

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ  
И ДЕТАЛЕЙ МАШИН.  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ  
И ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ**

**Методические указания  
по разработке конструкторской документации  
при проектировании узлов и деталей машин**

**В 3 частях**

**Часть 1**

**Барановичи  
РИО БарГУ  
2010**

УДК 621.81(072)  
ББК 34.44я73  
П78

Рекомендовано к печати  
методической комиссией инженерного факультета

Составители:

*В. М. Благодарный, А. К. Гавриленя, В. А. Дремук*

Рецензенты:

*Ю. К. Калугин*, кандидат технических наук БарГУ;  
*Л. И. Летковский*, кандидат технических наук, доцент БарГУ

**П78 Проектирование узлов и деталей машин. Техническое предложение и эскизный проект** [Текст] : метод. указания по разраб. конструктор. документации при проектировании узлов и деталей машин : в 3 ч. / сост.: В. М. Благодарный, А. К. Гавриленя, В. А. Дремук. — Барановичи : РИО БарГУ, 2010. — Ч. 1. — 27, [5] с. : ил. — 80 экз.

Является практическим руководством в работе студентов механических специальностей над проектами узлов и деталей машин на этапах разработки технического предложения и эскизного проекта.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 1-36 01 01 Технология машиностроения, 1-36 01 03 Технологическое оборудование машиностроительного производства, 1-53 01 01 Автоматизация технологических процессов и производств, 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства.

Табл. 6. Рис. 34.

УДК 621.81(072)  
ББК 34.44я73

© БарГУ, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	4
1 Анализ существующих конструкций и разработка технического предложения . .	5
2 Разработка эскизного проекта . . . . .	5
2.1 Кинематический и энергетический расчеты механического привода . . . .	6
2.2 Эскизный проект редуктора . . . . .	15
2.3 Эскизный проект привода . . . . .	26
Список рекомендуемых источников . . . . .	29
Список использованных источников . . . . .	29

## ВВЕДЕНИЕ

Проектирование узлов и деталей машин является первой творческой работой студента, прививающей навыки конструирования, необходимые для выполнения учебных проектов по специальным дисциплинам и проектов реальных изделий на производстве. ГОСТ 2.101-68 [1] предусматривает следующие виды изделий: деталь, сборочную единицу, комплекс и комплект. Состав и устройство изделия определяют конструкторские (графические и текстовые) документы по ГОСТ 2.102-68 [2]: чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, теоретический чертеж, габаритный чертеж, монтажный чертеж, схема, спецификация, ведомость технического проекта, пояснительная записка, технические условия, программа и методика испытаний, расчет, инструкция и т. д. При проектировании изделия из указанного множества необходимо сформировать комплект необходимых конструкторских документов, выполненных по единым стандартам, обеспечивающим техническое взаимопонимание на всех этапах создания, производства и эксплуатации изделия.

Объектами проектирования узлов и деталей машин обычно являются приводы различных машин и механизмов (конвейеров, транспортеров, лебедок, питателей, смесителей, грузоподъемных кранов), использующих большинство узлов и деталей общего назначения.

В методических указаниях материал расположен в том порядке, в котором студенту следует работать над проектом изделия (привода), соблюдая этапы проектирования по ГОСТ 2.103-68 [3].

## **1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ**

Документом на проектирование изделия является техническое задание, которое устанавливает основное назначение, технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, выполнение необходимых стадий разработки конструкторской документации и ее состав, а также специальные требования к изделию.

После получения задания анализируют конструкции, подобные заданной, по учебной, справочной и патентной литературе, образцам проектов, находящимся в зале курсового проектирования. Анализ производят по критериям надежности, долговечности, габаритов, веса, условий эксплуатации, экологии и соблюдения техники безопасности. В результате выбирают прототип проектируемого изделия, намечают изменения в его конструкции в соответствии с техническим заданием.

Результаты анализа обсуждают с руководителем проекта, согласуют изменения конструкции прототипа.

Оформляют техническое предложение в виде кинематической схемы по ГОСТ 2.703-68 [4] и пояснительной записки, в которой обосновывают окончательный вариант решения по реализации условий технического задания. Документам присваивают литеру «П».

Техническое предложение, согласованное и утвержденное в установленном порядке, является основанием для разработки эскизного проекта.

## **2 РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА**

На этом этапе проектирования выполняют расчеты и эскизные чертежи, которые должны содержать принципиальные конструктивные боты изделия, о его габаритах и основных параметрах. Документам эскизного проекта присваивают литеру «Э».

## 2.1 Кинематический и энергетический расчеты механического привода

В техническом задании на проектирование, как правило, заданы окружное усилие на рабочем органе (барабане, звездочке конвейера с валом)  $F_t$ , кН, и окружная скорость рабочего органа  $v$ , м / с. Мощность, потребляемая рабочим органом  $P_p$ , кВт, вычисляют по формуле [5]

$$P_p = F_t v .$$

Мощность, потребляемая электродвигателем, рассчитывается следующим образом:

$$P_{эл} = P_p / \eta ,$$

где  $\eta$  — коэффициент полезного действия (КПД) привода

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n ,$$

где  $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$  — КПД кинематических пар (передач, подшипников, муфт) привода, значения которых выбирают как средние из таблицы 1.

Т а б л и ц а 1 — Средние значения КПД различных передач

Тип передачи	Значение КПД	
	Масляная ванна	Открытая передача
Зубчатая: – цилиндрическая	0,96...0,98	0,92...0,95
– коническая	0,95...0,97	0,92...0,94
Червячная при числе заходов червяка: – $Z_1 = 1$	0,70...0,80	0,6...0,7
– $Z_1 = 2$	0,75...0,85	
– $Z_1 = 4$	0,85...0,93	
Цепная	0,95...0,97	0,9...0,93
Фрикционная	—	0,9...0,97

Окончание табл. 1.

Тип передачи	Значение КПД	
	Масляная ванна	Открытая передача
Ременная: – плоскоременная	—	0,96...0,98
– клиноременная	—	0,95...0,97
– зубчатоременная	—	0,93...0,97

Коэффициент полезного действия одной пары подшипников качения  $\eta = 0,99...0,995$ .

