



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт новых материалов
и технологий**

**Г. Л. БАРАНОВ
Ю. В. ПЕСИН**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ

Учебное пособие

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Г. Л. Баранов, Ю. В. Песин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
для студентов вуза, обучающихся
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2019

УДК 621.83.06(075.8)

ББК 34.446.1я73

П28

Рецензенты:

кафедра «Технология металлов и ремонт машин» Уральского государственного аграрного университета (завкафедрой доц., канд. техн. наук В. А. Александров);

Э. А. Бубнов, проф. кафедры «Индустриальный дизайн» ГОУ ВПО «Уральская государственная архитектурно-художественная академия»

Научный редактор — доц., канд. техн. наук С. В. Бутаков

Баранов, Г.Л.

П28 Проектирование одноступенчатых редукторов : учебное пособие / Г.Л. Баранов, Ю.В. Песин. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 100 с.

ISBN 978-5-7996-2575-7

Учебное пособие содержит необходимые справочные данные, методику выполнения эскизной компоновки при проектировании одноступенчатых цилиндрических, конических и червячных редукторов, требования к оформлению конструкторских документов и примеры выполнения сборочных чертежей редукторов со спецификацией, рабочих чертежей деталей. Может быть использовано студентами всех специальностей всех форм обучения при выполнении контрольных заданий и курсовых проектов, а также при подготовке к экзаменам и зачетам по курсам «Детали машин и основы конструирования» и «Механика».

Библиогр.: 11 назв. Рис. 74. Табл. 9. Прил. 9.

УДК 621.83.06(075.8)

ББК 34.446.1я73

ISBN 978-5-7996-2575-7

© Уральский федеральный университет, 2019

Введение

Приводом называется совокупность устройств, приводящих в действие машины и механизмы. Типовой вариант привода состоит из электродвигателя и трансмиссии. Трансмиссия обеспечивает передачу вращения от вала электродвигателя к валу исполнительного органа машины с уменьшением угловой скорости и увеличением крутящего момента. В состав трансмиссии могут входить различные механические передачи: зубчатые, червячные, цепные и ременные.

Редуктором называется механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, выполненный в виде отдельного агрегата. Название редуктора определяется видом и количеством входящих в него передач. Наибольшее применение в промышленности находят одноступенчатые редукторы, имеющие одну передачу. Если эта передача зубчатая цилиндрическая, то редуктор называется одноступенчатым цилиндрическим, если передача зубчатая коническая — одноступенчатым коническим. Если передача червячная, редуктор называется одноступенчатым червячным.

При проектировании одноступенчатых редукторов на первом этапе определяется общий КПД и требуемая мощность привода, выбирается стандартный электродвигатель и выполняется кинематический расчет привода [2, 8, 9, 11]. В рамках этого расчета находят общее передаточное число привода, распределяют его по механическим передачам и определяют частоты вращения валов привода, в том числе быстроходного и тихоходного валов редуктора. Далее находят мощности и крутящие моменты, передаваемые валами редуктора. По этим данным рассчитывают зубчатую или червячную передачу [2] и приступают к проектированию редуктора.

1. Проектирование одноступенчатого цилиндрического редуктора

Общий вид редуктора показан на рис. 1.1. На рисунке показаны элементы редуктора, проектирование которых выполняется ниже.

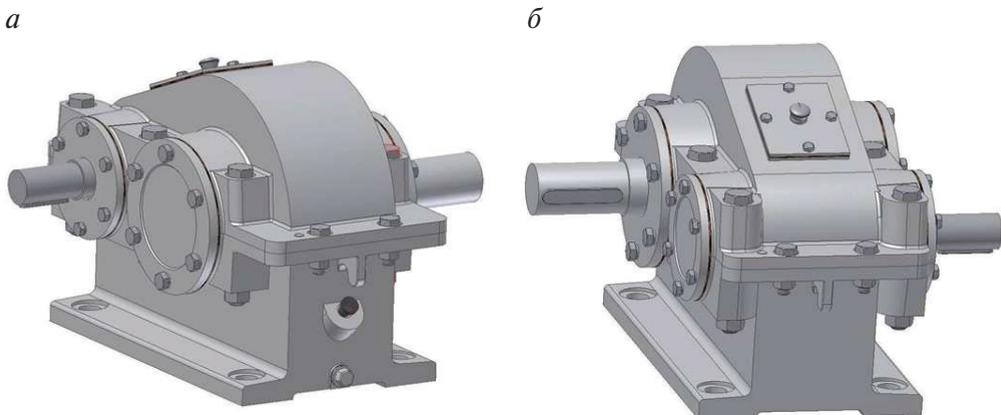


Рис. 1.1. Общий вид редуктора:
a — вид слева; *б* — вид справа

Проектирование редуктора начинается с расчета цилиндрической зубчатой передачи, после расчета которой выполняется ориентировочный расчет диаметров выходных концов валов на кручение по пониженным допускаемым напряжениям по формуле

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{1000 T_i}{0.2 [\tau]}}, \quad (1.1)$$

где d_i — диаметр выходного конца (хвостовика) вала, мм; T_i — крутящий момент на рассчитываемом валу, Н·м; $[\tau]$ — пониженные допускаемые напряжения на кручение, $[\tau] = 20 \dots 25$ МПа для вала из стали 45.

Полученное значение d_i округляют до ближайшего числа из ряда нормальных линейных размеров по ГОСТ 6636–69: 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; (35); 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 53; (55); 56; 60; 63; (65); 67; (70); 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100. Длину хвостовика выбирают в диапазоне $l_i = (1.5...2)d$ и также округляют по этому ряду.

1.1. Проектирование тихоходного вала

Начинают проектирование с определения размеров элементов тихоходного вала. Один из вариантов конструкции тихоходного вала редуктора представлен на рис. 1.2, соответствующая ему компоновка представлена на рис. 1.3. Для размещения на валу деталей он имеет ступенчатую форму и состоит из семи участков. На хвостовик вала (участок I) устанавливают деталь, которая передает крутящий момент с тихоходного вала редуктора на исполнительный механизм. Участок вала II предназначен для взаимодействия с уплотнением. Участки III и VII являются опорными для подшипников. Участок IV предназначен для установки зубчатого колеса. Участки V и VI являются буртиками для осевой фиксации соответственно зубчатого колеса и подшипника.



Рис. 1.2. Тихоходный вал редуктора

Рекомендуемые размеры участков приведены в табл. 1.1.

После расчета диаметра d_3 (табл. 1.1) следует округлить его до ближайшего значения кратного пяти. Длина участка l_2 определяется по формуле

$$l_2 = L_2 - B - n + L_k + y, \quad (1.2)$$

где L_2 — ширина фланца корпуса редуктора у подшипника качения; B — ширина подшипника тихоходного вала; n — расстояние от торца подшипника до внутренней поверхности стенки корпуса, $n = 4 \dots 7$ мм; L_k — величина, зависящая от толщин опорной поверхности крышки подшипника, шайбы пружинной и высоты головки болта крепления крышки к корпусу; величина u принимается в диапазоне $5 \dots 10$ мм.

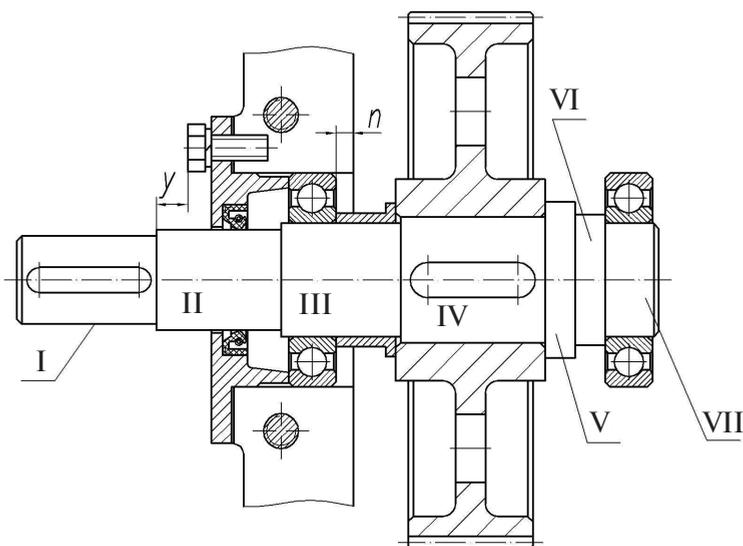


Рис. 1.3. Эскизная компоновка тихоходного вала редуктора

Таблица 1.1

Размеры участков тихоходного вала

Номер участка	Диаметр, мм	Длина, мм
I	d_1	l_1
II	$d_2 = d_1 + 5$	l_2
III	$d_3 = d_1 + 10$	$l_3 = (20 \dots 30) + B$
IV	$d_4 = d_3 + 5$	$l_4 = L_c - 2$
V	$d_5 = d_4 + (3 \dots 4)C_3$	10...15
VI	$d_6 = d_{зп}$	10...15
VII	$d_7 = d_3$	$B + (2 \dots 3)$

Примечание. B — ширина подшипника тихоходного вала (табл. П1.1, П1.2); L_c — длина ступицы; C_3 — фаска посадочного отверстия зубчатого колеса (данные на с. 9); $d_{зп}$ — диаметр заплечика подшипника.

При наружном диаметре подшипника тихоходного вала $D < 105$ мм, можно принять $L_k = 18$ мм, при $D \geq 105$ мм — $L_k = 22$ мм. Для тихоходного вала на данном этапе проектирования рекомендуется выбирать подшипники легкой серии. При назначении длины на участке III, расстояние между подшипником и зубчатым колесом следует принимать исходя из симметричного расположения подшипников относительно колеса.

1.2. Проектирование быстроходного вала

Один из вариантов конструкции быстроходного вала редуктора представлен на рис. 1.4, соответствующая ему эскизная компоновка показана на рис. 1.5. Быстроходный вал так же, как и тихоходный, имеет ступенчатую форму и состоит из семи участков для размещения деталей. При передаточном числе зубчатой передачи больше 2.5, быстроходный вал выполняют в виде вала-шестерни. Формирование изображения быстроходного вала в этом случае начинают с зубчатого венца, основные размеры которого определяются при расчете зубчатой передачи. Вариант конструктивного выполнения зубчатого венца зависит от соотношения диаметров заплечика подшипника $d_{зп}$ (табл. П2.1) и окружности впадин шестерни d_f (рис. 1.6). Предпочтительным является вариант, при котором $d_f > d_{зп}$ (рис. 1.6, а).



Рис. 1.4. Общий вид быстроходного вала редуктора

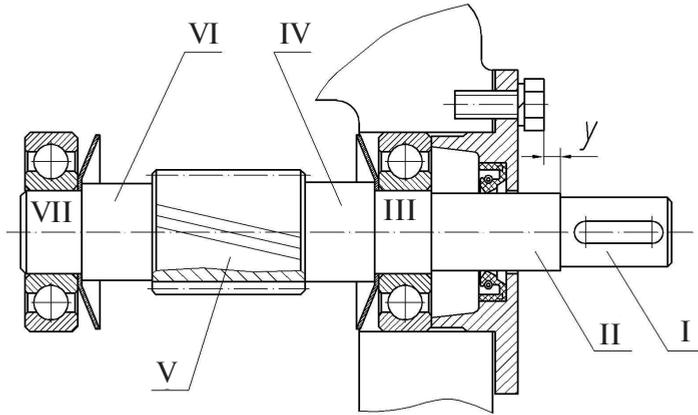


Рис. 1.5. Эскизная компоновка быстроходного вала редуктора

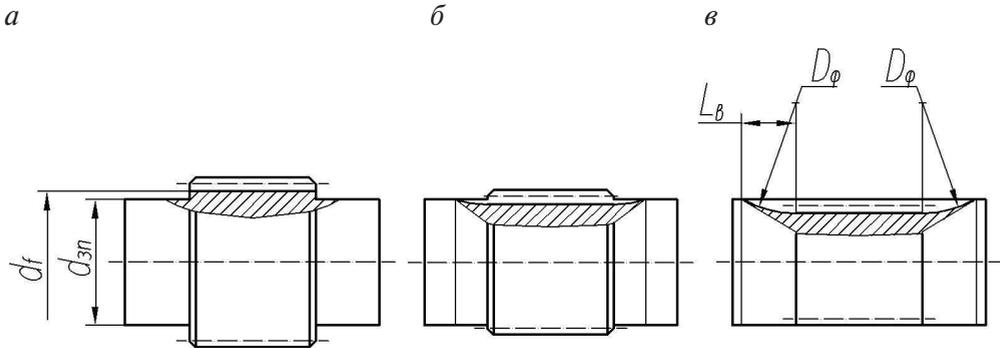


Рис. 1.6. Конструкция вала-шестерни цилиндрической

При $d_f < d_{zn}$ необходимо предусматривать участки для выхода червячной фрезы, нарезающей зубья (рис. 1.6, б, в). Длина этих участков L_b определяется графически в зависимости от диаметра фрезы D_ϕ . Диаметр фрезы, мм, назначают в зависимости от величины модуля, мм:

m	< 2.5	2.5...3	3...4	4...5	5...6	6...7
D_ϕ	70	80	90	100	112	125

Размер фаски зубчатого венца определяют по формуле $C_1 = 0.5m$ и округляют до ближайшего значения по данным на с. 9.

Участок вала II (рис. 1.5) предназначен для взаимодействия с уплотнением. Его диаметр равен $d_2 = d_1 + 5$, а длина определяется по формуле (1.2), в которой B — ширина подшипника быстроходного вала. В этой формуле, при наружном диаметре подшипника быстроходного вала $D < 105$ мм, можно принять $L_k = 18$ мм, при $D \geq 105$ мм, — $L_k = 22$ мм.

Подбор подшипников быстроходного вала следует начинать с шарикоподшипников радиальных однорядных средней серии. Для их размещения предназначены участки III и VII. Диаметр этих участков определяют по формуле $d_2 = d_1 + 10$ с округлением до ближайшего кратного 5 числа.

Маслоотражательные или мазеудерживающие кольца, при их использовании, устанавливаются на III и VII участки. Длина каждого из этих участков $l_3 = B + S_c$, где S_c — длина ступицы соответствующего кольца: для маслоотражательного кольца $S_c = a_k$, для мазеудерживающего кольца $S_c = S_k + 4$.

Участки IV и VI (см. рис. 1.5) являются буртиками, предназначенными для осевой фиксации подшипников. Диаметр этих участков равен диаметру заплечиков для подшипников $d_{зп}$ и определяется по табл. П2.1. Длина IV и VI участков определяется из условия примерного совпадения внутренних границ подшипников быстроходного и тихоходного валов, расположенных по одну сторону от зубчатой передачи.

1.3. Конструирование цилиндрических зубчатых колес

Основные размеры кованных и штампованных зубчатых колес (рис. 1.7 и 1.8) определяются в соответствии со следующими зависимостями.

Диаметр ступицы: стальной $D_c = 1.55 d$, чугунной $D_c = 1.6 d$, где d — диаметр посадочного отверстия зубчатого колеса.

Длина ступицы $L_c = 1.2 d \geq b_w$, где b_w — ширина зубчатого венца колеса.

Толщина обода $A_1 = (5...6) m$, где m — модуль передачи.

Толщина диска $e = 0.3 b_w$.

Диаметр центральной окружности $D_0 = 0.5 (d_a - 2A_1 + D_c)$, где d_a — диаметр окружности вершин зубьев колеса.

Диаметр отверстий $d_0 = 0.25 (d_a - 2A_1 - D_c)$.

Размер фаски посадочного отверстия определяют по представленным ниже данным.

d , мм	≤ 30	30...50	50...80	80...120	120...150	150...250	250...500
C_3 , мм	1.0	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0



Рис. 1.7. Общий вид зубчатых колес:

a — прямозубое; *b* — косозубое; *v* — шевронное

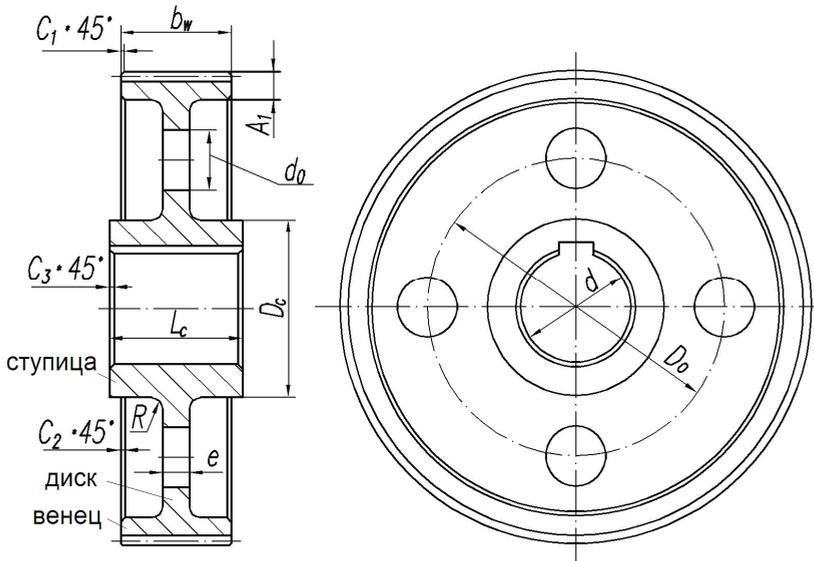


Рис. 1.8. Основные размеры зубчатых колес

Размер фаски зубчатого венца определяют по формуле $C_1 = 0.5m$ и округляют до ближайшего значения по представленным выше данным. Размер фаски C_2 принимают равным 2...3 мм. Радиус R равен 4...10 мм.

Шевронные зубчатые колеса чаще выполняют двухвенцовыми с канавкой между венцами для выхода зуборезного инструмента (рис. 1.9). Ширина канавки зависит от нормального модуля m_n , типа инструмента и делительного угла наклона зуба β (табл. 1.2).

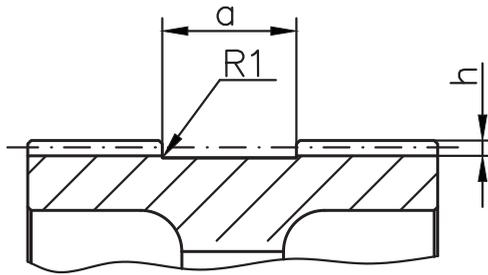


Рис. 1.9. Канавка двухвенцового колеса

Таблица 1.2

Ширина канавки двухвенцового колеса

m_n , мм	Тип инструмента		
	Червячная фреза		Долбяк
	$\beta < 30^\circ$	$\beta \geq 30^\circ$	$\beta > 0^\circ$
1.5	28	30	6
2	32	35	6
2.5	37	40	7.5
3	42	45	7.5
3.5	47	50	7.5
4	52	55	7.5
4.5	55	58	9
5	58	63	9
6	67	72	10
7	75	82	11
8	82	90	11
10	100	108	12

Глубину канавки выбирают в диапазоне $h = (2.5...2.6)m_n$, наибольший радиус $R_1 = 0.5$ мм при $m_n < 4$ мм и $R_1 = 1$ мм при $m_n \geq 4$ мм.

