразмер	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	A	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d	R
Ч – 40	85	10	30	50	105	11	16	105	-	12	120
Ч – 63	112	12	40	65	150	11	16	135	-	14	110
Ч – 80	112	14	50	62	180	13	18	155	-	16	115
Ч – 100	110	18	-	-	-	-	-	179	220	19	-
Ч – 125	111	22	-	-	-	-	-	217	275	19	-
Ч – 160	140	30	-	-	-	-	-	270	340	22	-

Размеры (мм) выходных концов быстроходных, тихоходных и полых валов редукторов типа Ч (рис. 4.9)

Таблица 4.11

Типоразмер	Быстроходный вал										
	Конический конец (а)					Конический конец (б)					
	d	d <sub>1</sub>	l	b	t	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	b	t
Ч – 40	16	M4	28	3	8,5	-	-	-	-	-	-
Ч – 63	22	M6	36	4	11,6	-	-	-	-	-	-
Ч – 80	25	M8	42	5	13,45	-	-	-	-	-	-
Ч – 100	-	-	-	-	-	32	M20×1,5	80	58	6	17,05
Ч – 125	-	-	-	-	-	32	M20×1,5	80	58	6	35,0
Ч – 160	-	-	-	-	-	40	M24×2	110	82	10	20,95

Продолжение табл. 4.11

Типоразмер	Быстроходный вал				Тихоходный вал					
	Цилиндрический конец (е)				Полный вал (в и г)					
	d7	l6	b1	t1	d4	d5	D×m×z	l3	l4	l5
Ч – 40	-	-	-	-	23	60	ЭВ22×1,5×14	118	52	33
Ч – 63	-	-	-	-	31	75	ЭВ30×1,5×18	108	58	25
Ч – 80	-	-	-	-	39	84	ЭВ38×2×18	122	66	28
Ч – 100	32	80	10	35	46	-	ЭВ45×2×22	205	90	57,5
Ч – 125	32	80	10	35	60	-	ЭВ55×2,5×20	230	110	60
Ч – 160	40	110	12	43	72	-	ЭВ70×2,5×26	275	130	72,5

Продолжение табл. 4.11

Типоразмер	Тихоходный вал											
	Конический конец (б)						Цилиндрический конец (д и е)					
	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	b	t	d <sub>6</sub>	d <sub>7</sub>	d <sub>8</sub>	l <sub>6</sub>	b <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>
Ч – 40	-	-	-	-	-	-	18	-	M4	28	6	20,5
Ч – 63	-	-	-	-	-	-	25	-	M6	42	8	28,0
Ч – 80	-	-	-	-	-	-	32	-	M8	58	10	35,5
Ч – 100	45	M30×2	110	82	12	23,45	-	45	-	82	14	48,5
Ч – 125	55	M36×3	110	82	14	28,95	-	55	-	82	16	59,0
Ч – 160	70	M48×3	140	105	18	36,37	-	70	-	105	20	74,5

## Библиографический список

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя. – В 3т. М.: Машиностроение, 2001
2. Дунаев П.Ф., Леликов С.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Издательский центр «Академия», 2003 – 496с.