Частота вращения рабочего органа рассчитывается следующим образом:

$$n_p = \frac{60\,000 \nu}{\pi D},$$

где  $D$  — диаметр барабана или делительный диаметр звездочки (мм), который вычисляют по формуле

$$D = p / \sin(\pi/z),$$

где  $p$  — шаг звездочки (цепи), мм;

$z$  — число зубьев звездочки.

Значения параметров  $p$  и  $z$  заданы в техническом задании.

Желаемую частоту вращения вала электродвигателя  $n_{эж}$ , мм, вычисляют по формуле

$$n_{эж} = n_p u_o,$$

где  $u_o$  — ориентировочное передаточное число привода

$$u_o = u_{10} u_{20} \dots u_{n0},$$

где  $u_{10}, u_{20}, \dots, u_{n0}$  — ориентировочные передаточные числа отдельных передач привода, значения которых выбирают как средние из таблицы 2.

Т а б л и ц а 2 — Передаточные числа различных передач

Тип передачи	Наиболее часто применяемые значения	Наибольшее значение
Зубчатая цилиндрическая передача в закрытом корпусе: – прямозубая	3...4	8
– косозубая	3...5	10
– шевронная	4...6	10
– коническая зубчатая	2...3	6
Открытая зубчатая передача: – с цилиндрическими колесами	4...6	15
– с коническими колесами	3...4	10
– червячная передача	8...40	100
– цепная передача	2...4	7
– фрикционная передача с цилиндрическими катками	2...4	5
Ременная передача: – плоским ремнем	2...4	6
– клиновым ремнем	2...4	7
– с натяжным роликом	3...5	8
– зубчатым ремнем	3...7	9

Исходя из вычисленных значений  $P_{эп}$  и  $n_{эж}$  по таблице 3 выбирают электродвигатель мощностью  $P_э$ , кВт, ближайшей большей  $P_{эп}$  и частотой вращения  $n_э$ , ближайшей к  $n_{эж}$ . Размеры электродвигателей приведены на рисунке 1 и в таблице 4.

Структура условного обозначения электродвигателей:

АИ — обозначение серии;

Р, С — вариант привязки мощности к установочным размерам (ГОСТ, DIN);

56, 63, 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180 — высота оси вращения (габарит);

А, В, С — длина сердечника (первая длина, вторая длина, третья длина);

S, L, M — установочные размеры по длине станины;

2, 4, 6, 8, 4/2, 6/4, 8/4, 8/6, 16/4, 6/4/2, 8/4/2, 8/6/4 — число полюсов;

T2, T3, У2, У3, У5, УХЛ2, УХЛ4 — климатическое исполнение и категория размещения.

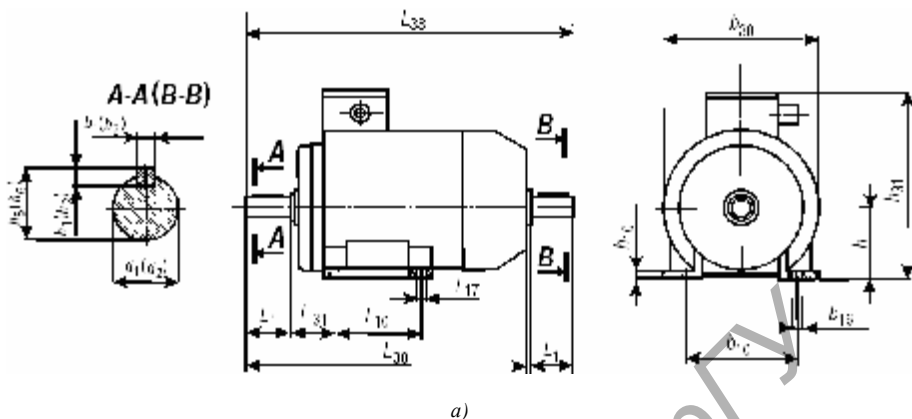
Передаточное число привода рассчитывается по формуле

$$u = n_э / n_p = u_1 u_2 \dots u_n ,$$

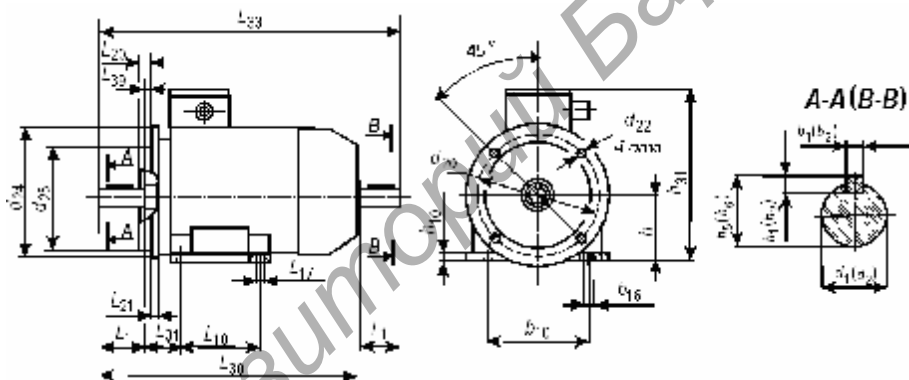
где  $u_1, u_2, \dots, u_n$  — передаточные числа отдельных передач привода.

Т а б л и ц а 3 — Электрические параметры электродвигателей

Тип	$P_3$ , кВт	$n_3$ , об / мин	Тип	$P_3$ , кВт	$n_3$ , об / мин
АИР56А2	0,18	2 730	АИР63А4	0,25	1 320
АИР56В2	0,25	2 700	АИР63В4	0,37	1 320
АИР56А4	0,12	1 350	АИР63А6	0,18	860
АИР56В4	0,18	1 350	АИР63В6	0,25	860
АИР63А2	0,37	2 730	АИР71А2	0,75	2 820
АИР63В2	0,55	2 730	АИР71В2	1,10	2 800
АИР71А4	0,55	1 360	АИР112МА6	3,00	950
АИР71В4	0,75	1 350	АИР112МВ6	4,00	950
АИР71А6	0,37	900	АИР112МА8	2,20	700
АИР71В6	0,55	920	АИР112МВ8	3,00	700
АИР71В8	0,25	680	АИР132М2	11,00	2 910
АИР80А2	1,50	2 880	АИР132С4	7,50	1 440
АИР80В2	2,20	2 860	АИР132М4	11,00	1 450
АИР80А4	1,10	1 420	АИР132С6	5,50	960
АИР80В4	1,50	1 410	АИР132М6	7,50	950
АИР80А6	0,75	920	АИР132С8	4,00	700
АИР80В6	1,10	920	АИР132М8	5,50	700
АИР80А8	0,37	680	АИР160С2	15,00	2 920
АИР80В8	0,55	680	АИР160М2	18,50	2 920
АИР90L2	3,00	2 860	АИР160С4	15,00	1 460
АИР90L4	2,20	1 430	АИР160М4	18,50	1 460
АИР90L6	1,50	940	АИР160С6	11,00	970
АИР90LА8	0,75	700	АИР160М6	15,00	970
АИР90LВ8	1,10	710	АИР160С8	7,50	720
АИР100S2	4,00	2 850	АИР160М8	11,00	720
АИР100L2	5,50	2 850	АИР180С2	22,00	2 930
АИР100S4	3,00	1 410	АИР180М2	30,00	2 930
АИР100L4	4,00	1 410	АИР180С4	22,00	1 460
АИР100L6	2,20	940	АИР180М4	30,00	1 460
АИР100L8	1,50	710	АИР180М6	18,50	980
АИР112М2	7,50	2 900	АИР180М8	15,00	730
АИР112М4	5,50	1 430			