1.4. Проектирование опор валов

При использовании в редукторе прямозубых колес, валы устанавливают на радиальных шарикоподшипниках (см. рис. 1.3, рис. 1.5). Достоинством косозубых передач является увеличенная нагрузочная способность колес и повышенная плавность зацепления. Недостатком их является наличие осевых усилий, возникающих в зацеплении,

которые передаются на подшипники. В этом случае при угле наклона зубьев больше 15° следует использовать радиально-упорные подшипники (шариковые или конические роликовые). Для устранения воздействия на опоры осевых сил применяют шевронные передачи. Чтобы обеспечить равномерную передачу крутящего момента полушевронами и уравновесить осевые составляющие от сил зацепления, действующие на полушевроны, необходимо вал одного из колес устанавливать с возможностью осевого перемещения. Такой вал называют плавающим. На рис. 1.10 показаны типовые варианты конструктивного исполнения плавающих валов.

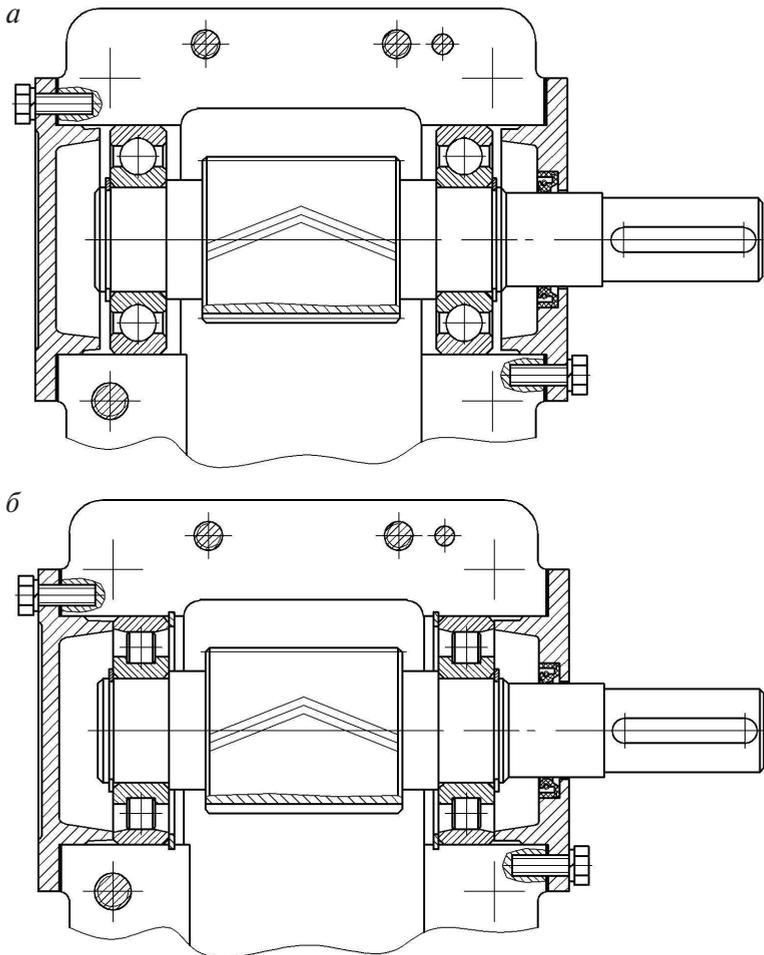


Рис. 1.10. Варианты конструктивного исполнения плавающего вала:

a — на подшипниках качения; *б* — на роликовых подшипниках

1.5. Расчет элементов корпуса редуктора

При расчете определяют толщину стенки корпуса редуктора

$$\delta = 1.12 \sqrt[4]{T_T} \geq 6 \text{ мм},$$

где T_T — крутящий момент на тихоходном валу редуктора, Н·м.

Расчитанную величину округляют до целого числа.

Диаметр фундаментного болта рассчитывают по формуле

$$d_{61} = \sqrt[3]{4T_T} \geq 12 \text{ мм}$$

и округляют до ближайшего большего диаметра резьбы по табл. 1.3. В этой же таблице даны диаметры отверстий d_0 и диаметры зенковок или бобышек D_0 для соответствующих болтов. Остальные требуемые размеры болтов определяют по таблицам прил. 3.

Таблица 1.3

Размеры элементов корпуса редуктора, мм

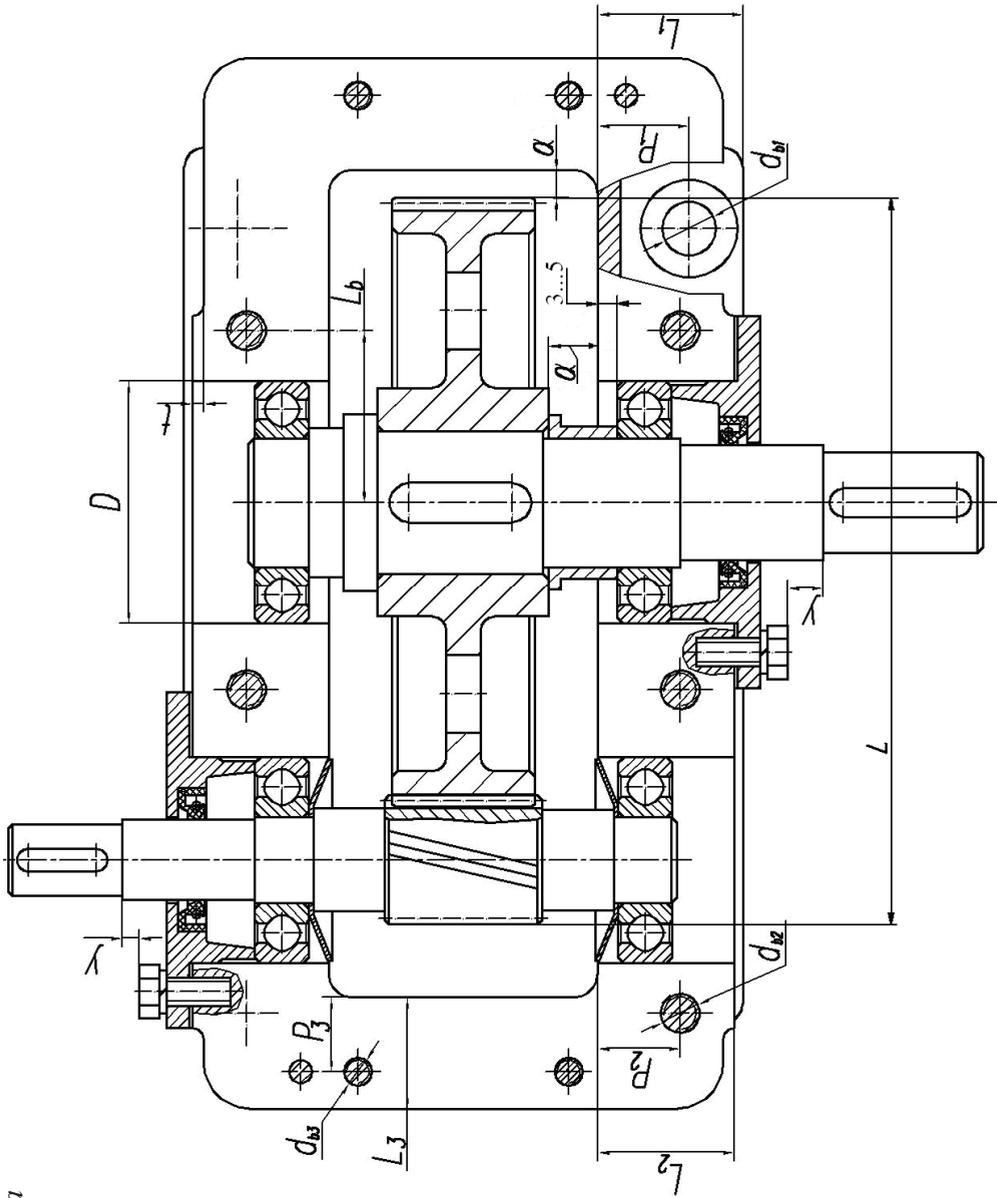
Параметр	Диаметр резьбы болта						
	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30
a_j	13	15	18	21	25	28	35
b_j	24	28	33	40	48	55	68
d_0	9	11	13	17	22	26	32
D_0	17	20	25	30	38	45	56

Аналогично определяют диаметры болтов крепления крышки корпуса к основанию (рис. 1.11, *a*) и (рис. 1.11, *z*) у подшипников $d_{62} = 0.8d_{61}$, на фланцах $d_{63} = 0.6d_{61}$. Полученные значения округляют до ближайших диаметров резьбы по табл. 1.3.

Расстояние между зубчатым колесом и стенкой корпуса находят по зависимости $a = \sqrt[3]{L} + 3$ мм, где L — габаритный размер передачи (рис. 1.11, *a*).

Расстояние от внутренней стенки корпуса до края лапы $L_1 = 3 + \delta + b_1$ и до оси фундаментного болта $P_1 = 3 + \delta + a_1$, где a_1 и b_1 определяют в зависимости от диаметра болта (табл. 1.3).

Ширина фланцев у подшипников $L_2 = 3 + \delta + t + b_2$, где t — высота бобышки, $t = 4$ мм. Расстояние от внутренней стенки корпуса до оси болта с диаметром d_{62} определяется как $P_2 = 3 + \delta + a_2$.



a

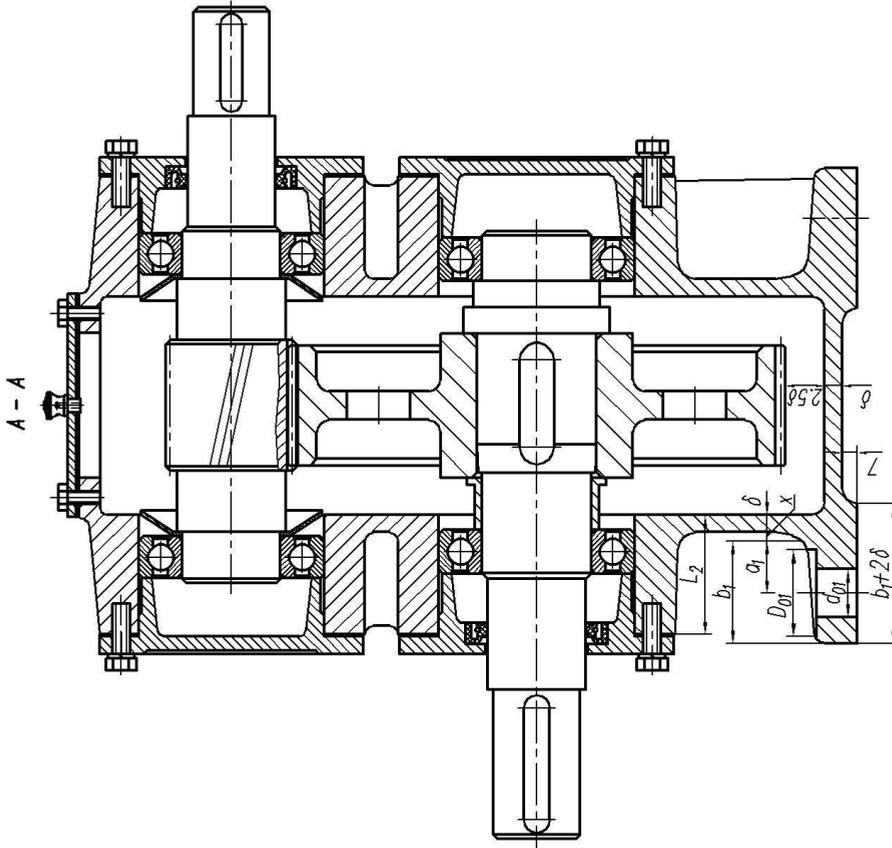


Рис. 1.11. Разрез редуктора:
 a — горизонтальный; $б$ — вертикальный

Ширина боковых фланцев $L_3 = 3 + \delta + b_3$. Расстояние от внутренней стенки корпуса до оси болта с диаметром d_{63} определяется как $P_3 = 3 + \delta + a_3$. Расстояние от оси болта с диаметром d_{62} до оси вала

$$L_b = 0.5D + (1 \dots 1.25) d_{62},$$

где D — наружный диаметр подшипника соответствующего вала.

Для сравнительно малого межосевого расстояния $a_w \leq 0.5(D_1 + D_2) + 5d_{62}$, где D_1 и D_2 — наружные диаметры подшипников быстроходного и тихоходного валов, между подшипниками устанавливают один болт, размещая его посередине между расточками в корпусе для подшипников. Расстояние от головки болта крепления крышки подшипника до границы хвостовика вала зависит от габаритов редуктора и выбирается из диапазона $y = 5 \dots 12$ мм (см. рис. 1.11, *a*). Толщина ребра жесткости $C = (0.85 \dots 1)\delta$ (рис. 1.12). Толщина лапы $h = 2.5\delta$, толщина фланца $h_1 = 1.6\delta$, расстояние от окружности вершин зубчатого колеса до стенки корпуса редуктора a . Высота h_2 определяется путем построения из условия размещения головки болта. Диаметр строповочного отверстия зависит от межосевого расстояния: при $a_w \leq 160$ мм принимают $d_{отв} = 20$ мм, при $160 < a_w \leq 250$ мм — $d_{отв} = 25$ мм, при $a_w > 250$ мм — $d_{отв} = 30$ мм.

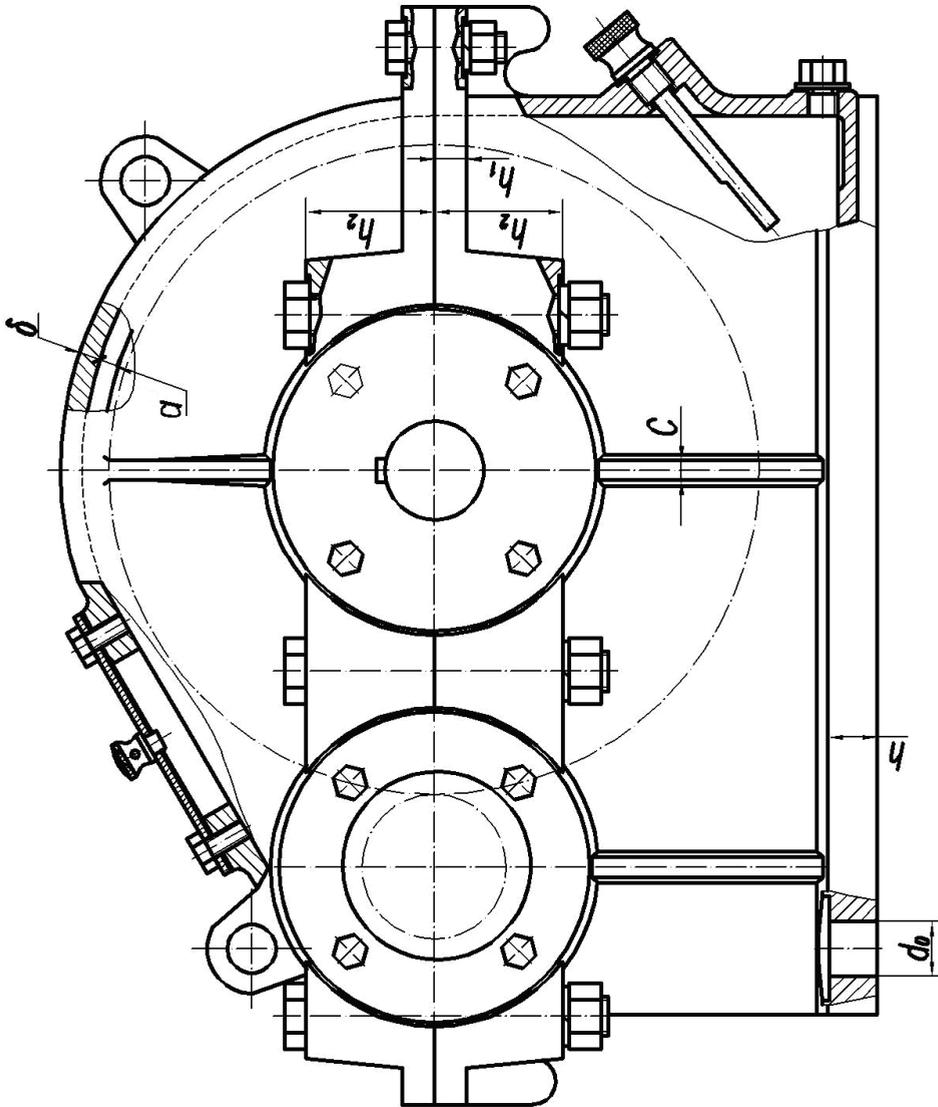
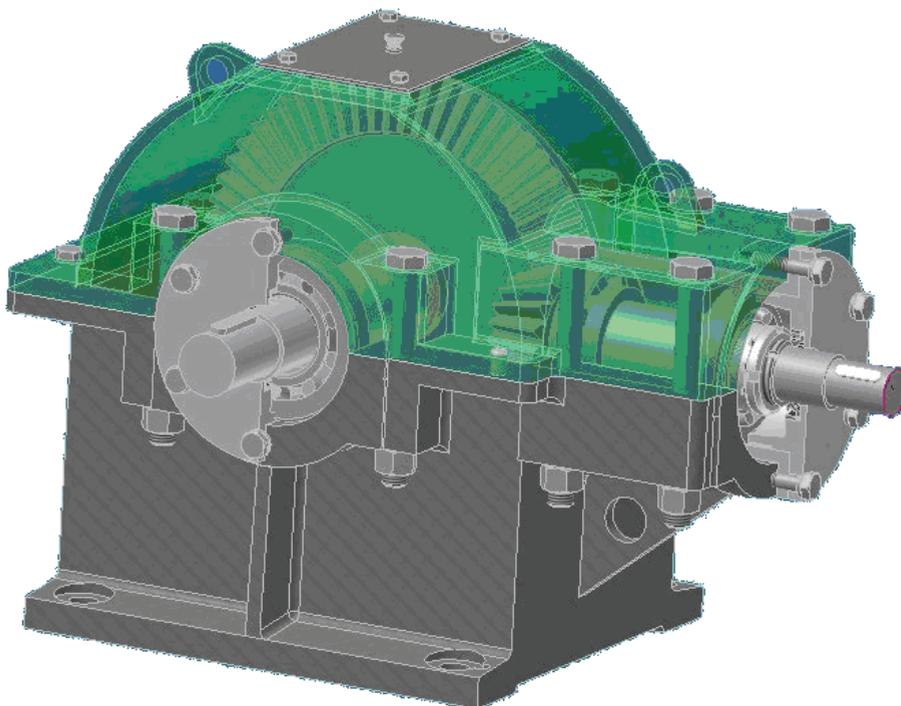


Рис. 1.12. Общий вид редуктора (горизонтального)

2. Проектирование одноступенчатого конического редуктора

Проектирование одноступенчатого конического редуктора (рис. 2.1) начинается с расчета конической передачи и ориентировочного расчета валов. На следующем этапе выполняют компоновку. Начинать ее удобно с оформления конструкции тихоходного вала.



2.1. Общий вид конического редуктора

2.1. Тихоходный вал

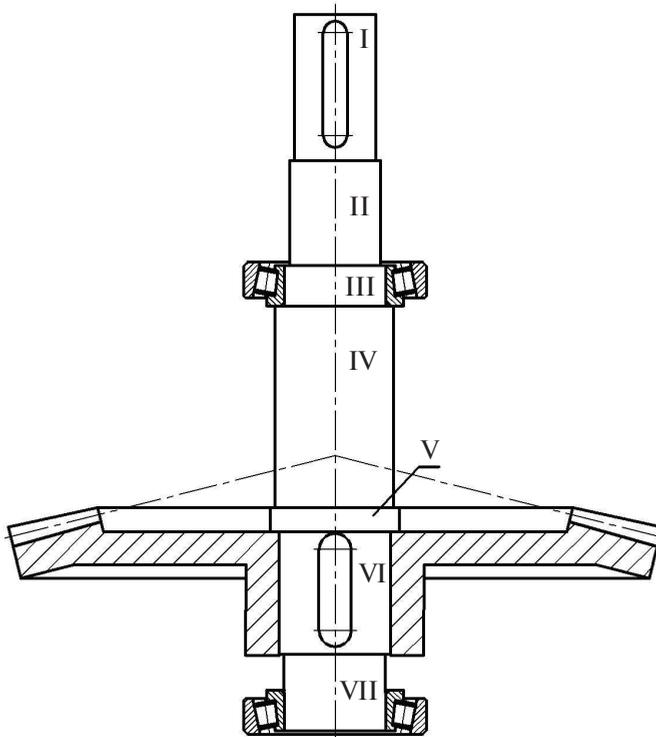


Рис. 2.2. Конструкция тихоходного вала

Обычно тихоходный вал имеет семь участков (рис. 2.2).

Размеры участков предварительно определяют по формулам табл. 2.1. Для определения диаметра первого участка выполняется ориентировочный расчет вала по формуле (1.1). Длина четвертого участка зависит от диаметра конической шестерни.

Таблица 2.1

Размеры участков тихоходного вала конического редуктора

Параметр, мм	Номер участка						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Диаметр	d_1	d_1+5	d_1+10	d_1+15	$d_1 + (25...30)$	$d_1 + 17$	d_1+10
Длина	$1.6d_1$	d_2	$B + 2$	Кон- струк- тивно	10...12	$(1.2...1.4)d_4 - 2$	$B + 22$

2.2. Коническое колесо

Размеры элементов конического колеса, представленного на рис. 2.3, могут быть определены по следующим зависимостям:

$$a = (3...4)m_e; \quad d_{ct} = (1.6...1.8)d_4; \quad L_{ct} = (1.2...1.4)d_4;$$

$$d_o = (15...25) \text{ мм}; \quad b = (0.1...0.2)R_e; \quad g = (0,7...0,8)a,$$

где m_e — внешний модуль конической передачи; R_e — внешнее конусное расстояние.

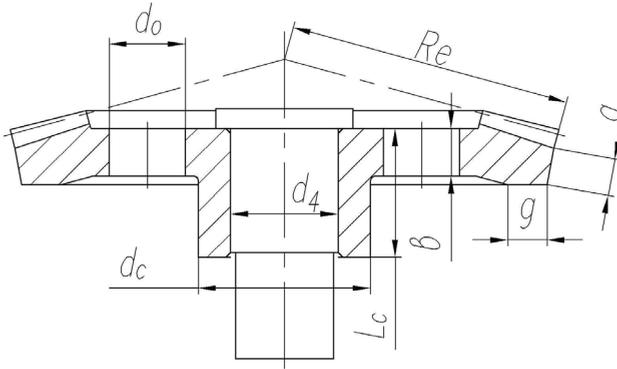


Рис. 2.3. Основные размеры конического колеса

2.3. Вал-шестерня коническая

Общий вид вала-шестерни конической показан на рис. 2.4.

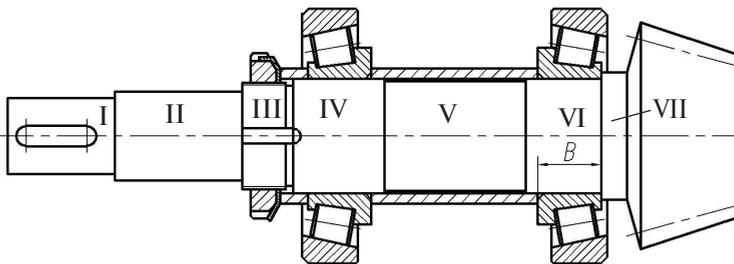


Рис. 2.4. Вал-шестерня коническая

Размеры вала-шестерни предварительно определяют по табл. 2.2. Диаметр d_1 рассчитывают по формуле (1.1).

Таблица 2.2

Размеры участков быстроходного вала конического редуктора

Параметр, мм	Номер участка						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Диаметр	d_1	d_1+5	$d_1+(7...8)$	d_1+10	d_4-2	d_4	d_4+7
Длина	$1.6d_1$	d_2	$0,5d_3$	$B+6$	$(1.5...2.5) d_5$	$B+3$	$10...15$

Длина участка V выбирается из указанного в табл. 2.2 диапазона такой, чтобы отношение расстояния между точками приложения к валу опорных реакций подшипников и расстояния от середины зубчатого венца до точки приложения ближайшей опорной реакции было не меньше 1.4 и не больше 2.3. Для повышения жесткости конической передачи, вал-шестерня может быть выполнена в соответствии с рис. 2.5.

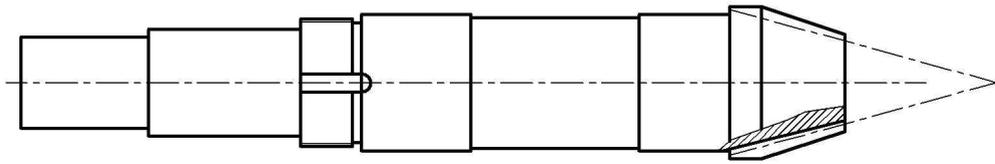


Рис. 2.5. Вариант выполнения вала-шестерни

2.4. Опоры вала-шестерни

Вал-шестерню устанавливают на подшипниковых опорах обычно по одной из схем, показанных на рис. 2.6–2.9. После того как вычертили вал-шестерню, компоновка редуктора приобретает вид, показанный на рис. 2.10. Для возможности осевого регулирования конической шестерни, ее подшипники устанавливают в стакане. Изменяя толщину набора прокладок между фланцем стакана и корпусом редуктора, обеспечивают требуемое положение конической шестерни. Чаще всего для установки валов в конических редукторах используют конические роликовые подшипники, однако, когда требуется повы-

шенная быстроходность валов, приходится применять более быстроходные радиально-упорные шарикоподшипники несмотря на то, что они дороже конических роликовых подшипников.

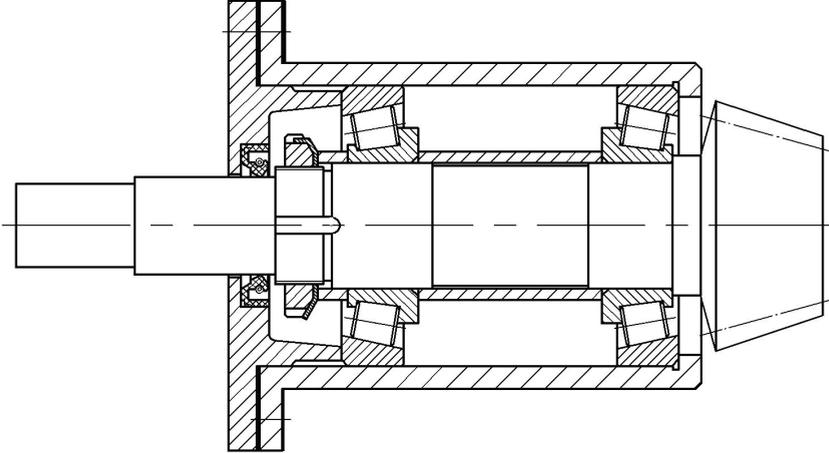


Рис. 2.6. Установка вала-шестерни враспор

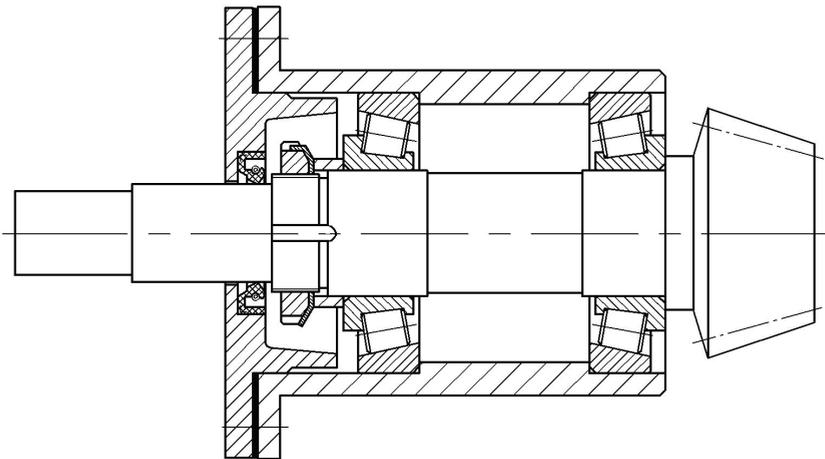


Рис. 2.7. Установка вала-шестерни в растяжку

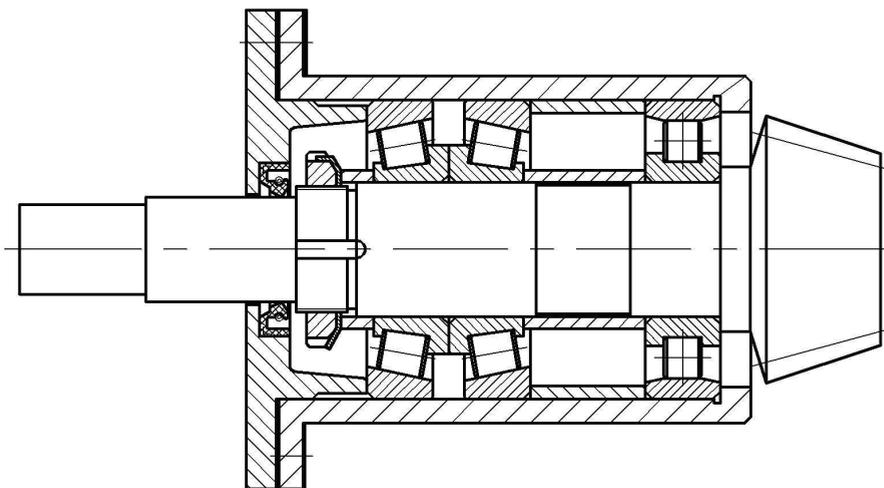


Рис. 2.8. Установка вала-шестерни с фиксирующей и плавающей опорами

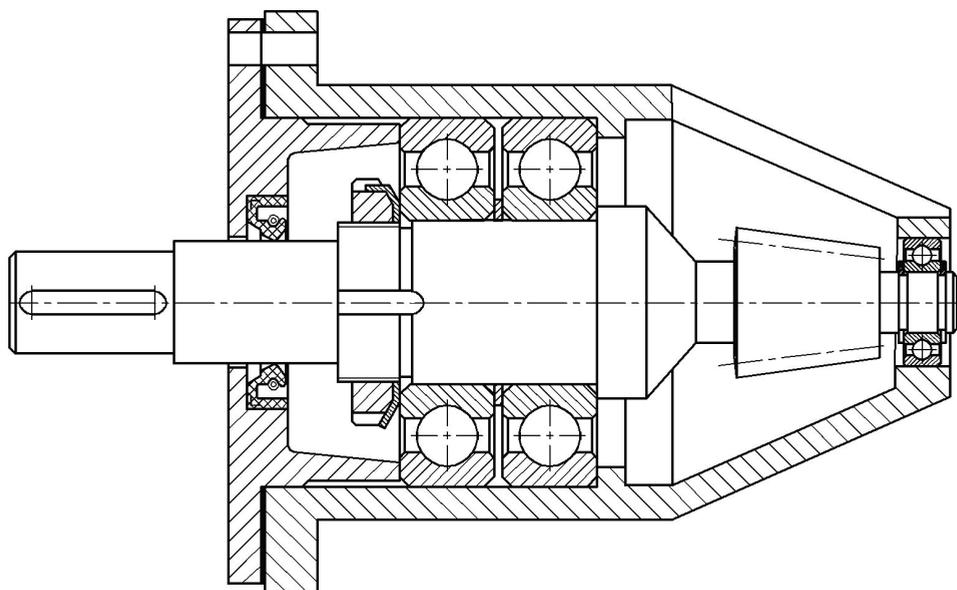


Рис. 2.9. Установка вала-шестерни между опорами

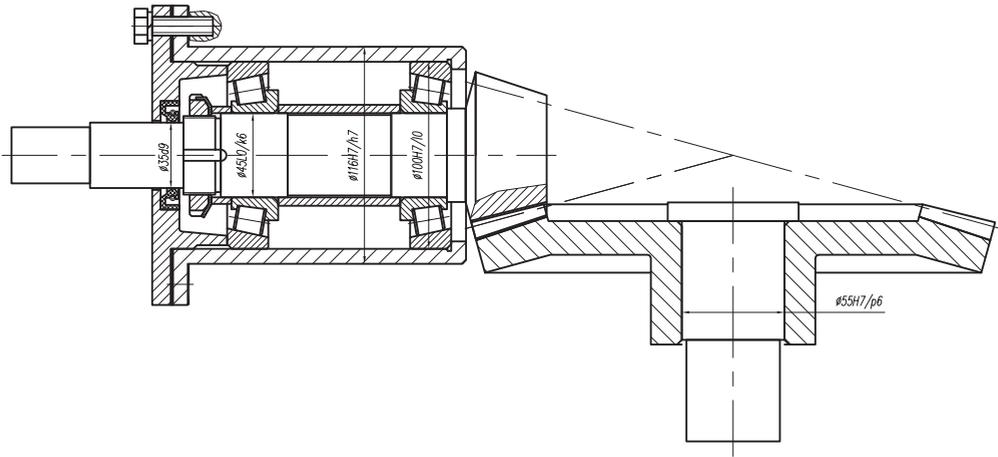


Рис. 2.10. Промежуточный этап эскизной компоновки

2.5. Опоры вала колеса

На данном этапе замеряют требуемую длину четвертого участка, по данным табл. 2.1 дочерчивают тихоходный вал и устанавливают на нем подшипники (рис. 2.11). При установке верхнего подшипника требуется предусмотреть расстояние 3...5 мм до внутренней стенки корпуса (рис. 2.12).

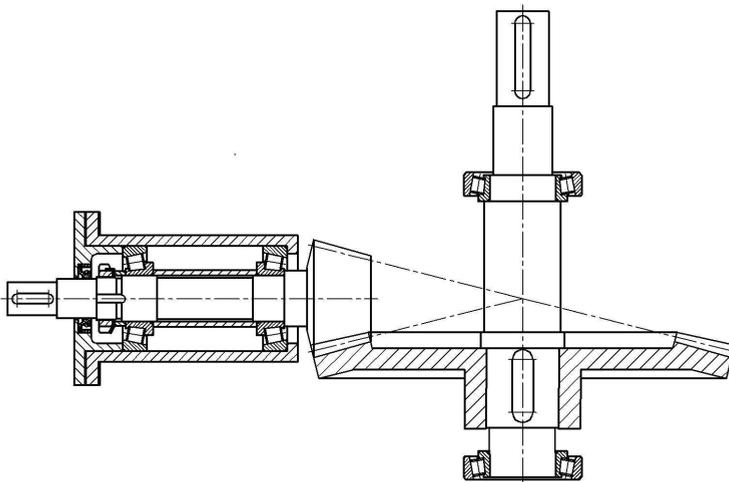


Рис. 2.11. Установка подшипников тихоходного вала

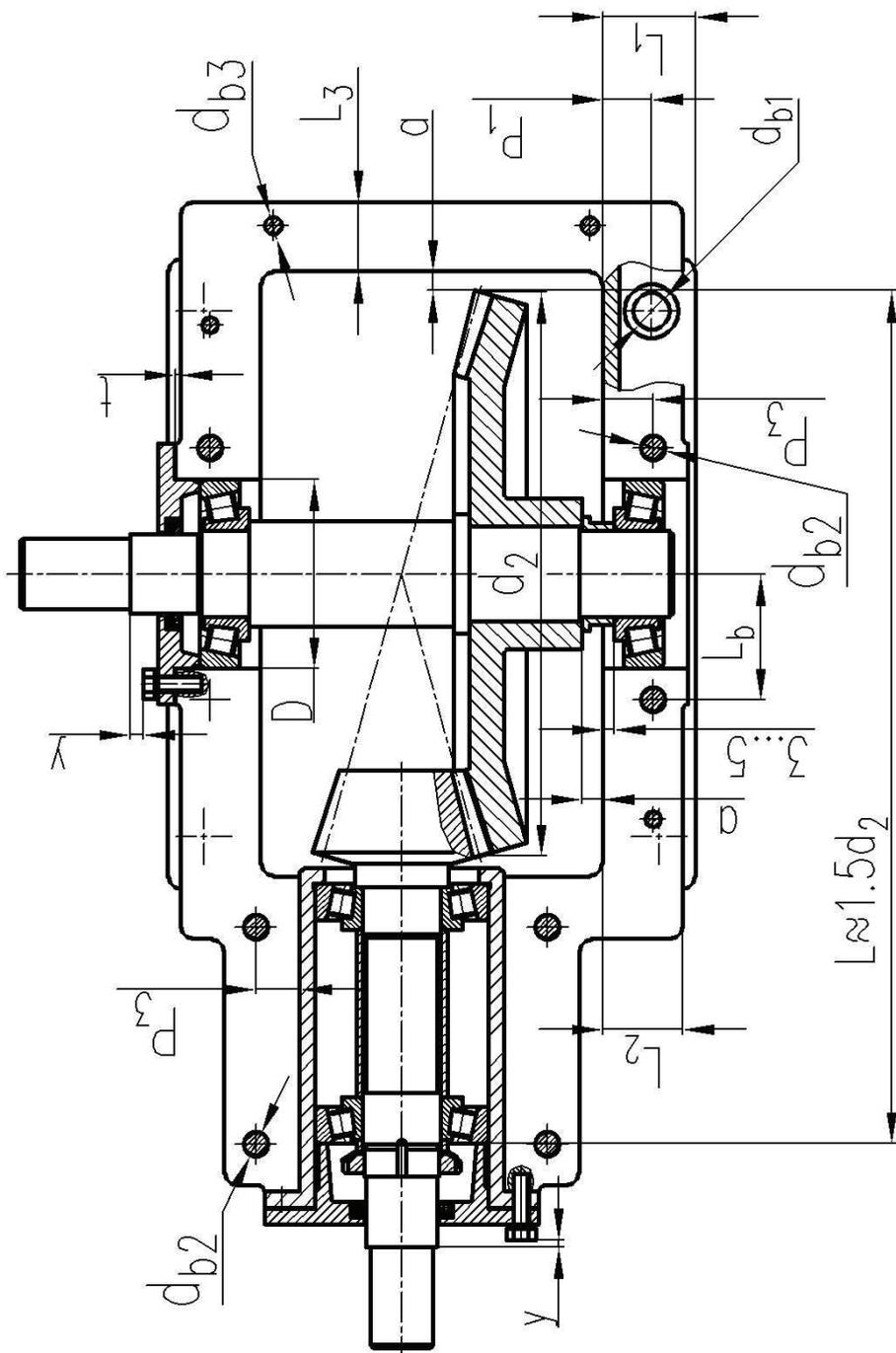


Рис. 2.12. Разрез по плоскости разъема

2.6. Корпус редуктора

Размеры элементов корпуса определяют по данным, приведенным в подгл. 1.5, в соответствии с условными обозначениями на рис. 2.12.