a)



б)

a — Исполнение IM108X;  
 б — Исполнение IM208X (IM308X; IM218X; IM368X)

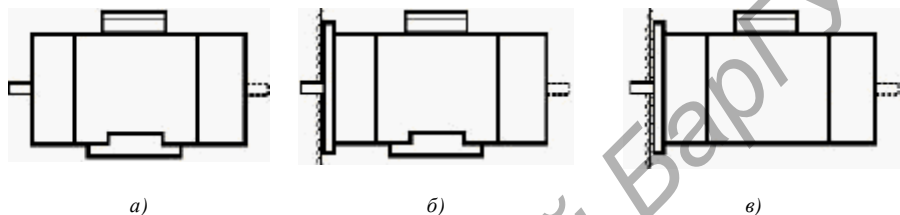
Рисунок 1 — Размеры трехфазных электродвигателей

Передаточные числа внешних передач (которые не входят в редуктор) принимают примерно равными ориентировочным. Для передач редукторов передаточные числа назначают следующим образом: для цилиндрического редуктора передаточное число более тихоходной передачи должно быть на 20...25% меньше, чем предыдущей; для коническо-цилиндрического редуктора передаточное число конической передачи принимают на 20...25% ниже, чем цилиндрической. После присвоения

$u_1, u_2, \dots u_n$  конкретных значений проверяют тождество  $u = u_1 u_2 \dots u_n$ , которое должно выполняться с точностью до 0,01  $u$  (или другой точностью, обусловленной техническим заданием).

Виды конструктивных исполнений электродвигателей по способу монтажа представлены на рисунке 2.

Конструктивное исполнение по способу монтажа (крепление и сочленение) и условное обозначение для этих исполнений осуществляется в соответствии с ГОСТ 2479.-79 [5].



*a* — IM1081 (IM1082); *б* — M2081 (IM2082) большой фланец, IM2181 (IM2182) малый фланец; *в* — IM3081 (IM3082) большой фланец, IM3681 (IM3682) малый фланец

Рисунок 2 — Виды конструктивных исполнений

Частоты вращения валов привода  $n$ , об / мин, рассчитываются по формулам:

$$n_1 = n_0 / u_1 ,$$

$$n_2 = n_1 / u_2 ,$$

$$n_n = n_{n-1} / u_n ,$$

угловые скорости валов привода  $\omega$ , рад / с, —

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30} ,$$

$$\omega_2 = \frac{\pi n_2}{30} ,$$

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} .$$

Т а б л и ц а 4 — Геометрические размеры электродвигателей серии АИР

Размер, мм	Тип двигателя																															
	АИР56		АИР63		АИР71		АИР80А		АИР80В, С		АИР90		АИР100 S		АИР100 L		АИР112		АИР132 S		АИР132М		АИР160S		АИР160М		АИР180S		АИР180М			
	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8	2	4, 6, 8		
L <sub>1</sub>	23	30	40	50	50	50	60	60	80	80	80	110																				
L <sub>10</sub>	71	80	90	100	100	125	112	140	140	140	178	178	210	203	241																	
L <sub>17</sub>	5,8	7,0	7,0	10,0	10,0	10,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	15																				
L <sub>20</sub>	IM2081 IM3081	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5																			
	IM2181 IM3681	2,5	2,5	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,5	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,0	3,5	4,0	—												
L <sub>21</sub>	10	10	10	10	10	12	14	14	15	19	19	13	15																			
L <sub>30</sub>	218	237	272,5	296,5	320,5	337	360	391	433	463	501	680	720	700	740																	
L <sub>31</sub>	36	40	45	50	50	56	63	63	70	89	89	108	121																			
L <sub>33</sub>	234,0	263,0	316,5	350,0	374,0	390,0	424,0	455,0	516,0	546,0	584,0	785	815	804	844																	
L <sub>39</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
b <sub>1</sub>	4	5	6	6	6	8	8	8	10	10	10	12	14	12	14	14	16	14	16													
b <sub>2</sub>												12				14																
b <sub>10</sub>	90	100	112	125	125	140	160	160	190	216	216	254	279																			
b <sub>16</sub>	8,8	10	10	12	12	12	16	16	16	16	16	20																				
b <sub>30</sub>	127	142	160	180	180	198	226	226	250	287	287	350	375																			
h	56	63	71	80	80	90	100	100	112	132	132	160	180																			
h <sub>1</sub>	4	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9	8	9	9	10	9	10													
h <sub>2</sub>												8				9																