При выполнении разреза по плоскости разъема редуктора устанавливают крышки подшипниковых узлов и шпонки.

Далее при проектировании составляются расчетные схемы валов, строятся эпюры изгибающих и крутящих моментов, выполняется уточненный расчет валов, расчет подшипников, шпоночных соединений. После выполнения расчетов при необходимости корректируется конструкция редуктора. Затем производится конструктивное оформление валов: выполняются фаски и заходный конус посадочного участка вала колеса. Формируют сборочный чертеж редуктора с оформлением основных надписей, простановкой позиций спецификации и заполнением технических требований (рис. 2.13 и 2.14). В заключение выполняют рабочие чертежи в соответствии с заданием. Примеры рабочих чертежей зубчатого конического колеса и вала-шестерни приведены в разд. 5.4.

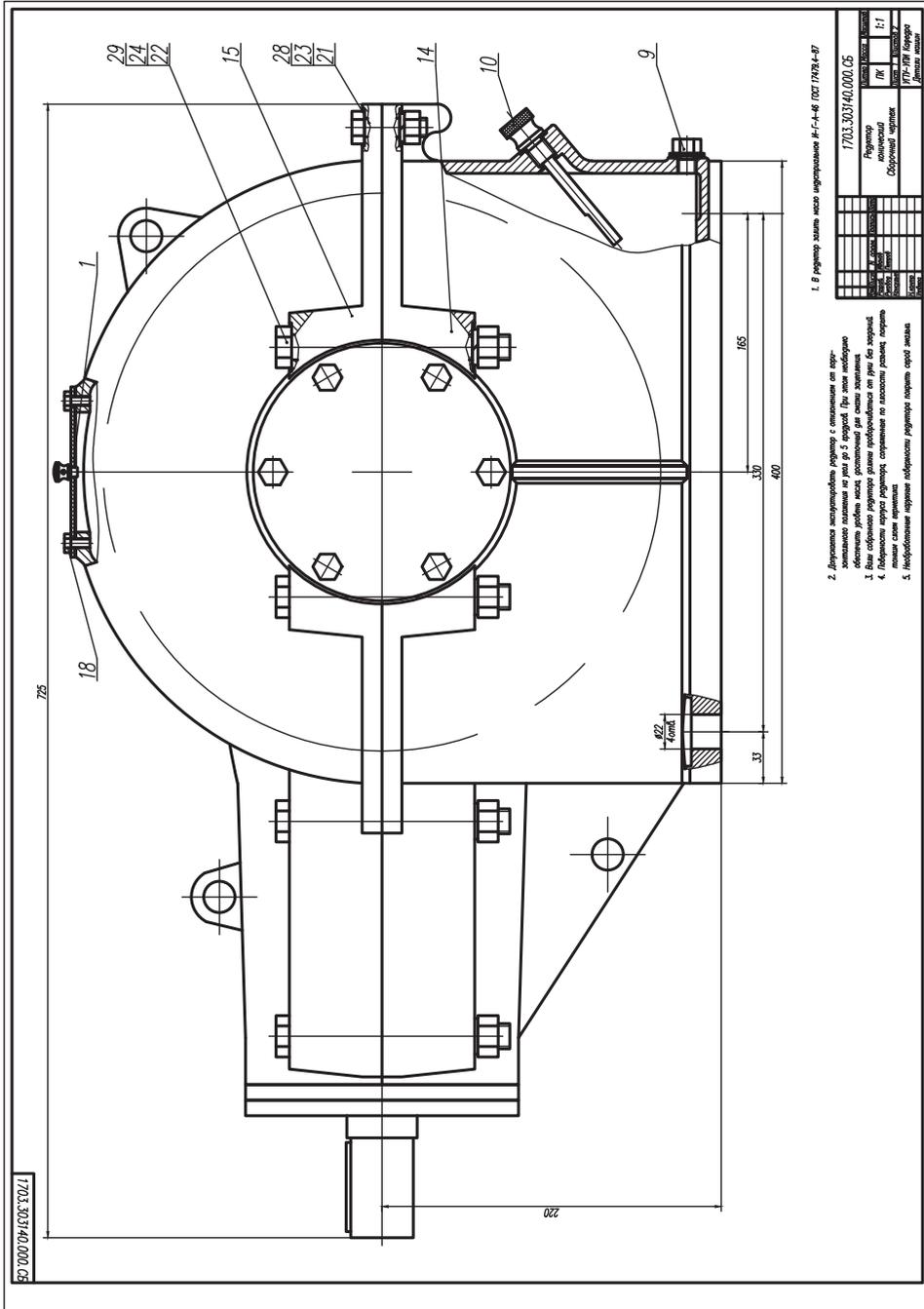


Рис. 2.13. Первый лист сборочного чертежа редуктора

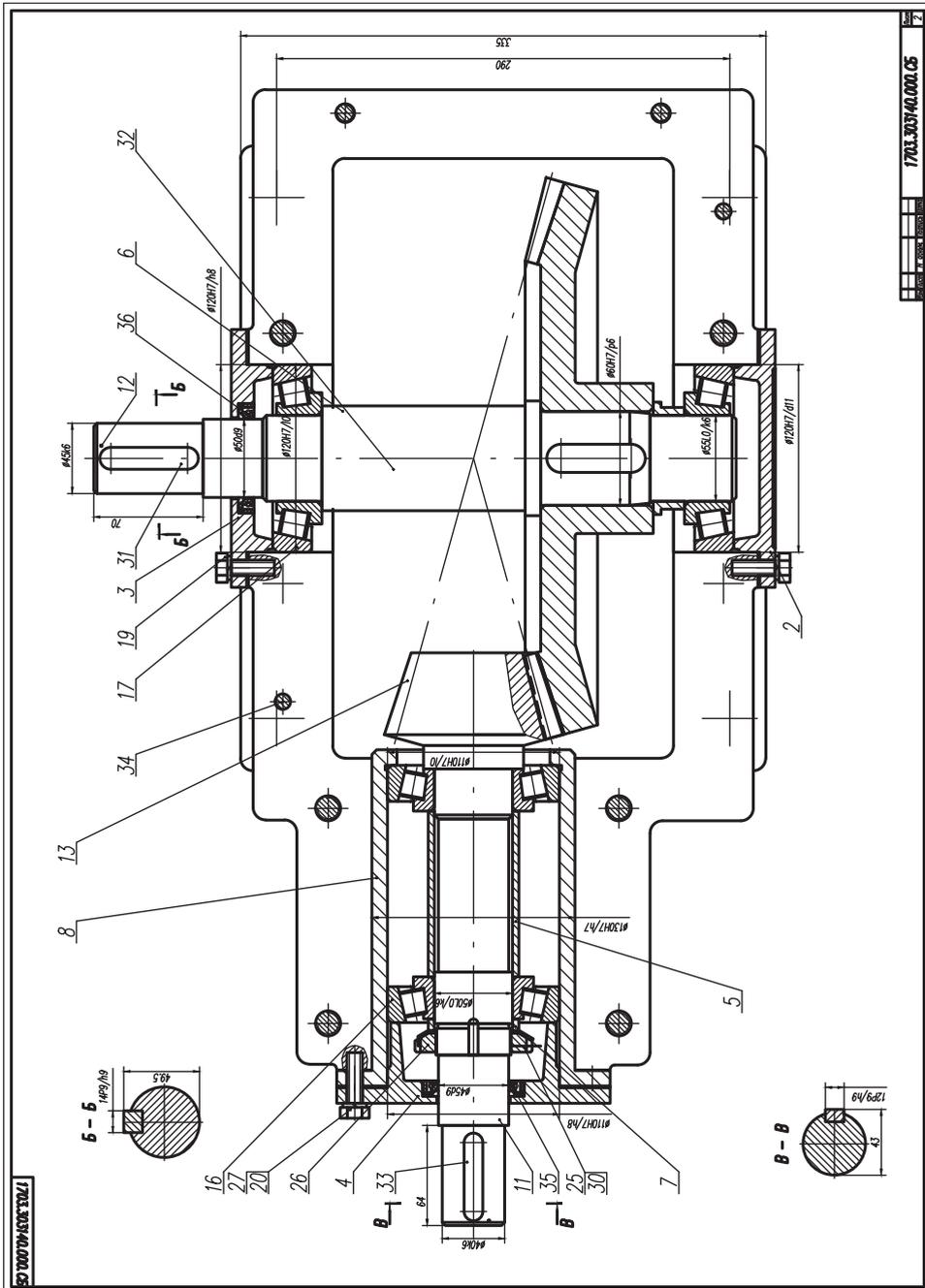


Рис. 2.14. Второй лист сборочного чертежа редуктора

3. Проектирование одноступенчатого червячного редуктора

На первом этапе проектирования одноступенчатого червячного редуктора (рис. 3.1) выполняется расчет червячной передачи [2] и ориентировочный расчет валов по формуле (1.1).

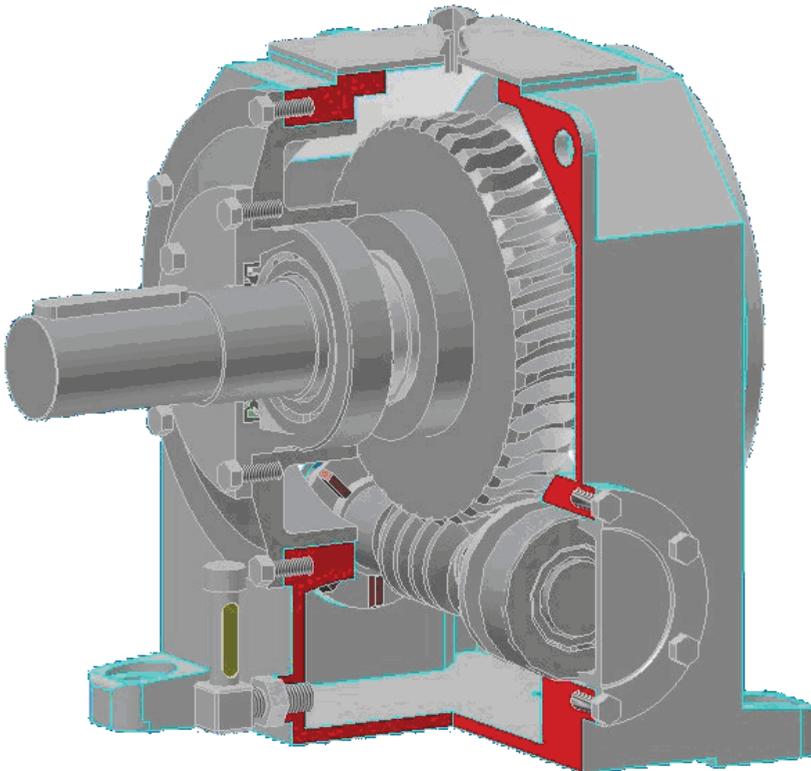


Рис. 3.1. Общий вид червячного редуктора

3.1. Тихоходный вал

Начинать проектирование удобно с конструктивного оформления тихоходного вала. Обычно этот вал имеет семь участков (рис. 3.2), размеры которых рассчитывают по формулам, приведенным в табл. 3.1.

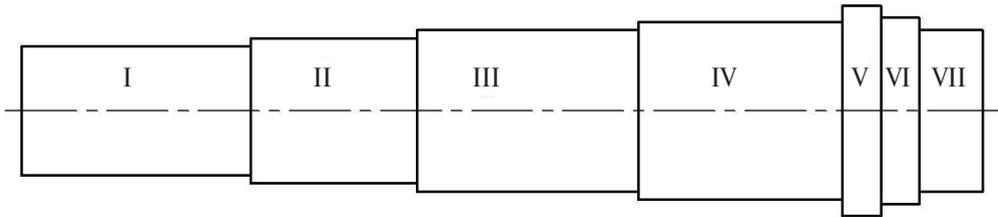


Рис. 3.2. Тихоходный вал червячного редуктора

Таблица 3.1

Размеры участков тихоходного вала червячного редуктора

Параметр, мм	Номер участка						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Диаметр	d_1	$d_1 + 5$	$d_1 + 10$	$d_1 + 15$	$d_4 + (10...15)$	$d_3 + (7...10)$	d_3
Длина	$1.6d_1$	d_2	$0,5d_3 + 20$	$(1.2...1.8)d_4 - 2$	10	10...12	$0.5d_7$

3.2. Червячное колесо

После того как вычертили вал, на нем размещают червячное колесо. Оно может быть как бандажированным, так и цельным. Конструкции цельных червячных колес показаны на рис. 3.3.

В зависимости от диаметра колеса, оно может выполняться с диском (рис. 3.3, а) или без диска (рис. 3.3, б). Поскольку для червячного зацепления характерны высокие скорости скольжения, постольку венцы червячных колес изготавливают из бронзы, которые имеют хорошие антифрикционные свойства. Для удешевления колес их делают составными. Венец выполняют из бронзы, а центральную часть колеса — из серого чугуна или из стали. Варианты таких колес показаны на рис. 3.4.

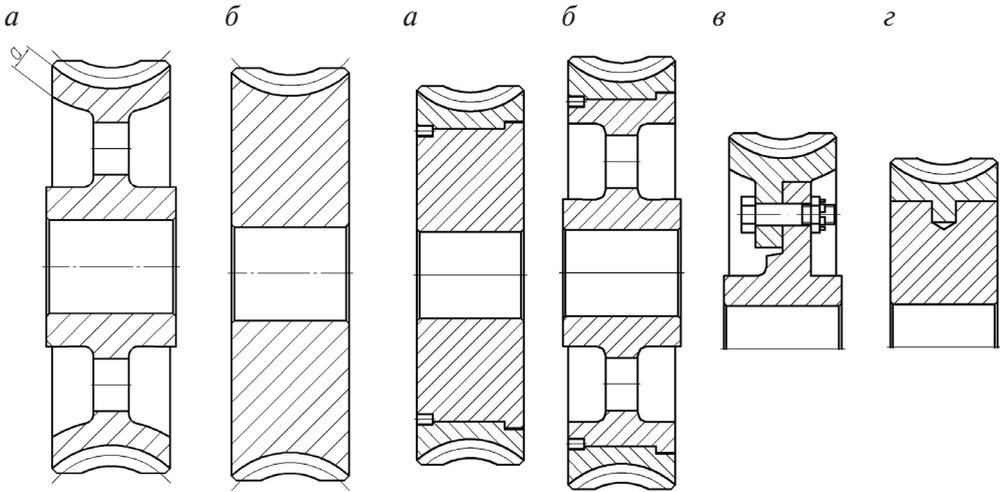


Рис. 3.3. Целые червячные колеса
 а — с диском; б — без диска

Рис. 3.4. Составные червячные колеса
 а — без диска; б — с диском; в — соединение ступицы и венца болтами; г — неразъемное соединение ступицы и венца

На рис. 3.4, а показано колесо небольшого диаметра, ступица которого выполнена без диска. На рис. 3.4, б крепление венца и ступицы выполнено аналогично рис. 3.4, а, но ступица выполнена с диском и венец дополнительно закреплен винтами. Количество винтов принимают 4...6. Соединение ступицы и венца может быть выполнено при помощи болтов, установленных без зазора (рис. 3.4, в). Венец может быть соединен со ступицей без болтов. В этом случае ступицу, имеющую пазы различного вида, устанавливают в литейную форму и выполняют отливку венца. Жидкая бронза заполняет пазы в ступице, что обеспечивает передачу крутящего момента от венца к ступице при работе колеса. Размеры элементов колеса (рис. 3.5) определяют по следующим зависимостям:

$$a = 2m; \quad d_{\text{ст}} = (1.6 \dots 1.8)d_{\text{в}}; \quad L_{\text{ст}} = (1.2 \dots 1.8)d_{\text{в}}; \quad d_{\text{вин}} = (1.2 \dots 1.5)m;$$

$$L_{\text{вин}} = 1.5d_{\text{вин}}; \quad d_{\text{о}} = (0.15 \dots 0.2)d_{\text{оо}}; \quad \nu = (0.2 \dots 0.35)b_{\text{в}},$$

где m — модуль зацепления.