$h_5$												45	51,5	45	51,5	51,5	59	51,5	59				
$h_6$	12,5	16,0	21,5	24,5	24,5	27,0	31,0	31,0	35,0	41,0	41,0	45						51,5					
$h_{10}$	7	8	8	9	9	10	12	12	14	16	16	20											
$h_{21}$	148	161	188	204,5	204,5	230,0	246,5	246,5	276	316	316	405				445							
$d_1$	11	14	19	22	22	24	28	28	32	38	38	42	48	42	48	48	55	48	55				
$d_2$												42						48					
$d_{20}$	IM2081 IM3081	115	130	165	165	165	215	215	215	265	300	300	300				350						
	IM2081 IM3081	65	85	75	100	85	115	100	130	100	130	115	130	130	130	130	165	165	215	165	215	—	—
$d_{22}$	IM2081 IM3081	10	10	12	12	12	15	15	15	15	19	19	19										
	IM2181 IM3681	M5	M6	M5	M6	M6	M8	M6	M8	M6	M8	M8	M8	M8	M8	M10	M10	M12	M10	M12	—		
$d_{24}$	IM2081 IM3081	140	160	200	200	200	250	250	250	300	350	350	350				400						
	IM2181 IM3681	80	99	90	110	105	140	120	160	120	160	140	164	160	160	156	211	200	248	200	248	—	—
$d_{25}$	IM2081 IM3081	95	110	130	130	130	180	180	180	230	250	250	250				300						
	IM2181 IM3681	50	70	60	80	70	95	80	110	80	110	95	110	110	110	130	130	180	130	180	—	—	

В результате должна выполняться проверка  $n_n = n_p$  с точностью до  $0,02 n_p$  (или другой точностью, обусловленной техническим заданием).

Мощности, передаваемые валами привода  $P$ , кВт, определяются по формулам:

$$P_1 = P_{\text{эл}} \eta_1,$$

$$P_2 = P_1 \eta_2,$$

$$P_n = P_{n-1} \eta_n.$$

Необходимо выполнение равенства  $P_n = P_p$  с точностью  $0,01 P_p$  (или другой точностью, если она указана в техническом задании).

Крутящие моменты на валах привода  $T$ , Н·м, рассчитываются по формулам:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} 10^3,$$

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega_2} 10^3,$$

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_n} 10^3.$$

Результатом энерго-кинематического расчета является установление значений передаточных чисел передач привода, частот вращения, угловых скоростей, мощностей и крутящих моментов на всех его валах. Эти значения заносят в таблицу 5. Они служат исходными данными для расчета по известным методикам зубчатых и других передач, валов, для выбора подшипников и муфт.

Т а б л и ц а 5 — Значения параметров элементов привода

Номер вала	Частота вращения $n$ , об / мин	Угловая скорость $\omega$ , рад/с	Мощность $P$ , кВт	Крутящий момент $T$ , Н м	Передаточное число $u$
1					
2					
...					
$n$					

## 2.2 Эскизный проект редуктора

После вычислений межосевых расстояний, размеров зубчатых колес и червяков приступают к конструированию редуктора, первым этапом которого является разработка эскизного проекта. При этом определяют расположение деталей передач, расстояния между ними, диаметры ступеней валов, назначают типы подшипников и схемы их установки [7]. Рассмотрим данные операции по порядку.

1. Устанавливают расстояния между деталями передач. Для того чтобы вращающиеся колеса не соприкасались с внутренними поверхностями стен корпуса и крышки редуктора, между ними оставляют зазор ( $a$ , мм), показанный на рисунке 3, который вычисляют по формуле

$$a = \sqrt[3]{L} + 4,$$

где  $L$  — наибольшее расстояние между поверхностями деталей передач редуктора, мм.

Полученное значение  $a$  округляют в большую сторону до целого числа.

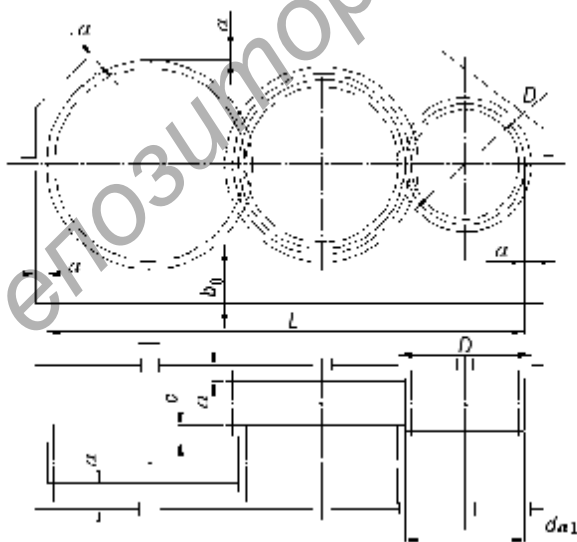


Рисунок 3 — Схема двухступенчатого редуктора

Удаление  $b_0$  дна корпуса от поверхностей колес или червяка передачи принимают

$$b_0 \geq 4a.$$

Расстояние между торцами колес двухступенчатого редуктора, выполненного по развернутой схеме, изображенной на рисунке 3, выбирают из интервала

$$c = (0,3 \dots 0,5)a.$$

Для развернутого трехступенчатого редуктора значения параметров  $a$ ,  $b_0$  и  $c$  определяют так же, как и для двухступенчатого.

При конструировании соосного двухступенчатого редуктора, показанного на рисунке 4, между торцами шестерни быстроходной ступени и колеса тихоходной ступени располагают два подшипника. Расстояние между указанными торцами вычисляют после выбора подшипников по формуле

$$L_5 = 3a + B_1 + B_2,$$

где  $B_1$  и  $B_2$  — ширина подшипников быстроходного и тихоходного валов соответственно.

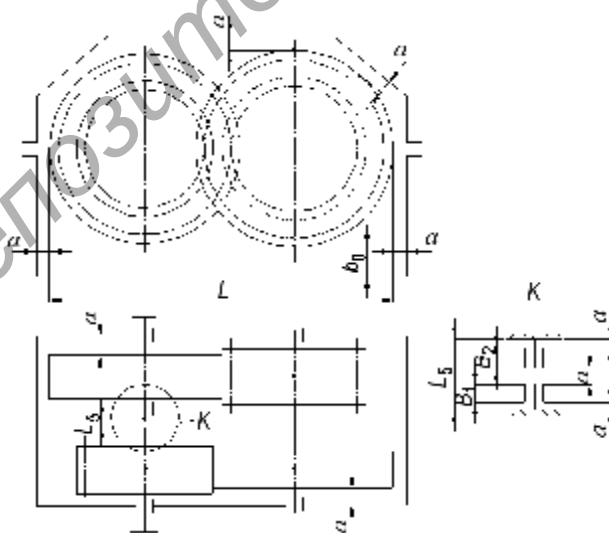


Рисунок 4 — Схема соосного двухступенчатого редуктора

Расстояния между деталями червячного и конического редукторов обозначены на рисунках 5 и 6.