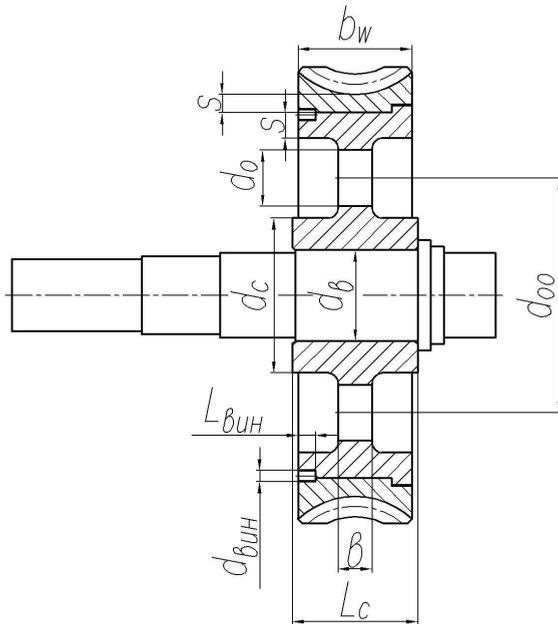


Рис. 3.5. Установка червячного колеса на валу

3.3. Опоры вала червячного колеса

В червячной передаче на подшипники вала колеса действуют осевые нагрузки, возникающие в червячном зацеплении. Поэтому вал червячного колеса устанавливают на радиально-упорных подшипниках. В целях обеспечения требуемой для червячных редукторов долговечности подшипников (не менее 5000 ч), обычно вал червячного колеса устанавливают на конических роликовых подшипниках (рис. 3.6).

3.4. Вал червяка

Размеры участков вала червяка (рис. 3.7) можно предварительно найти по табл. 3.2. Величина d_1 определяется по формуле (1.1), крутящий момент в которой равен крутящему моменту, действующему на валу червяка.

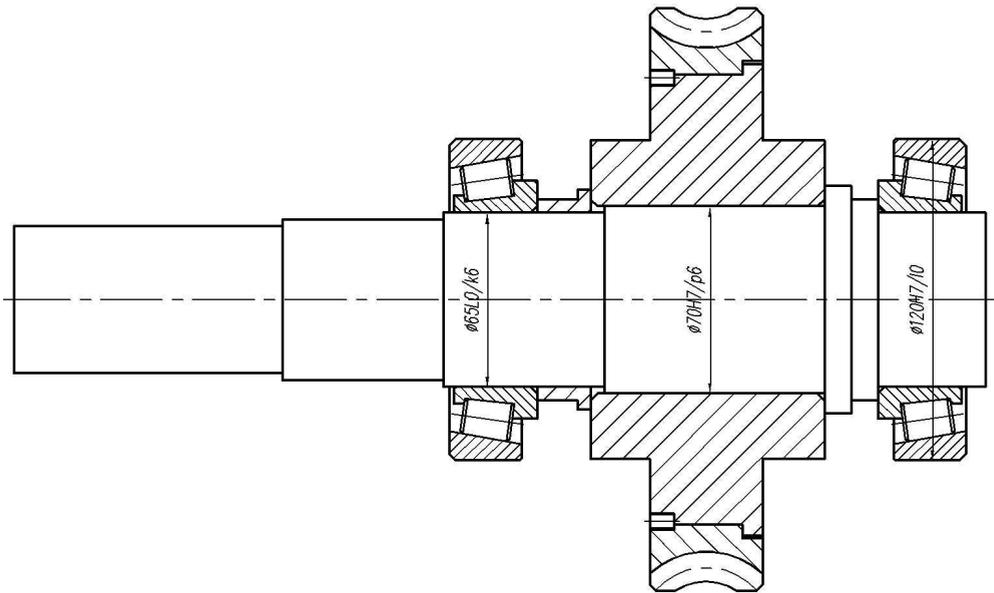


Рис. 3.6. Вариант установки тихоходного вала

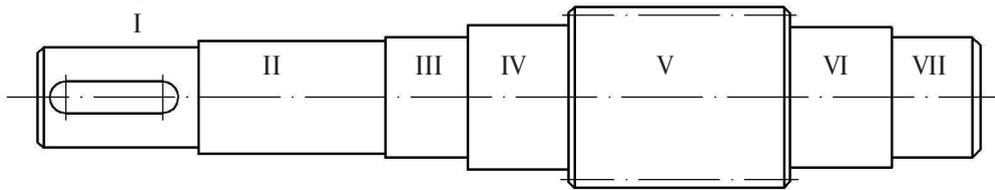


Рис. 3.7. Конструкция червяка

Таблица 3.2

Размеры участков вала червяка

Параметр, мм	Номер участка						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Диаметр участка	d_1	d_1+5	d_1+10	$d_3+(7...10)$	Венец червяка	d_4	d_3
Длина участка	$1.6d_1$	$1.5d_2$	Зависит от схемы установки	Конструктивно	Венец червяка	Конструктивно	Зависит от схемы установки

При проектировании вала червяка желательно обеспечить свободный выход инструмента при нарезании витков (рис. 3.7). Для повышения жесткости вала червяка, он может быть выполнен в соответствии

с рис. 3.8. При этом по обеим сторонам нарезки витков предусматривают участки сбег резьбы для выхода инструмента.

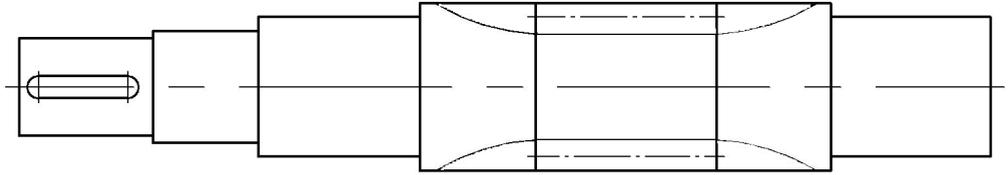


Рис. 3.8. Червяк повышенной жесткости

В некоторых случаях, если позволяет жесткость вала червяка, можно выполнить проточки для выхода инструмента по обеим сторонам нарезки витков червяка (рис. 3.9).

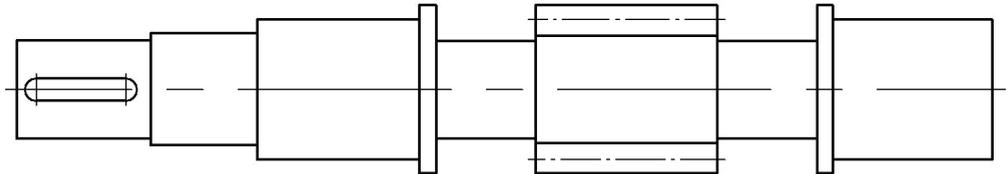


Рис. 3.9. Червяк с проточками для выхода инструмента

При компоновке вала червяка предварительно выбирают вариант смазки червячного зацепления. Зацепление, при нижнем расположении червяка, может смазываться одним из следующих методов: окунанием червяка в масляную ванну, разбрызгиванием масла разбрызгивателями и подачей масла централизованной системой смазки. Последний вариант достаточно дорог, поэтому применяется в основном при передаче больших мощностей.

При нижнем расположении червяка достаточно погрузить его в масляную ванну на глубину витка. Если при этом уровень масляной ванны оказывается выше середины нижних тел качения опорных подшипников вала червяка, то на валу червяка устанавливают разбрызгиватели. При установке разбрызгивателей, длины III и VII участков увеличивают на ширину разбрызгивателей (рис. 3.10).

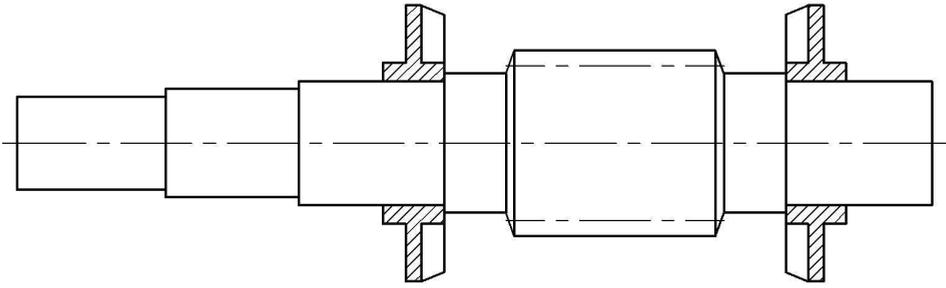


Рис. 3.10. Установка разбрызгивателей на валу червяка

3.5. Опоры червяка

Червяк устанавливают на подшипниковых опорах обычно по одной из схем, показанных на рис. 3.11–3.13. Наиболее простым является вариант, показанный на рис. 3.11. Он применяется для расстояния между опорами не более 200...250 мм.

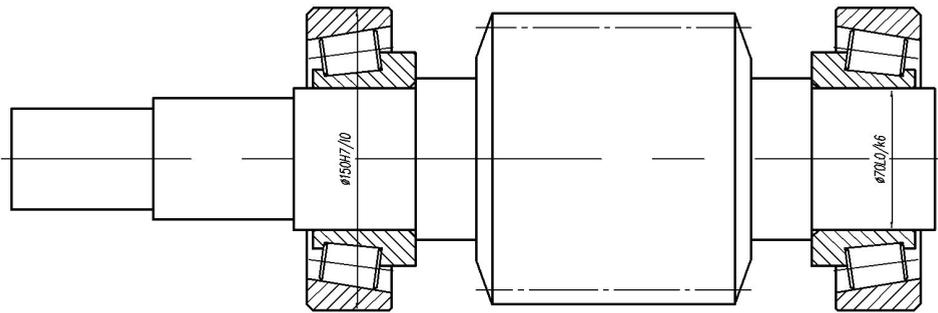


Рис. 3.11. Установка подшипников вала червяка враспор

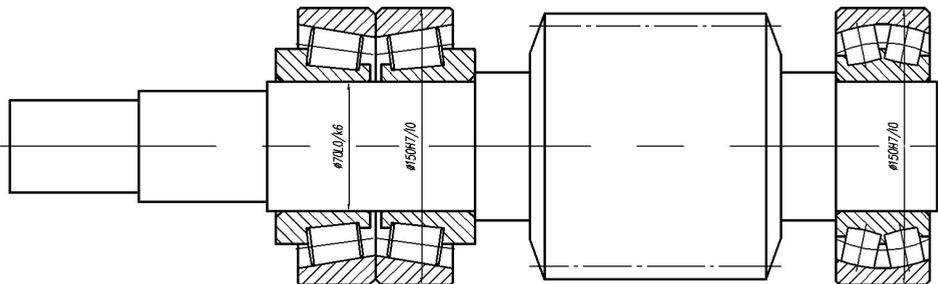


Рис. 3.12. Установка червяка на фиксированной и плавающей опорах

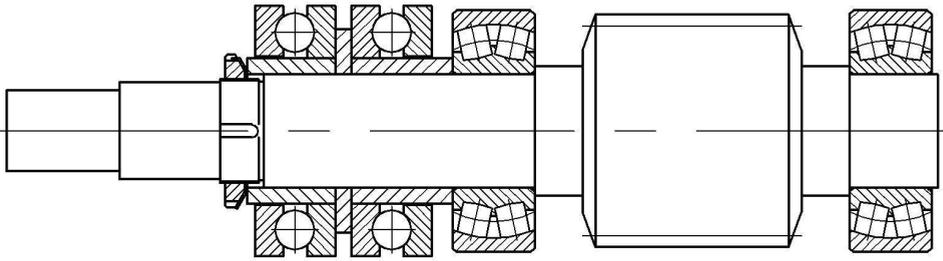


Рис. 3.13. Установка червяка с использованием упорных подшипников

При большем расстоянии между опорами компенсация теплового расширения требует слишком больших тепловых зазоров, которые ухудшают работу подшипников на начальном этапе работы редуктора. В этом случае используют вариант установки подшипников, показанный на рис. 3.12. При больших передаточных отношениях редукторов существенно возрастают осевые нагрузки, действующие на вал червяка, и приходится использовать более сложную схему установки (рис. 3.13). В этом случае требуется тщательная регулировка осевого зазора, поскольку при переменных нагрузках разгруженный ряд шариков под действием центробежной силы стремится выйти из беговых дорожек. Во избежание этого применяют конструктивные элементы, создающие необходимое давление: пружины, упругие прокладки и др. (рис. 3.14).

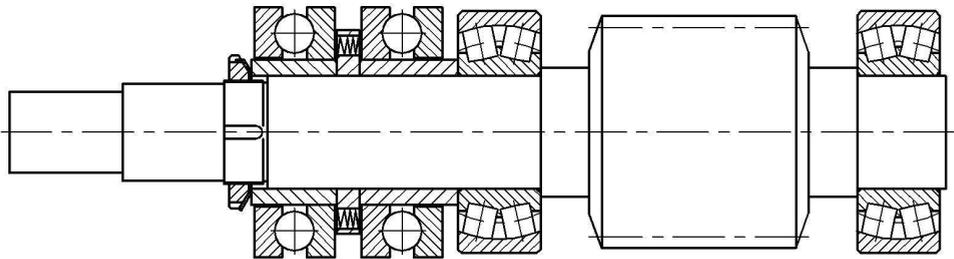


Рис. 3.14. Использование пружины при установке упорных подшипников

После выбора схемы установки подшипников, их размещают на валу червяка и переходят к формированию второй проекции колеса. Если кольца либо подшипники пересекутся с колесом (рис. 3.15), то корректируют длины участков IV и VI вала червяка (рис. 3.16).

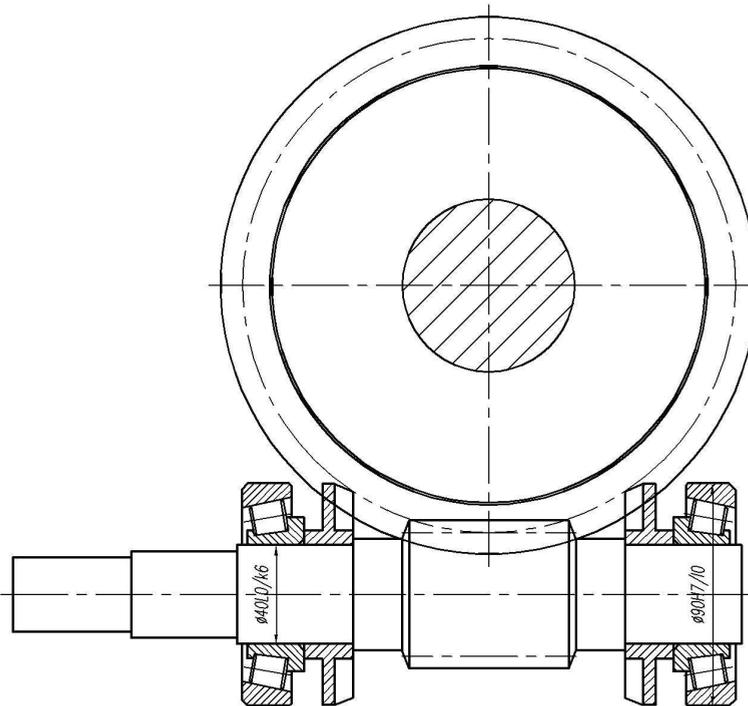


Рис. 3.15. Пересечение колец с колесом

3.6. Корпус редуктора

Возможны различные варианты конструкции корпуса редуктора. Ниже рассмотрена конструкция, предусматривающая осевую сборку.

Размеры торцевых крышек должны обеспечивать свободную установку колеса в корпус редуктора (рис. 3.17). Размеры элементов корпуса определяют по данным, приведенным в подгл. 1.5, в соответствии с условными обозначениями по рис. 3.17. При проектировании базовой части корпуса, в ней размещают вал червяка, маслоуказатель и пробку для слива масла (гл. 4). Затем формируется недостающая проекция корпуса редуктора.

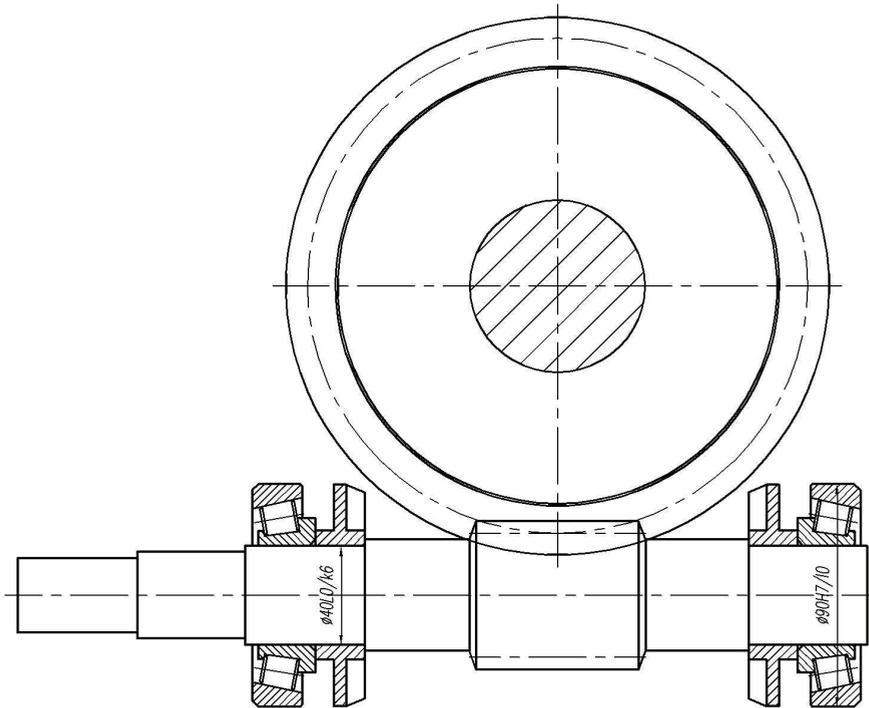


Рис. 3.16. Корректировка длин участков IV и VI вала червяка

Далее устанавливают крышки подшипниковых узлов. Размеры крышек приведены в прил. 4. При необходимости корректируют длины участков валов и устанавливают шпонки. На следующем этапе проектирования составляются расчетные схемы валов, строятся эпюры изгибающих и крутящих моментов, выполняется уточненный расчет валов, расчет подшипников, шпоночных соединений. По результатам расчетов при необходимости корректируется конструкция редуктора. На этапе конструктивного оформления валов выполняются фаски и заходный конус посадочного участка вала колеса. Затем оформляются форматы, основные надписи, проставляются позиции спецификации и заполняются технические требования. На последнем этапе выполняют рабочие чертежи деталей редуктора. Примеры рабочих чертежей червячного колеса и вала червяка приведены в подгл. 5.4.

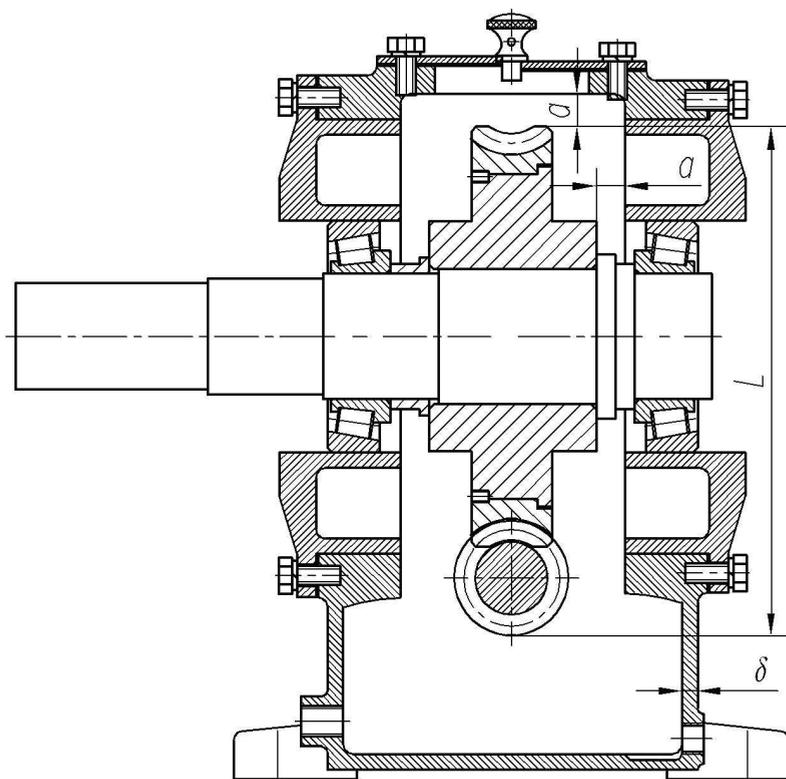


Рис. 3.17. Корпус червячного редуктора с осевой сборкой

4. Смазка зубчатых передач и подшипников

Смазку применяют для уменьшения потерь мощности на трение, снижения интенсивности износа трущихся поверхностей, отвода тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей и защиты от коррозии. Для контроля уровня масла используют различного вида маслоуказатели (рис. 4.1) (прил. 5). Для слива масла из редуктора, в корпусе редуктора предусматривают отверстия для слива масла, которые при работе закрыты пробками (прил. 6). Для соединения внутренней полости редуктора с атмосферой используют ручку-отдушину (прил. 9).

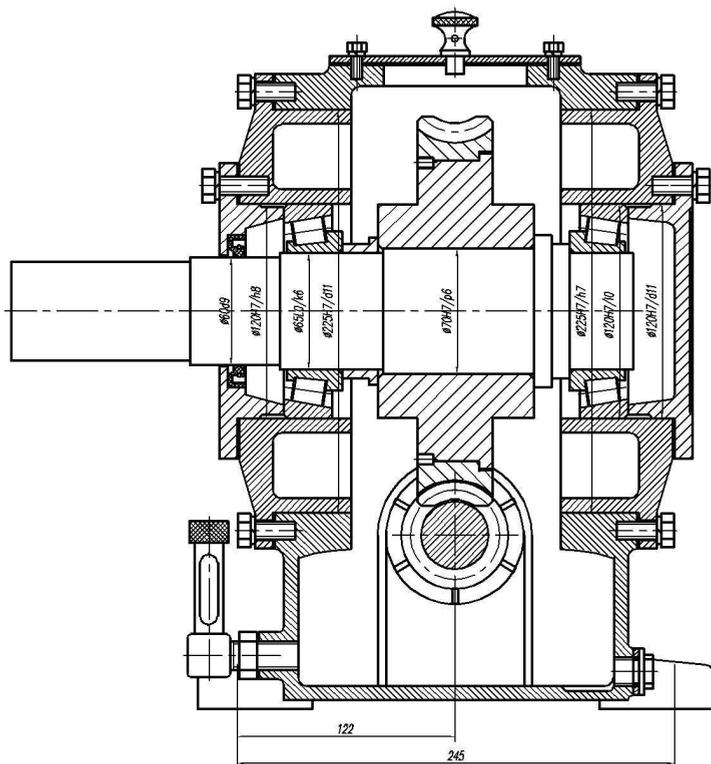


Рис. 4.1. Установка маслоуказателя и пробки для слива масла

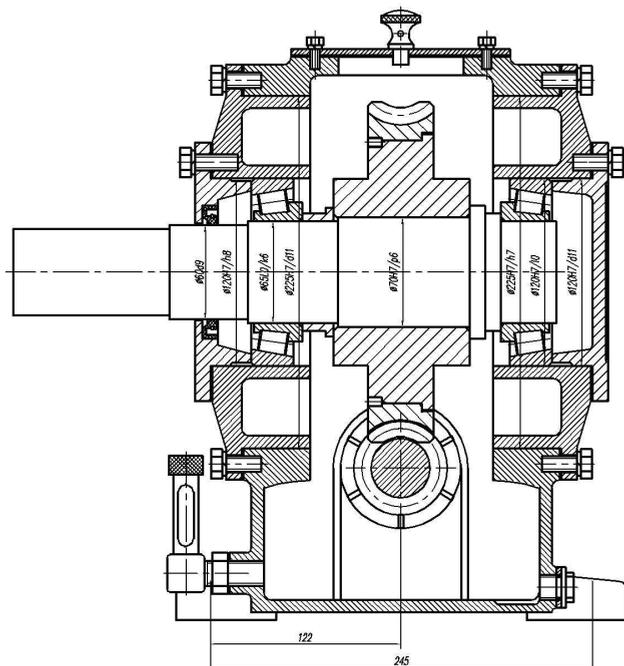


Рис. 4.2. Проекция общего вида редуктора

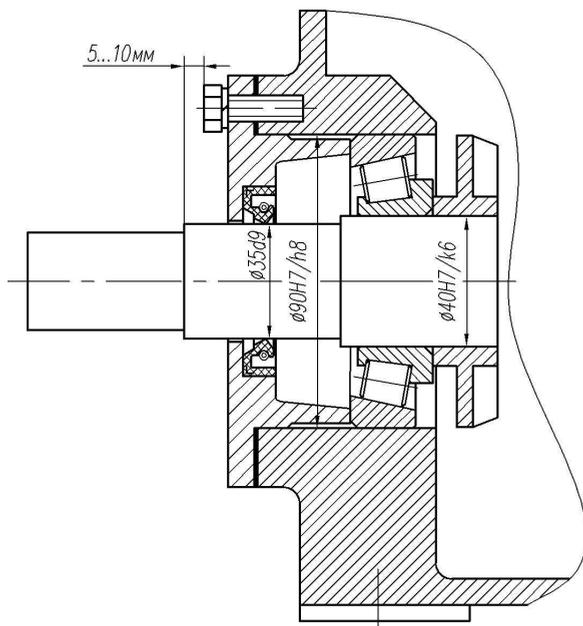


Рис. 4.3. Установка крышки подшипникового узла и разбрызгивателя на быстрходном валу редуктора

Смазка зубчатой передачи при окружных скоростях в зацеплении до 12.5 м/с осуществляется окунанием колеса в масляную ванну. Такой способ смазки иначе называют картерным. Минимальная рекомендуемая глубина погружения цилиндрического зубчатого колеса в масляную ванну $h_{\min} = 2m$, но не менее 10 мм. Максимальная глубина погружения не должна превышать половины радиуса зубчатого колеса. При необходимости на быстроходном валу редуктора устанавливают разбрызгиватели (рис. 4.2, 4.3)

Таблица 4.1

Выбор кинематической вязкости масла

Контактные напряжения σ_H , МПа	Рекомендуемая кинематическая вязкость, мм ² /с, при окружной скорости в зацеплении, м/с		
	до 2	св. 2 до 5	св. 5
До 600	34	28	22
Св. 600 до 1000	60	50	40
Св. 1000	70	60	50

Требуемая вязкость масла, мм²/с, при 40 °С определяется по табл. 4.1 в зависимости от расчетных контактных напряжений σ_H и окружной скорости в зацеплении. По этой вязкости выбирается сорт масла:

И-Л-А-22	19...27
И-Г-А-32	28...37
И-Г-А-46	38...55
И-Г-А-68	56...75

Наиболее широкое применение в машинах находят минеральные индустриальные масла. Их обозначение состоит из 4 знаков. Первый знак И означает масло индустриальное, второй знак определяет назначение масла (Л — для легконагруженных узлов, Г — гидравлических систем, Т — тяжело нагруженных узлов), третий знак характеризует эксплуатационные свойства масла (А — масло без присадок, В — с антиокислительными и антикоррозионными присадками, С — дополнительно с противоизносными присадками), четвертый знак определяет класс кинематической вязкости.

Для смазки подшипников качения в цилиндрических редукторах применяют как жидкие, так и пластичные смазочные материалы. Жидкие масла используют при картерной смазке зубчатой передачи в случае, если окружная скорость в зацеплении $V \geq 1.5$ м/с. При этом про-

исходит разбрызгивание масла и внутри картера образуется масляный туман, обеспечивающий смазку подшипников качения. Для устранения излишнего попадания масла и продуктов износа в подшипники используют маслоотражательные кольца (рис. 4.4), которые устанавливают на быстроходном валу редуктора с косозубой или шевронной передачей при смазке подшипников масляным туманом, если делительный диаметр шестерни меньше наружного диаметра рядом расположенного подшипника быстроходного вала.

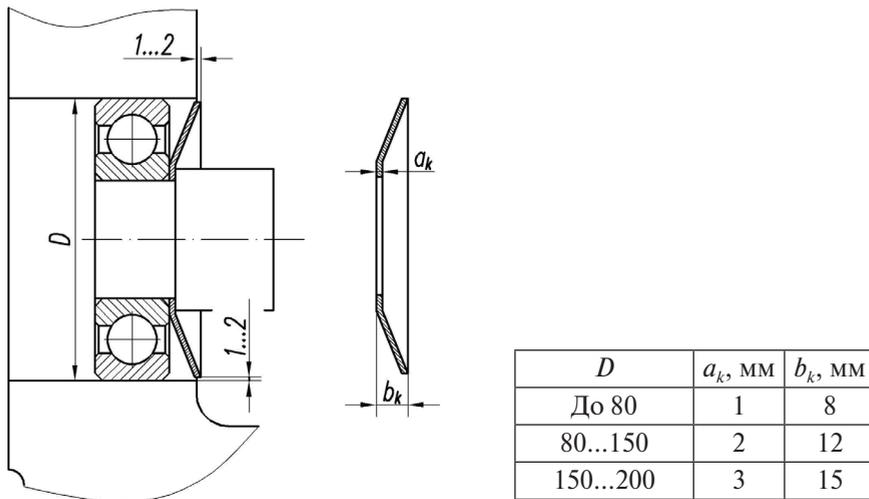


Рис. 4.4. Кольцо маслоотражательное

При меньших окружных скоростях, для смазки подшипников используют пластичные смазки, такие как «ЦИАТИМ-201» или «Литол-24». В этом случае со стороны зубчатой передачи подшипник закрывают мазеудерживающим кольцом (рис. 4.5). Пластичная смазка должна занимать 0.5...0.67 свободного объема между мазеудерживающим кольцом и крышкой подшипникового узла.

Для подачи смазки в труднодоступные места (например, для смазки подшипников консольно расположенной шестерни) делаются специальные маслоподводящие канавки, расположенные в основании корпуса. Масло попадает в эти канавки со стенок крышки редуктора (рис. 4.6).

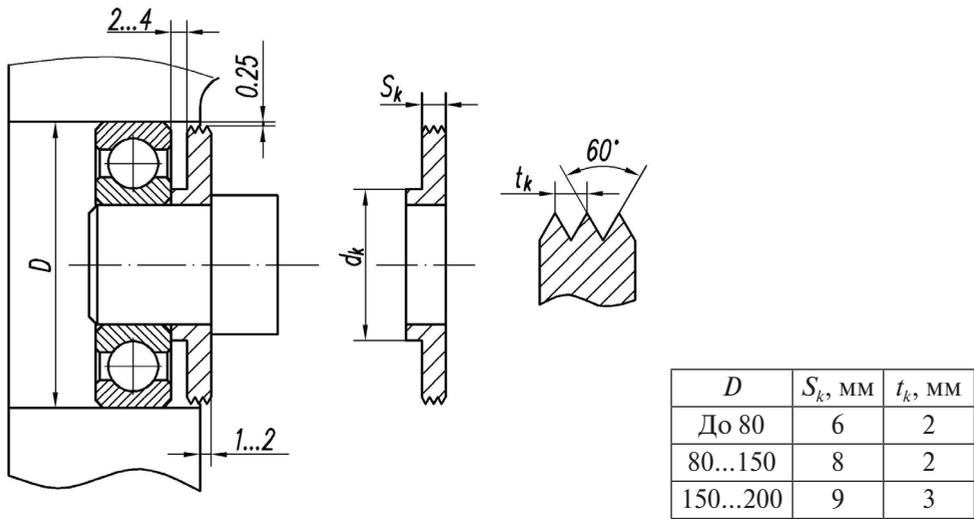


Рис. 4.5. Кольцо мазеудерживающее

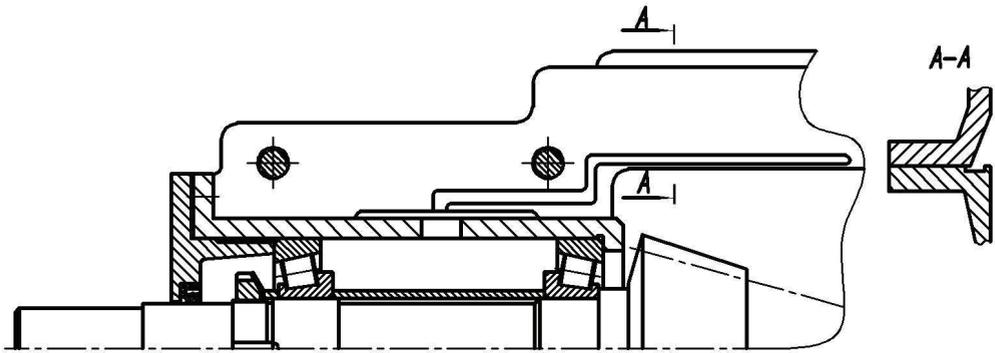


Рис. 4.6. Канавка для подвода масла

Для опор верхнего вала вертикальных редукторов, смазка разбрызгиванием может быть недостаточной. В подобных случаях предусматривают дополнительные смазочные устройства, показанные на рис. 4.7 и 4.8. На рис. 4.7, для улучшения смазки, показан «порог» из пластинки, привернутой к внутренней стенке редуктора. Такой порог улавливает и удерживает смазку в подшипнике. На рис. 4.8 в качестве маслоуловителя используется лоток, сформированный при отливке крышки корпуса редуктора.

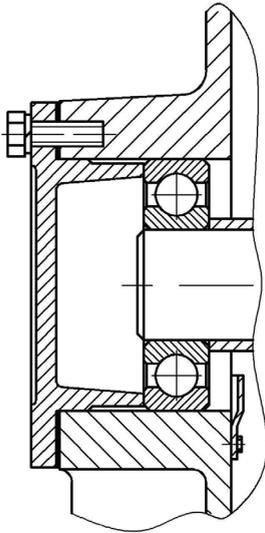


Рис. 4.7. «Порог» для сбора масла

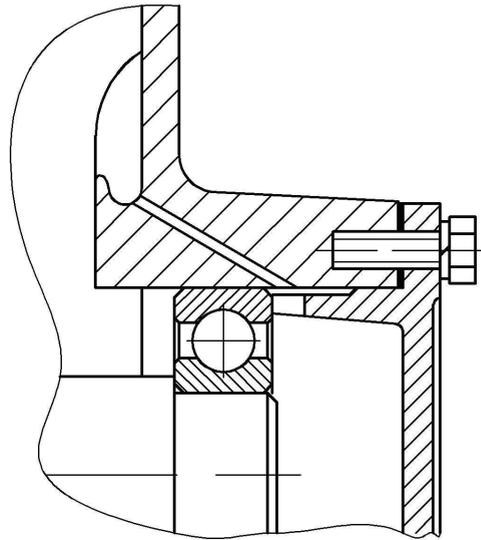


Рис. 4.8. Канавка для подвода масла

Через отверстия в стенке и прорези в крышке подшипника, масло поступает к подшипнику. При нижнем расположении шестерни и малом ее диаметре, смазка окунанием может быть невозможна, так как уровень масла будет выше середины тел качения подшипников (рис. 4.9). В этом случае могут использоваться кольца, которые окунаются в масло и при работе редуктора разбрызгивают масло, обеспечивая смазку колес и подшипников.

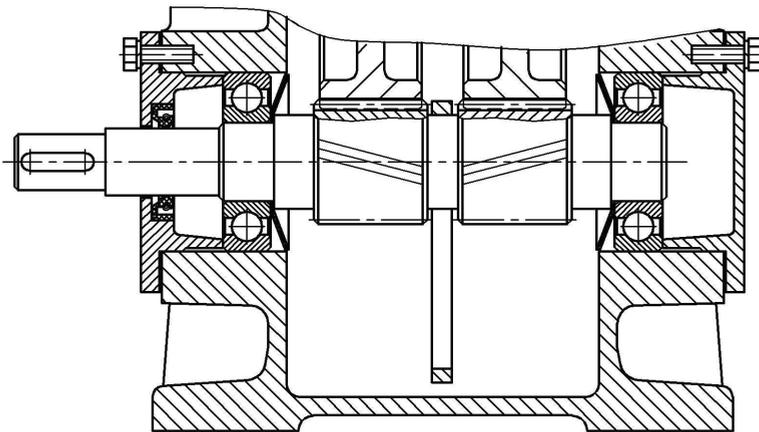


Рис. 4.9. Смазывание колес и подшипников при помощи кольца

5. Правила оформления конструкторской документации при проектировании

Проект по модулю включает комплекс документов: сборочный и рабочий чертежи, спецификацию и расчетно-пояснительную записку. Правила оформления указанных документов устанавливаются стандартами ЕСКД (Единой системы конструкторской документации).

5.1. Основные надписи

Основную надпись по ГОСТ 2.104–68 располагают в правом нижнем углу документа (на листах формата А4 только вдоль короткой стороны листа). На чертежах и схемах используют основную надпись по форме 1 (рис. 5.1).

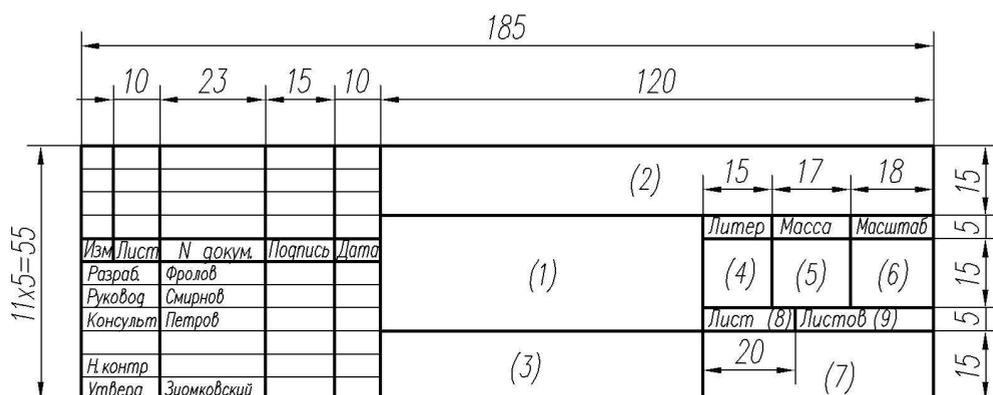


Рис. 5.1. Форма 1 основной надписи

Если чертеж выполнен на нескольких листах, основную надпись по форме 1 выполняют на первом листе, для второго и последующих листов допустимо использовать основную надпись по форме 2а (рис. 5.2).