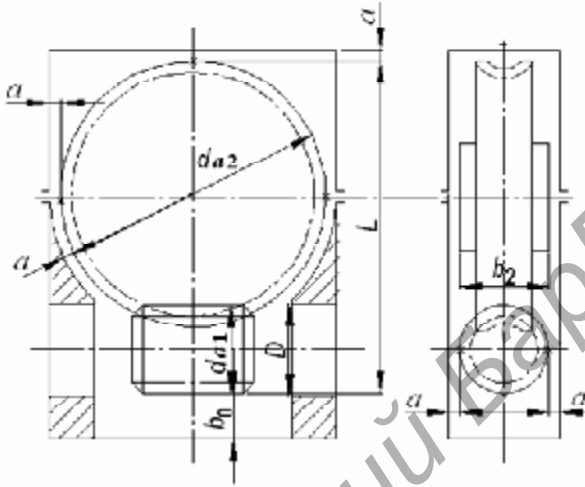


Рисунок 5 — Схема червячного редуктора

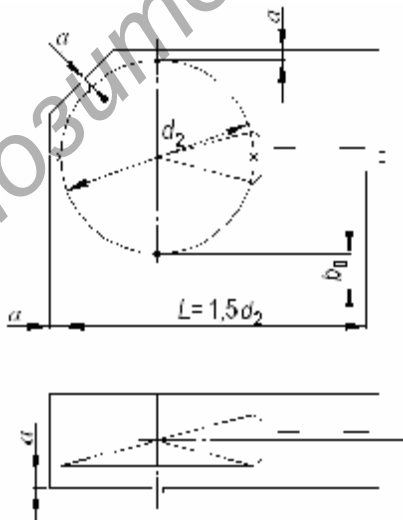


Рисунок 6 — Схема конического редуктора

2. Диаметры ступеней валов редуктора определяют в мм:

а) для быстроходного (входного) вала (рис. 7):

1) диаметр ступени (конической или цилиндрической) для посадки на нее полумуфты:

$$d \geq (7 \dots 8) \cdot \sqrt[3]{T_6} .$$

Согласовывают вычисленное значение с величиной диаметра вала электродвигателя;

2) диаметр участков для установки подшипников

$$d_{\text{п}} \geq d + 2t ;$$

3) диаметр буртика (заплечика) для упора подшипника;

$$d_{\text{бп}} \geq d_{\text{п}} + 3r ;$$

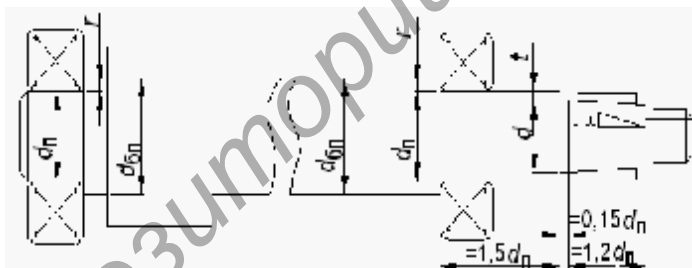


Рисунок 7 — Конструирование быстроходного вала

б) для промежуточных валов (рис. 8):

1) диаметр ступени для посадки на нее колеса

$$d_{\text{к}} \geq (6 \dots 7) \cdot \sqrt[3]{T_{\text{пр}}} ;$$

2) диаметр буртика для упора колеса

$$d_{\text{бк}} \geq d_{\text{к}} + 3f ;$$

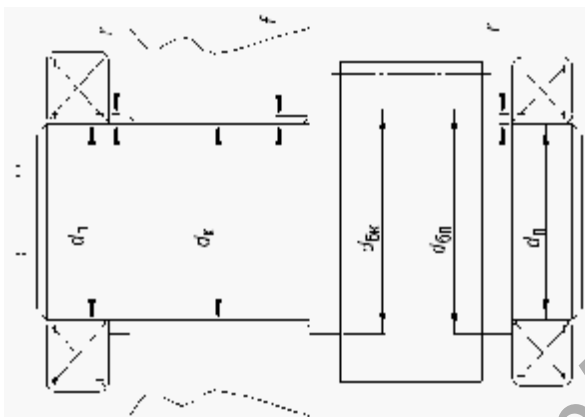


Рисунок 8 — Конструирование промежуточного вала

3) диаметр участков для установки подшипников:

– для исполнения 1

$$d_{\text{п}} = d_{\text{к}} - 3r;$$

– для исполнения 2

$$d_{\text{п}} \leq d_{\text{к}};$$

4) диаметр буртика для упора подшипника

$$d_{\text{бп}} \geq d_{\text{п}} + 3r;$$

в) для тихоходного (выходного) вала (рис. 9):

1) диаметр поверхности для посадки полумуфты

$$d \geq (5 \dots 6) \cdot \sqrt[3]{T_{\text{T}}}.$$

Согласовывают величину  $d$  с диаметром посадочной поверхности муфты, которую выбирают в зависимости от  $T_{\text{T}}$  и возможного значения  $d$ ;

2) диаметр ступеней для установки подшипников

$$d_{\text{п}} \geq d + 2t;$$

3) диаметр буртика для упора подшипника

$$d_{\text{бп}} \geq d_{\text{п}} + 3r;$$

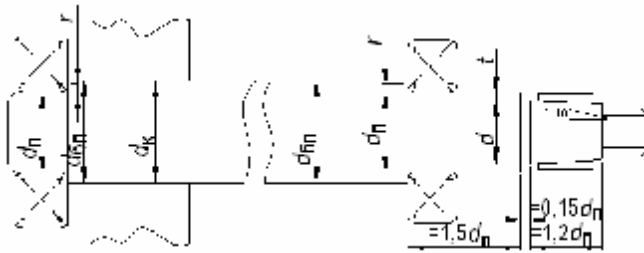


Рисунок 9 — Конструирование тихоходного вала

- 4) диаметр участка для посадки на него колеса

$$d_k \geq d_{ок};$$

- 5) диаметр буртика для упора колеса

$$d_{ок} \geq d_k + 3r.$$

- г) для конической вала-шестерни (рис. 10):

- 1) диаметр ступени для посадки на нее полумуфты

$$d \geq 8 \cdot \sqrt[3]{T_6}.$$

Согласовывают значение  $d$  с диаметром вала электродвигателя;

- 2) диаметр буртика для упора полумуфты

$$d_1 = d + 2t;$$

- 3) диаметр резьбы

$$d_2 = d_1 + (2...4);$$

- 4) диаметр посадочной поверхности для подшипника

$$d_n \geq d_2;$$

- 5) диаметр буртика для упора подшипника

$$d_{ок} \geq d_n + 3r.$$

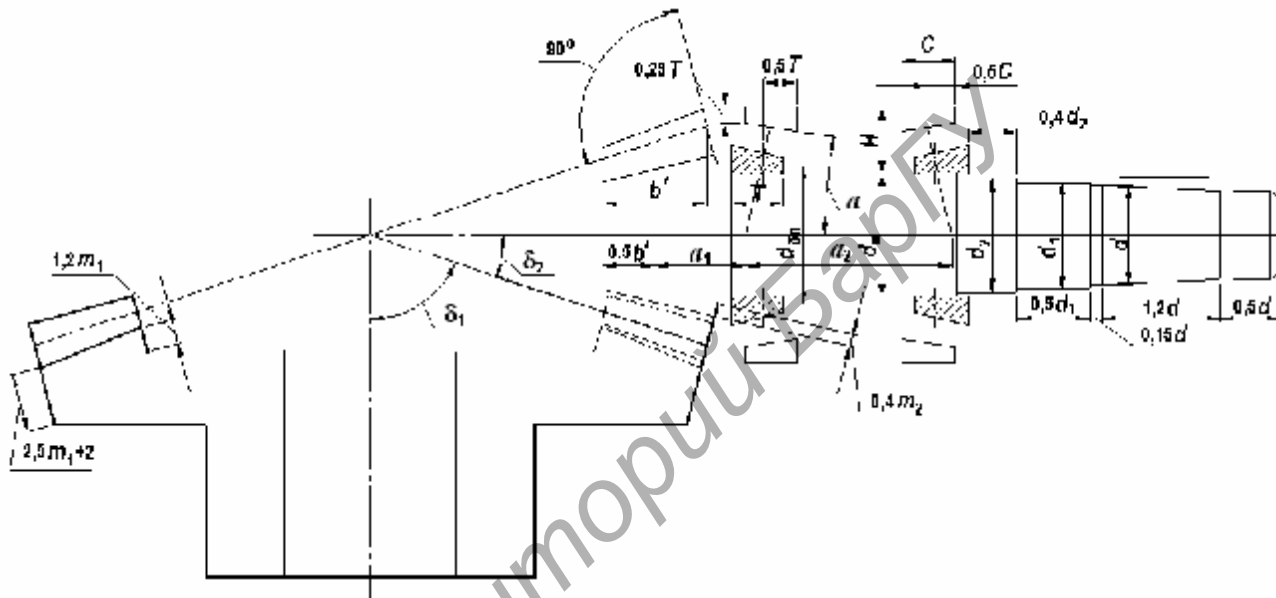


Рисунок 10 — Конструирование конического вала-шестерни

В изложенных условиях  $T_6$ ,  $T_{пр}$  и  $T_t$  — моменты на быстроходном, промежуточных и тихоходном валах соответственно, Н·м.

Большие значения интервалов параметров  $d$  и  $d_k$  принимают для валов передач с твердостью зубьев  $HRC > 55$ , шевронных передач, для валов на роликовых подшипниках, а также промежуточных валов соосных редукторов.

Величину буртика  $t$ , примерные размеры фасок подшипника  $r$  и колеса  $f$  выбирают в зависимости от значения  $d$  из таблицы 6.

Значения диаметров округляют до величин из ряда нормальных линейных размеров: ...8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 47; 48; 50; 52; 53; 55; 56; 60; 62; 63; 65; 67; 70; 71; 72; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200... .

3. Выбирают тип подшипников из наиболее применяемых в машиностроении, изображенных на рисунке 11.

Для опор валов цилиндрических прямозубых и косозубых колес редукторов применяют шариковые радиальные подшипники легкой серии. Если при последующей проверке грузоподъемность подшипника легкой серии окажется недостаточной, применяют подшипники средней серии.

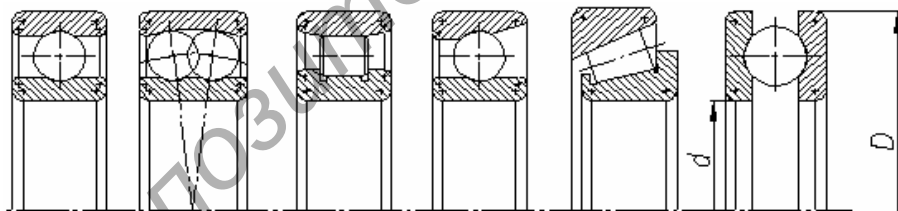


Рисунок 11 — Типы подшипников

Т а б л и ц а 6 — Зависимость величин конструктивных элементов от диаметра вала

$d$ , мм	17...24	25...30	32...40	42...50	52...60	62...70	71...85
$t$ , мм	2	2,2	2,5	2,8	3	3,3	3,5
$r$ , мм	1,6	2	2,5	3	3	3,5	3,5
$f$ , мм	1	1	1,2	1,6	2	2	2,5

С целью точной и жесткой фиксации конических и червячных колес в осевом направлении в качестве опор их валов применяют конические роликовые подшипники легкой серии. Такие же подшипники по тем же соображениям используют опорами конической вала-шестерни, а при частоте ее вращения выше 1500 об / мин рекомендуются подшипники шариковые радиально-упорные легкой серии. Опоры червяка в силовых червячных передачах нагружены значительными осевыми силами, поэтому он должен вращаться в конических роликовых подшипниках, а иногда, при длительной непрерывной работе, в шариковых радиально-упорных подшипниках.

Для опор плавающих валов шевронных передач или передач с разделенными потоками мощности применяют радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами легкой серии.

4. Определяют схемы установки подшипников. Обычно валы фиксируют в опорах от осевых перемещений, такие опоры называют фиксирующими (рис. 12).