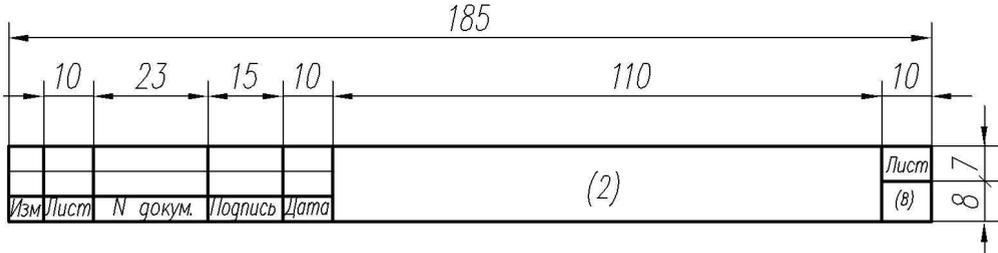


Рис. 5.2. Форма 2а основной надписи

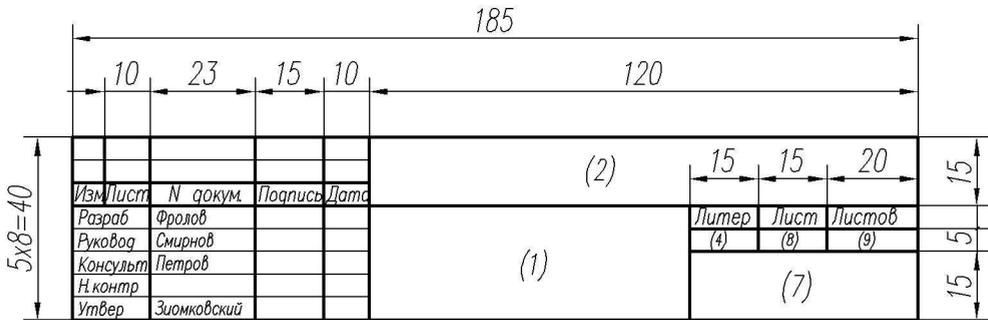


Рис. 5.3. Форма 2 основной надписи

В расчетно-пояснительной записке и спецификации для первого или заглавного листа используют основную надпись по форме 2 (рис. 5.3), для последующих листов используют основную надпись по форме 2а.

В графах основных надписей, номера которых указаны в скобках, приводят:

1 — наименование изделия (детали, сборочной единицы) в именительном падеже единственного числа. Начинают наименование с имени существительного;

2 — обозначение документа (чертежа, пояснительной записки, спецификации);

3 — обозначение материала детали (только для рабочих чертежей деталей, например: Сталь 45 ГОСТ 1050–2013; Ст3 ГОСТ 380–2005; Сталь 40Х ГОСТ 4543–2016; СЧ 15 ГОСТ 1412–85);

4 — литеру документа (для проектов по модулю — ПМ, для курсовых проектов — ПК, для курсовых работ — РК);

5 — массу изделия в килограммах без указания единицы измерения (допускается в учебных проектах эту графу не заполнять);

6 — масштаб (1:1; 1:2; 2:1 и др.);

7 — сокращенное название вуза, кафедры (название размещают в двух строчках: в верхней строчке пишут «УрФУ. Кафедра»; в нижней строчке — «МИРМ»);

8 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

9 — общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе).

Обозначение документа в общем случае состоит из четырех групп индексов, разделенных между собой точками, например: 1703.303110.000.СБ, 1507.303110.000.ПЗ. В первой группе из четырех индексов записывают первые четыре цифры направления подготовки; во второй группе из шести индексов — код изделия по классификатору ЕСКД (с. 79); в третьей группе из трех индексов для рабочих чертежей деталей записывают номер детали по спецификации, для сборочного чертежа, пояснительной записки и спецификации указывают три нуля. Четвертая группа из двух индексов содержит шифр документа (СБ — сборочный чертеж, ПЗ — пояснительная записка). Для рабочих чертежей и спецификаций четвертая группа индексов в обозначении не указывается.

5.2. Сборочный чертеж

Сборочный чертеж в общем случае содержит (ГОСТ 2.109–73):

а) изображение сборочной единицы с минимальным, но достаточным количеством видов, разрезов и сечений, которое дает представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивает возможность сборки и контроля;

б) размеры — габаритные, установочные и присоединительные, посадочные; для цилиндрических и червячных передач указывают размер межосевого расстояния a_w , мм, с предельным отклонением $\Delta a \pm$, мкм, для сопряжения В (по ГОСТ 1643–81) —

a_w	<80	80—125	125—180	180—250	250—315	315—400	400—500
$\Delta a \pm$	60	70	80	90	100	110	120

- в) номера позиций по спецификации;
- г) текстовую часть.

Сборочный чертеж редуктора выполняется в двух проекциях на чертежной бумаге формата А1 (размеры сторон 594×841) с необходимым количеством поясняющих разрезов (рис. 5.4, 5.5). Для зубчатых редукторов выполняют две проекции. На первой проекции изображают общий вид редуктора. На второй проекции для горизонтального редуктора изображают разрез по плоскости разъема, для вертикального редуктора — разрез по плоскости, в которой расположены оси валов (рис. 5.6, 5.7). Предпочтительно изображение редуктора выполнять в масштабе 1:1. В случае, если две проекции не удастся разместить на одном формате А1, следует каждую проекцию разместить на отдельном листе. При этом на первом листе размещают общий вид редуктора (рис. 5.4) и основную надпись по форме 1. На втором листе размещают разрезы (рис. 5.5), допускается для этого листа использовать основную надпись по форме 2а.

На сборочном чертеже редуктора показывают следующие установочные и присоединительные размеры (рис. 5.4, 5.5):

- а) диаметр отверстий под фундаментные болты и их количество, расстояние между отверстиями, размеры, задающие расположение этих отверстий относительно края лапы и осей зубчатых и червячных колес;
- б) габариты лапы, расстояние от опорной поверхности редуктора до плоскости разъема;
- в) если на хвостовике вала отсутствует деталь открытой передачи либо полумуфта, то показывают разрез по этому хвостовику, длину и диаметр хвостовика с допуском отклонением.

Рекомендуются следующие посадочные размеры для деталей редукторов.

А) Подшипники качения.

Поле допуска на внутренний диаметр подшипника обозначают $L0$, $L6$ и т. д., на наружный диаметр подшипника — $l0$, $l6$. Цифра в обозначении указывает класс точности подшипника: 0 — нормальная точность, 6 — повышенная точность. Рекомендуемое поле допуска вала при отсутствии ударных нагрузок $k6$, при ударном нагружении — $п6$. Поле допуска отверстия $H7$. Посадки подшипников на сборочных чертежах могут быть вы-

полнены в соответствии со следующими примерами: на вал — $\text{Ø } 40 L0/k6$, в корпус — $\text{Ø } 80 H7/l0$. Сборочные чертежи могут содержать только поле допуска детали, сопряженной с подшипником: $\text{Ø } 55 m6$, $\text{Ø } 80 H8$.

Б) Зубчатые колеса.

Для прямозубых передач рекомендуются посадки $H7/p6$ ($H7/r6$); для косозубых передач — $H7/r6$ ($H7/s6$). Для реверсивных передач используют посадки с большими натягами.

В) Шкивы, звездочки, полумуфты.

Для нереверсивного привода рекомендуются посадки $H7/k6$ ($H7/n6$); для реверсивного — $H7/n6$ ($H7/p6$).

Посадки, указанные в скобках, следует использовать при ударных нагрузках.

Г) Крышки подшипниковых узлов.

Для торцевых глухих рекомендуются посадки — $H7/d11$; для торцевых под манжетное уплотнение и врезных рекомендуются посадки — $H7/h8$.

Д) Распорные втулки и кольца.

Втулкой называется деталь, у которой отношение длины к диаметру $l/d \geq 0,8$, **кольцом** — деталь при $l/d < 0,8$. Для распорных колец рекомендуется посадка $H7/h8$, для распорных втулок — $H7/h6$. Мазеудерживающие кольца следует устанавливать по посадке $H7/k6$.

При простановке размеров необходимо руководствоваться следующими положениями ГОСТ 2.307–2011.

Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единицы. Для этих же параметров, приводимых в надписях на поле чертежа, единицы измерения приводятся.

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями 7 мм, а между размерной линией и линией контура 10 мм.

Рекомендуемая высота размерных чисел 5 мм, расстояние между числом и размерной линией 1 мм, длина стрелки 5 мм, выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1...5 мм.

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

Размерные числа нельзя разделять или пересекать линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. Осевые, центровые линии и линии штриховки прерывать допускается.

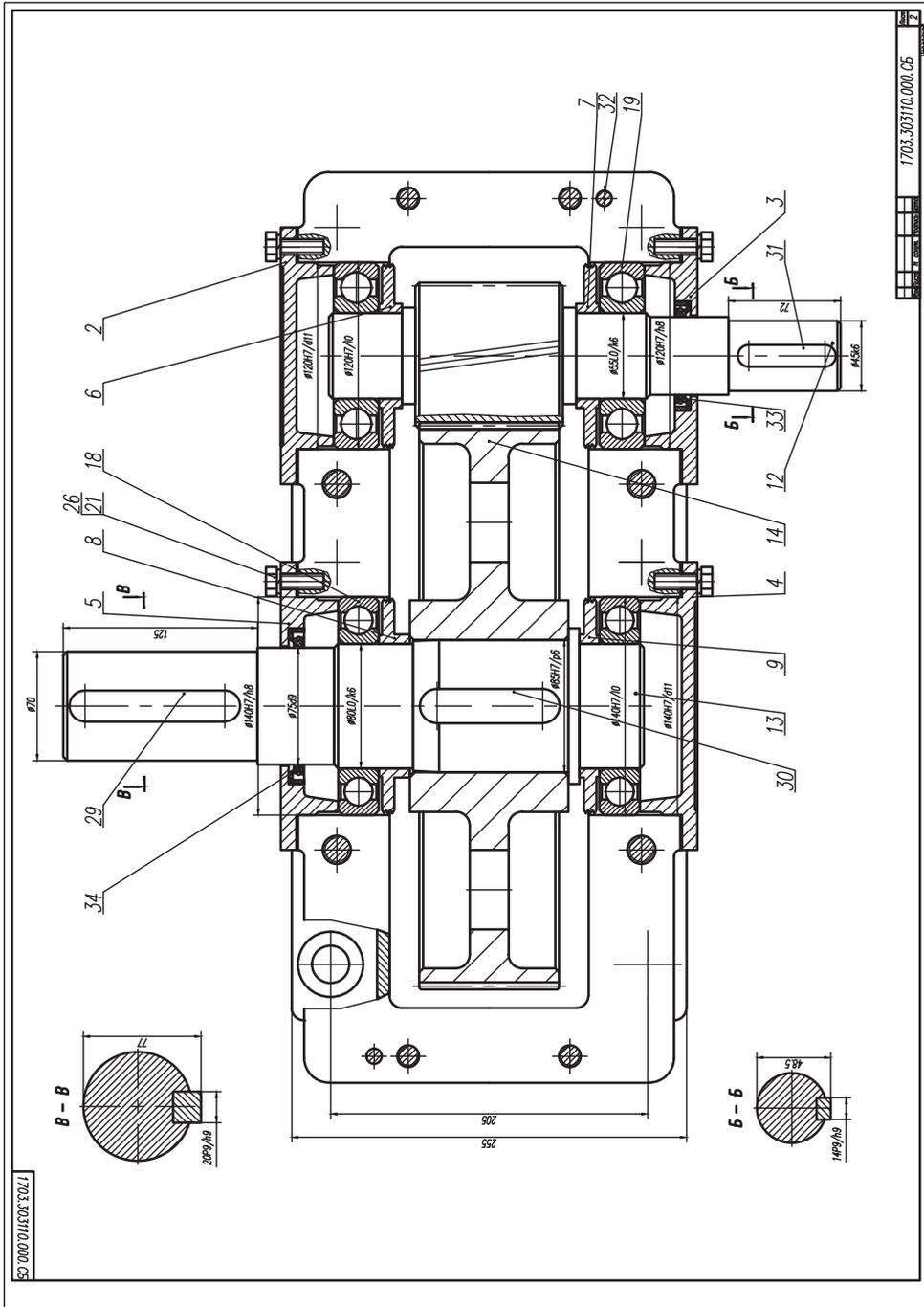


Рис. 5.5. Разрез по плоскости разъема горизонтального редуктора

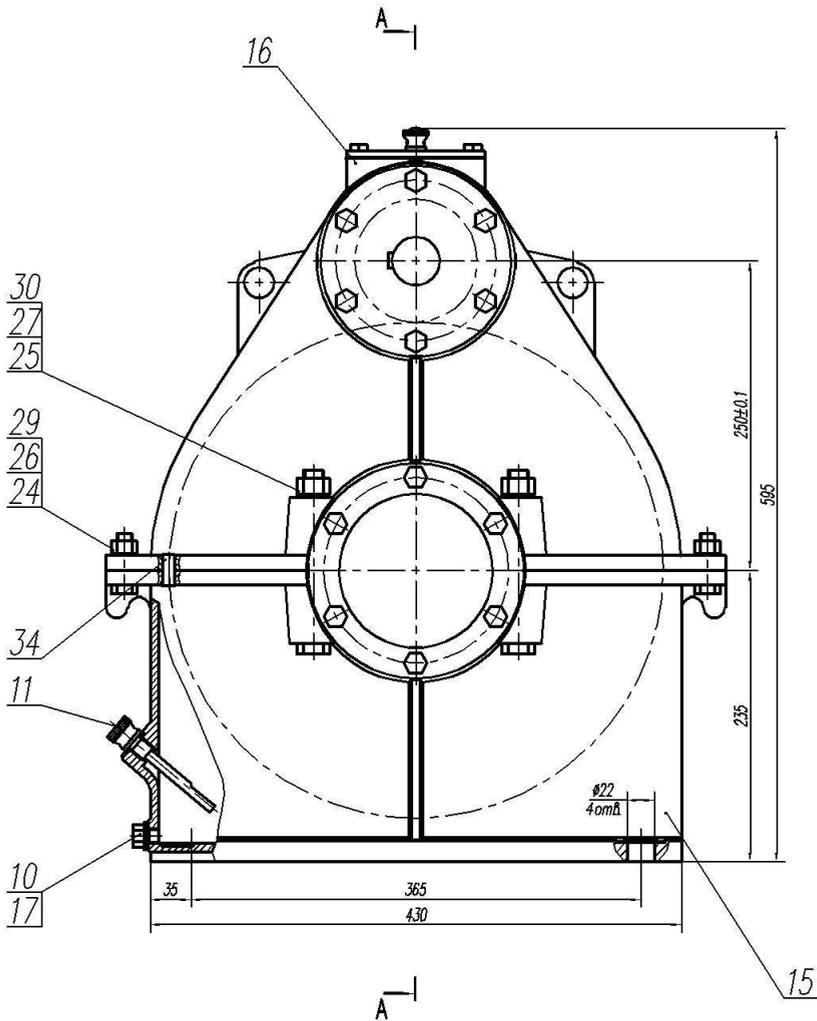


Рис. 5.6. Общий вид вертикального редуктора

На сборочном чертеже проставляют номера позиций в соответствии со спецификацией для сборочных единиц, деталей и стандартных изделий. Номера позиций располагают на полках параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии. От изображения элемента к полке проводится линия-выноска. В начале линии-выноски на изображении элемента ставится точка. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть горизонтальными, вертикальными или параллельными линиям штриховки и по возможности

не должны пересекать размерные линии. Высота шрифта номеров позиций должна быть 7...10 мм. Можно делать одну линию-выноску для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью. В этих случаях линию-выноску отводят от изображения составной части, номер позиции которой указывают первым (см. рис. 5.4, рис. 5.6).

Текстовая часть на сборочном чертеже редуктора оформляется в виде технических требований. Обычно в технических требованиях указывают требования к сборке, обработке поверхностей и к эксплуатации. Требования размещают на первом листе сборочного чертежа над основной надписью. Ширина колонки требований должна быть не больше 180 мм. Высота шрифта 5 мм. Если кроме технических требований на сборочном чертеже размещают техническую характеристику редуктора, технические требования сопровождают заголовком. Ниже приведен пример технических требований для сборочного чертежа редуктора.

1. В редуктор залить масло индустриальное И-Г-А-46 ГОСТ 17479.4–87.
2. Допускается эксплуатировать редуктор с отклонением от горизонтального положения на угол до 5° . При этом необходимо обеспечить уровень масла, достаточный для смазки зацепления.
3. Валы собранного редуктора должны проворачиваться от руки без заеданий.
4. Поверхности корпуса редуктора, сопряженные по плоскости разъема, покрыть тонким слоем герметика.
5. Необработанные наружные поверхности редуктора покрыть серой эмалью.

5.3. Спецификация

Спецификация сборочного чертежа разрабатывается в соответствии с ГОСТ 2.106–96, она определяет состав редуктора и всей его конструкторской документации. Составляют ее на листах формата А4. Форма спецификации показана на рис. 5.8. Основными разделами спецификации являются: документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы.

Заголовки разделов записывают в графе «Наименование». После заголовка оставляют пустую строку. В конце каждого раздела перед заголовком оставляют не менее одной пустой строки.

В раздел «Документация» включают основные конструкторские документы (для сборочной единицы — сборочный чертеж и пояснительная записка). Раздел «Сборочные единицы» содержит изделия из составных частей. В разделе «Детали» записывают нестандартные изделия, изготавливаемые без применения сборочных операций. В разделе «Стандартные изделия» должны быть записаны изделия, регламентированные стандартами. В разделе «Материалы» в учебном проекте следует записать смазочные материалы. В графе «Поз.» записывают номера позиций изделий, проставленные на сборочном чертеже. В разделах «Документация» и «Материалы» эта графа не заполняется.

В графе «Обозначение» указывают: в разделе «Документация» обозначение сборочного чертежа редуктора; в разделе «Сборочные единицы» обозначение чертежей сборочных единиц; в разделе «Детали» обозначение рабочих чертежей деталей.