Если же осевое перемещение вала не ограничивается в обоих направлениях, то опоры являются плавающими. Вал фиксируется в одной опоре: на рисунке 12, а, — одним радиальным подшипником (например, шариковым), а на рисунке 12, б, — двумя радиальными или радиально-упорными подшипниками. Эти схемы применяют при любом расстоянии

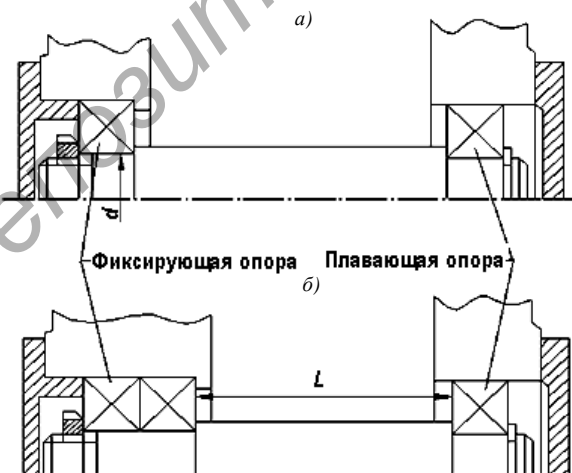


Рисунок 12 — Опоры валов

между опорами вала. При этом конструкция на рисунке 12, б, характеризуется большей жесткостью фиксирующей опоры, поэтому ее применяют в конических зубчатых и червячных передачах. Схему, изображенную на рисунке 12, а, широко применяют для валов цилиндрических зубчатых передач, а также для приводных валов конвейеров.

При выборе фиксирующей или плавающей опор необходимо учитывать некоторые моменты. Подшипники обеих опор должны быть нагружены по возможности равномерно, поэтому если опоры нагружены кроме радиальной еще и осевой силой, то в качестве плавающей выбирают опору, нагруженную большей радиальной силой. При действии на опоры вала только радиальных нагрузок в качестве плавающей назначают менее нагруженную опору. В этом случае будет меньше изнашиваться поверхность корпуса редуктора, сопряженная с подшипником, из-за температурного удлинения (укорочения) вала. Если же на выходном (входном) конце вала при монтаже привода будет устанавливаться муфта, то в качестве фиксирующей принимают опору вблизи этого конца вала.

На рисунке 13 изображены две схемы фиксации вала в двух опорах, причем в каждой опоре в одном направлении.

Применение таких схем зависит от расстояния между опорами. Связано это с изменением зазоров в подшипниках из-за нагрева при работе. При нагреве подшипников зазоры в них уменьшаются, при нагреве вала длина его увеличивается. В результате осевые зазоры в подшипниках

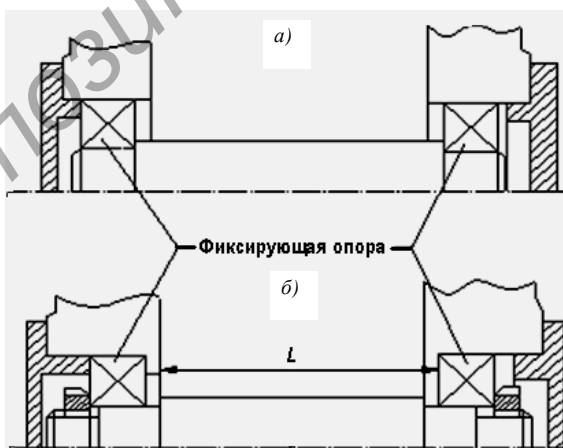


Рисунок 13 — Схемы фиксации вала

схемы (рис. 13, *a*), называемой схемой «враспор», еще больше уменьшаются. Для того чтобы не происходило защемления вала в опорах, предусматривают осевой зазор  $a = 0,2 \dots 0,5$  мм, величина которого должна быть несколько больше ожидаемой тепловой деформации подшипников и вала. Схема «враспор» проста, по ней могут быть применены как радиальные, так и радиально-упорные подшипники. Последние более чувствительны к изменению осевых зазоров, поэтому должно выполняться соотношение  $l/d = 6 \dots 8$ . Для радиальных подшипников отношение  $l/d$  может быть больше 10.

При установке вала по схеме (рис. 13, *б*), называемой схемой «всжатку», защемление подшипников из-за температурных деформаций вала исключается, но могут появиться большие осевые зазоры, недопустимые для радиально-упорных подшипников, поэтому должно выполняться соотношение  $l/d = 8 \dots 10$ . Меньшие значения относятся к роликовым, большие к шариковым подшипникам.

5. Эскизный чертеж редуктора вычерчивают после выполнения работ по пунктам 1—4, т. е. после определения расстояний между деталями редуктора, диаметров ступеней валов, выбора типов подшипников и схем их установки.

Редуктор рекомендуется изображать на миллиметровой бумаге в масштабе 1 : 1 в двух проекциях, которых обычно бывает достаточно для получения представления о конструкции и размерах деталей редуктора и их относительном расположении. Пример эскизного проекта цилиндрического двухступенчатого редуктора приведен на рисунке 14.

Анализируют полученную конструкцию редуктора на возможность соприкосновения движущихся деталей с неподвижными, обеспечения смазывания в процессе работы зацеплений, подшипников и т. д. Например, если окажется, что зубчатое колесо на чертеже перекрывает часть вала соседней передачи, то в этом случае необходимо уменьшить диаметр этого колеса или увеличить межосевое расстояние соседней передачи путем изменения материалов зубчатых колес, их термообработки или новой разбивкой передаточного числа редуктора по ступеням.

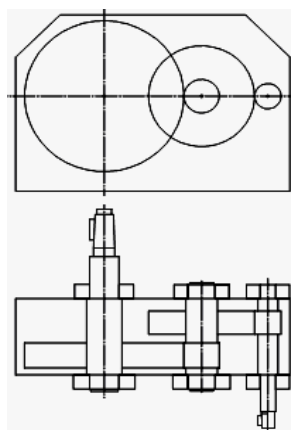


Рисунок 14 — Эскизный проект цилиндрического двухступенчатого редуктора

Эти же средства используют, если колесо передачи не погружается в масло на требуемую глубину  $h_m$  (указанную на рис. 15) от одной высоты зуба до четверти его диаметра.

Иногда для этой же цели применяют специальное смазочное колесо 1, изображенное на рисунке 16, или же наклоняют плоскость расположения осей колес по отношению к горизонту.

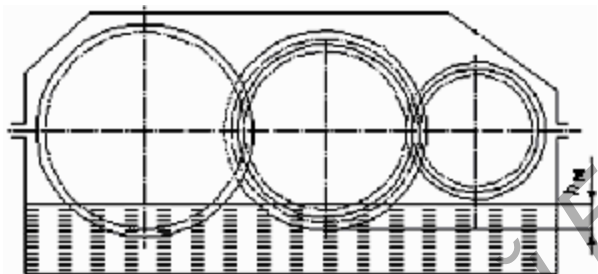


Рисунок 15 — Смазывание зацепления окунанием

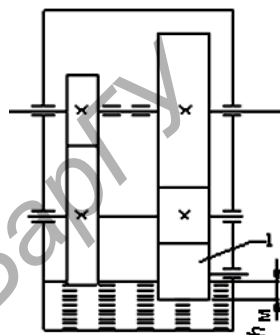


Рисунок 16 — Смазывание зацепления смазочным колесом

После анализа конструкции редуктора подбирают шпонки и выполняют по известным методикам проверочные расчеты валов, подшипников и шпонок.

Эскизный чертеж редуктора обсуждают с руководителем и после его согласования разрабатывают эскизный проект всего привода.

### 2.3 Эскизный проект привода

Эскизный проект привода выполняют на миллиметровой бумаге в масштабе уменьшения в двух проекциях в приведенной ниже последовательности. Изображают выбранный ранее электродвигатель, используя данные таблицы 4. По величине диаметра вала электродвигателя и крутящего момента на быстроходном валу редуктора подбирают муфту. Изображают ее на конце вала электродвигателя так, чтобы торец упирался в буртик на валу.

Вычерчивают контур редуктора так, чтобы буртик его быстроходного вала соприкасался со вторым торцом муфты. Изображают ранее выбранную муфту на конце тихоходного вала в упор в буртик на валу.

Вычерчивают рабочий орган (вал с барабаном или звездочками) так, чтобы его буртик соприкасался со вторым концом муфты. Размеры барабана известны из технического задания, размеры звездочки — из кинематического и энергетического расчетов привода. Контур корпуса подшипниковых опор изображают условно, так как размеры их первоначально неизвестны.

Под редуктор и электродвигатель подносят контур рамы или плиты. Пример эскизного проекта привода ленточного конвейера показан на рисунке 17.

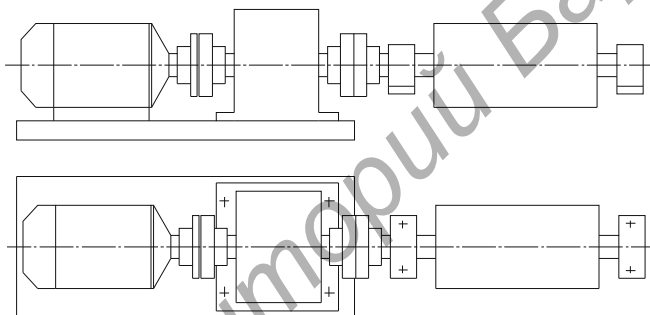


Рисунок 17 — Эскизный проект привода ленточного конвейера

Затем анализируют полученный эскизный проект привода, проверяют рациональность предварительно принятых решений, а также размеров сборочных единиц и деталей в общей компоновке привода. Например, может быть выявлено, что размеры редуктора слишком велики по сравнению с размерами двигателя и барабана. Это нарушает пропорциональность конструкции, ее эстетичность, усложняет конструкцию и увеличивает металлоемкость рамы из-за большой разницы высот осей валов у редуктора и электродвигателя. В этом случае возможна необходимость исправления первоначальных расчетов и конструктивных решений, например, распределения общего передаточного числа, выбора материала и термообработки для зубчатых колес, расположения

осей валов в редукторе, выбора быстроходности электродвигателя и т. д. Если выяснилось, что уменьшать размеры редуктора нецелесообразно, то применяют фланцевый электродвигатель с целью крепления его непосредственно к редуктору. Следует иметь в виду, что исправление конструкции значительно проще на стадии эскизного проектирования, а не технического или тем более рабочего. Практика показывает, что время, затраченное на эскизную разработку, не увеличивает, а значительно сокращает общую затрату времени на выполнение проекта во всех его стадиях.

После согласования эскизного проекта с руководителем приступают к разработке технического и рабочего проектов, выполняют сборочные чертежи редуктора, рабочего органа, рамы, чертеж общего вида привода.

Репозиторий БарГУ

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Детали машин : учебник / Д. Н. Решетов. — М. : Машиностроение, 1989. — 496 с.
2. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — М. : Высш. шк. 1985. — 416 с.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Единая система конструкторской документации. Виды изделий : ГОСТ 2.101-68. — Введ. 01.01.71. — М. : Ком. стандартов, мер и измер. приборов при СМ СССР : Изд-во Стандартиформ, 2007. — 3 с.
2. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов : ГОСТ 2.102-68. — Введ. 01.01.71. — М. : Ком. стандартов, мер и измер. приборов при СМ СССР : Изд-во Стандартиформ, 2007. — 8 с.
3. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки : ГОСТ 2.103-68. — Введ. 01.01.71. — М. : Ком. стандартов, мер и измер. приборов при СМ СССР : Изд-во Стандартиформ, 2007. — 3 с.
4. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения кинематических схем : ГОСТ 2.703-68. — Введ. 01.01.71. — М. : Ком. стандартов, мер и измер. приборов при СМ СССР : Изд-во Стандартиформ, 2007. — 5 с.
5. Машины электрические вращающиеся. Условные обозначения конструктивных исполнений по способу монтажа : ГОСТ 2479-79. Введ. 01.01.81. — М. : Гос. ком. союза СССР по упр. качеством продукции и стандартом : Изд-во стандартов, 2007. — 13 с.

*Учебное издание*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ  
И ДЕТАЛЕЙ МАШИН.  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ  
И ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ**

**Методические указания  
по разработке конструкторской документации  
при проектировании узлов и деталей машин**

**В 3 частях**

**Часть 1**

Составители: *В. М. Благодарный, В. А. Дремук, А. К. Гавриленя*

Технический редактор *М. Л. Потапчик*  
Корректор *А. М. Войнова*  
Компьютерная верстка *В. В. Кукреши*

Ответственный за выпуск *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать 22.12.2010.  
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.  
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 0,99.  
Заказ 201. Тираж 80 экз.

ЛИ 02330/0552803 от 09.02.2010

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования  
«Барановичский государственный университет»,  
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.

Репозиторий БарГУ

Репозиторий БарГУ