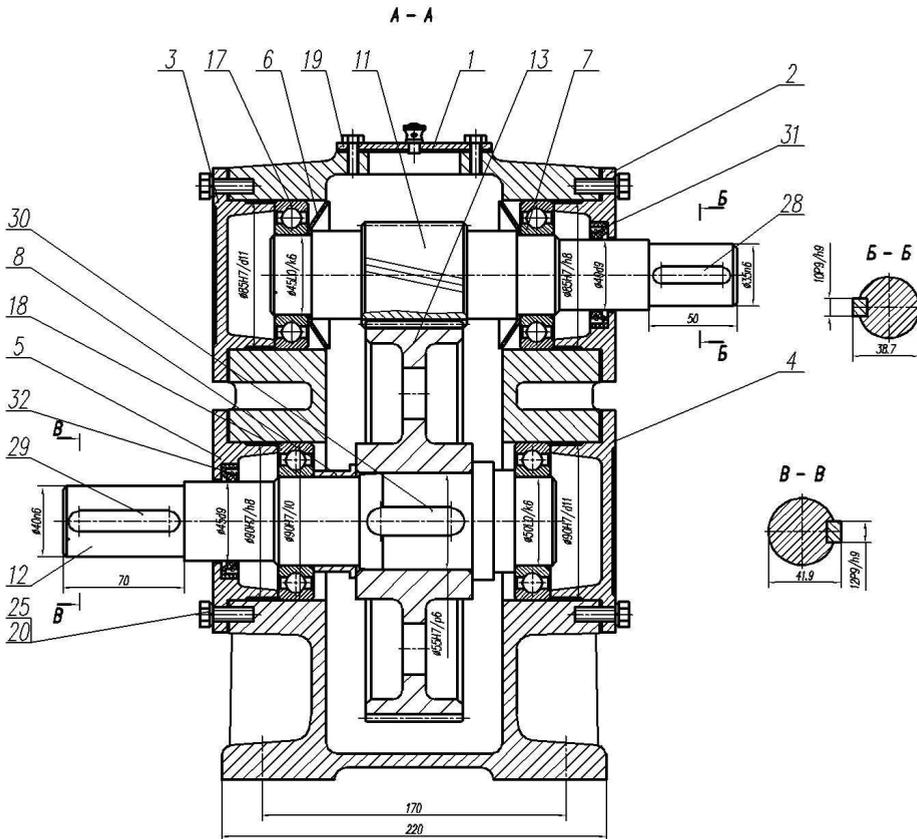


Рис. 5.7. Разрез по вертикальному редуктору

В графе «Наименование» указывают: в разделе «Документация» «Сборочный чертеж»; в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» названия сборочных единиц и деталей; в разделе «Стандартные изделия» условное обозначение изделия и номер ГОСТа. Если название сборочной единицы или детали состоит из двух или более слов, то сначала пишется имя существительное. Если текст в графе документа занимает несколько строк, в других графах записи начинают в первой строке.

В графе «Кол.» указывают количество одинаковых изделий в разделах «Сборочные единицы», «Детали» и «Стандартные изделия». Раздел «Материалы» содержит количество данного материала в изделии, в нем указываются единицы измерения, например «2.5 кг». Единицы измерения допустимо указывать в графе «Примечан.».

Записи в разделах «Сборочные единицы» и «Детали» производятся в порядке возрастания кода сборочной единицы либо кода детали (с. 79). В разделе «Стандартные изделия» запись производится по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия и т. д.). Для каждой группы запись ведется в алфавитном порядке наименований изделий, например, в группе крепежных изделий: болты, винты, гайки, шайбы. В пределах одного наименования — в порядке возрастания номера стандарта, в пределах одного стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

Ниже приведены примеры условных обозначений стандартных изделий.

Подшипник шариковый радиальный однорядный № 208 — «Подшипник 208 ГОСТ 8338–75».

Подшипник радиально-упорный № 36310 — «Подшипник 36310 ГОСТ 831–75».

Подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами без бортов на наружном кольце № 2208 — «Подшипник 2208 ГОСТ 8328–75».

Подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами с одним бортом на наружном кольце № 12208 — «Подшипник 12208 ГОСТ 8328–75».

Подшипник роликовый конический однорядный повышенной грузоподъемности № 7208 — «Подшипник 7208 А ГОСТ 27365–87».

Болт с резьбой диаметром 16 мм, длиной 60 мм, класса прочности 3.6, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, полем допуска 8g, без по-

крытия — «Болт М16х60.36 ГОСТ 7798–70». То же, с полем допуска 6g — «Болт М16–6gх60.36 ГОСТ 7798–70».

Гайка шестигранная с резьбой диаметром 16 мм, класса прочности 4, исполнения 1, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 7 Н, без покрытия — «Гайка М16.4 ГОСТ 5915–70».

Форма	Зона	Лид	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
				<i>Документация</i>		
			1111.303110.000.СБ	Сборочный чертеж		
				<i>Сборочные единицы</i>		
				<i>Детали</i>		
				<i>Стандартные изделия</i>		
				<i>Материалы</i>		
<p>Основная надпись по форме 2 для первого листа и по форме 2а для последующих</p>						

Рис. 5.8. Форма спецификации к сборочному чертежу

Шпилька с резьбой диаметром 16 мм, длиной ввинчиваемого конца $1,6d$, длиной 120 мм, класса прочности 4.6, с крупным шагом резьбы, полем допуска 8g, без покрытия — «Шпилька M16×120.46 ГОСТ 22036–76».

Штифт цилиндрический незакаленный исполнения 2 диаметром 10 мм, длиной $L = 60$ мм — «Штифт 2.10×60 ГОСТ 3128–70».

Штифт конический незакаленный, исполнения 2, диаметром 10 мм, длиной 60 мм — «Штифт 2.10×60 ГОСТ 3129–70».

Кольцо пружинное упорное наружное, концентрическое, класса точности А, для диаметра вала 30 мм, из стали 65Г, без покрытия — «Кольцо А30 ГОСТ 13940–86».

Кольцо пружинное упорное внутреннее, концентрическое, класса точности А, для диаметра отверстия 120 мм, из стали 65Г, без покрытия — «Кольцо А120 ГОСТ 13941–86».

Шпонка исполнения 1 с размерами сечения $b \times h = 20 \times 12$ длиной 90 мм — «Шпонка 20×12×90 ГОСТ 23360–78». То же, исполнения 2 — «Шпонка 2–20×12×90 ГОСТ 23360–78».

Манжета типа I (без пыльника), исполнения 1 (с механически обработанной кромкой) для вала диаметром 60 мм, с наружным диаметром 80 мм из резины группы 1 — «Манжета I.1–60×80–1 ГОСТ 8752–79».

Пример спецификации приведен на рис. 5.9–5.11.

5.4. Рабочие чертежи

Изображение детали на чертеже должно содержать минимальное количество видов, разрезов и сечений, достаточное для выявления формы детали и простановки размеров. Например, для вала достаточно одного вида с соответствующими сечениями и выносными элементами. На рабочих чертежах проставляют размеры, указывают шероховатости поверхностей, формируют технические требования. При оформлении рабочих чертежей используется основная надпись по форме 1. Из числа параметров шероховатости по ГОСТ 2789–73 в машиностроении наиболее часто применяют: Ra — среднее арифметическое отклонение профиля; Rz — высота неровностей профиля по 10 точкам. Параметр Ra является основным, его назначают на все обрабо-

тантные поверхности. Значения Ra определяют по данным, приведенным на с. 63. Параметр Rz назначают для поверхностей, получаемых литьем, ковкой, чеканкой.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
				<u>Документация</u>		
			1703.303110.000.СБ	Сборочный чертёж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
	1		1703.305369.001	Крышка-отдушина	1	
				<u>Детали</u>		
	2		1703.711300.002	Крышка подшипника	1	
	3		1703.711300.003	Крышка подшипника	1	
	4		1703.711300.004	Крышка подшипника	1	
	5		1703.711300.005	Крышка подшипника	1	
	6		1703.711343.006	Кольцо мазеудерживающее	1	
	7		1703.711343.007	Кольцо мазеудерживающее	1	
	8		1703.711343.008	Кольцо мазеудерживающее	1	
	9		1703.711343.009	Кольцо мазеудерживающее	1	
	10		1703.713513.010	Пробка	1	
	11		1703.714522.011	Маслоуказатель	1	
	12		1703.715000.012	Вал	1	
	13		1703.715000.013	Вал	1	
	14		1703.721300.014	Колесо зубчатое	1	
	15		1703.732110.015	Основание корпуса	1	
	16		1703.732180.016	Крышка корпуса	1	
			1703.303110.000			
Изм/Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Редуктор цилиндрический УрФУ Кафедра МИРМ		
Разраб	Иванов					
Руковод	Орлов					
Консульт						
Н.контр						
Утвер						
				Листер	Лист	Листов
				ПК	1	2

Рис. 5.9. Первый лист спецификации к сборочному чертежу редуктора

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
				<u>Документация</u>		
			1703.303110.000.СБ	Сборочный чертёж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
	1		1703.305369.001	Крышка-отдушина	1	
				<u>Детали</u>		
	2		1703.711300.002	Крышка подшипника	1	
	3		1703.711300.003	Крышка подшипника	1	
	4		1703.711300.004	Крышка подшипника	1	
	5		1703.711300.005	Крышка подшипника	1	
	6		1703.711343.006	Кольцо мазеудерживающее	1	
	7		1703.711343.007	Кольцо мазеудерживающее	1	
	8		1703.711343.008	Кольцо мазеудерживающее	1	
	9		1703.711343.009	Кольцо мазеудерживающее	1	
	10		1703.713513.010	Пробка	1	
	11		1703.714522.011	Маслоуказатель	1	
	12		1703.715000.012	Вал	1	
	13		1703.715000.013	Вал	1	
	14		1703.721300.014	Колесо зубчатое	1	
	15		1703.732110.015	Основание корпуса	1	
	16		1703.732180.016	Крышка корпуса	1	
			1703.303110.000			
Изм/Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Редуктор цилиндрический УрФУ Кафедра МИРМ		
Разроб						
Рисовод						
Консульт						
Н.контр						
Утвер				Литер	Лист	Листов
				ПК	1	3

Рис. 5.10. Второй лист спецификации к сборочному чертежу редуктора

Шероховатость Ra , мкм, для поверхностей деталей:

Посадочные поверхности валов и корпусов под подшипники качения класса точности 0 —	
d или D до 80 мм.....	1.25
d или $D > 80$ мм.....	2.5
Торцы заплечиков валов для базирования —	
подшипников качения класса точности.....	1.6
зубчатых и червячных колес.....	3.2
Поверхности валов под резиновые манжеты.....	0.4...0.63
Поверхности валов для соединений с натягом.....	0.8
Поверхности отверстий ступиц для соединений с натягом.....	1.6
Поверхности шпоночных пазов на валах —	
рабочие.....	3.2
нерабочие.....	6.3
Поверхности шпоночных пазов в отверстиях зубчатых колес, шкивов, звездочек —	
рабочие.....	1.6...3.2
нерабочие.....	3.2...6.3
Торцы ступиц зубчатых колес.....	1.6...3.2
Профили зубьев зубчатых колес 8-й степени точности.....	1.6
Поверхности выступов зубьев колес.....	6.3
Свободные торцовые поверхности зубчатых колес.....	6.3
Канавки, фаски, радиусы галтелей.....	6.3
Поверхности отверстий под болты, винты, шпильки.....	12.5
Опорные поверхности под гайки, головки болтов, винтов.....	6.3

Чистоту обработки поверхностей указывают, используя специальные знаки, которые показаны на рис. 5.12. Знак по рис. 5.12, *а* используется, когда вид обработки не установлен. Этот способ обозначения является предпочтительным.

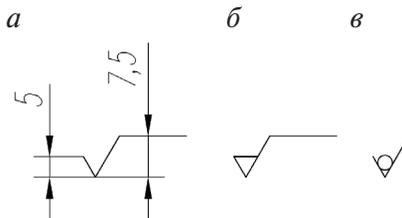


Рис. 5.12. Знаки для обозначения шероховатости поверхности

Для указания обработки поверхности с удалением материала используют знак по рис. 5.12, *б*. Для поверхностей, которые не обрабатываются по чертежу, используют знак по рис. 5.12, *в*. Для знаков по рис. 5.12, *а* и 5.12, *б* под знаком шероховатости размещают обозначение параметра шероховатости и его числовое значение (рис. 5.13).

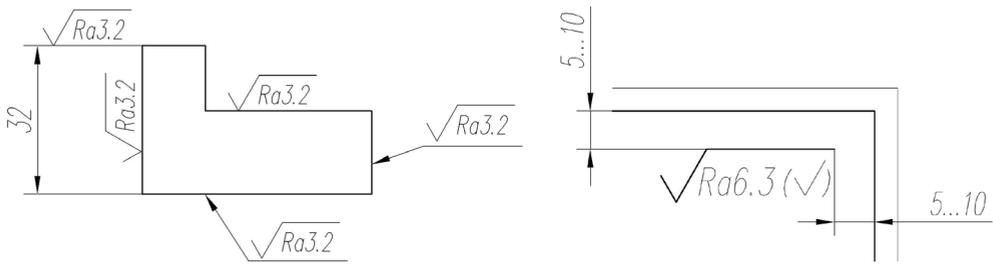


Рис. 5.13. Размещение знаков шероховатости

Высота текста в обозначении шероховатости равна высоте размерного текста. Если поверхность, на которую ставится знак шероховатости, расположена сверху или слева от изображения, то знак шероховатости можно размещать непосредственно на этой поверхности либо на ее продолжении, а при недостатке места на изображении детали допускается размещать знаки шероховатости на выносных линиях размеров, по возможности ближе к размерным линиям.

Для поверхностей, расположенных справа или внизу, знак шероховатости размещается на полках линий-выносок (рис. 5.13). Если часть поверхностей изделия обрабатывается с одинаковой чистотой поверхности, то эту шероховатость указывают в правом верхнем углу чертежа (рис. 5.14). Все поверхности на чертеже без обозначения шероховатости должны иметь чистоту обработки, указанную в правом верхнем углу.

Знак в верхнем правом углу чертежа в 1.5 раза больше, чем размеры знаков шероховатости на чертеже (рис. 5.13 и рис. 5.14). Размер знака чистоты обработки поверхности в верхнем правом углу чертежа должен быть одинаковым с размерами знака в скобках.

Примеры размещения обозначений шероховатости на рабочих чертежах вала и зубчатого цилиндрического колеса приведены на рис. 5.14 и 5.15.

Запись технических требований над основной надписью ведется в следующем порядке:

- а) материал заготовки, термическая обработка, свойства материала готовой детали;
- б) предельные отклонения размеров;
- в) перечисление требований к размерам;
- г) указание требуемого качества поверхности (сведения о покрытии, шероховатости, отделке).

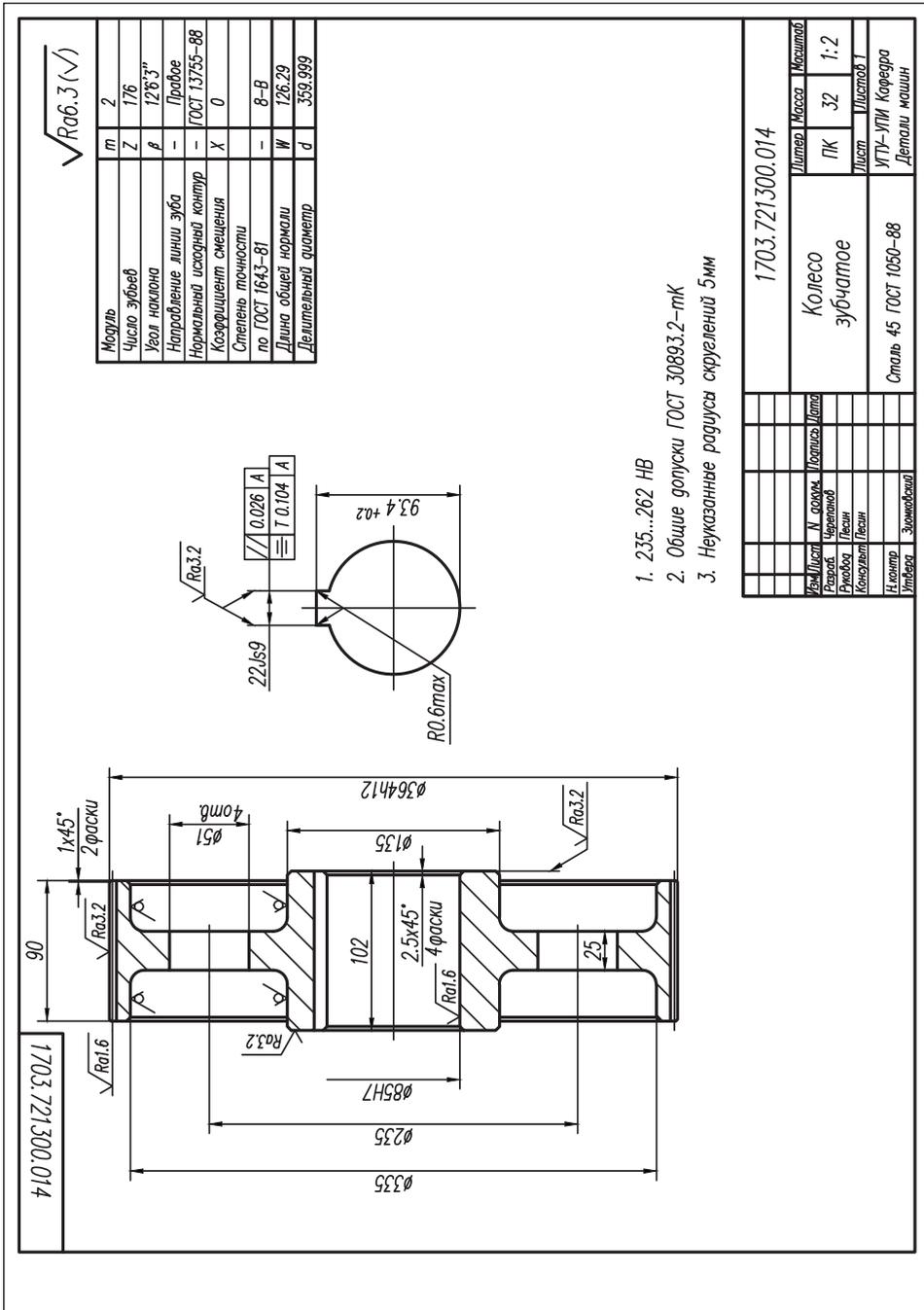


Рис. 5.14. Рабочий чертеж зубчатого цилиндрического колеса

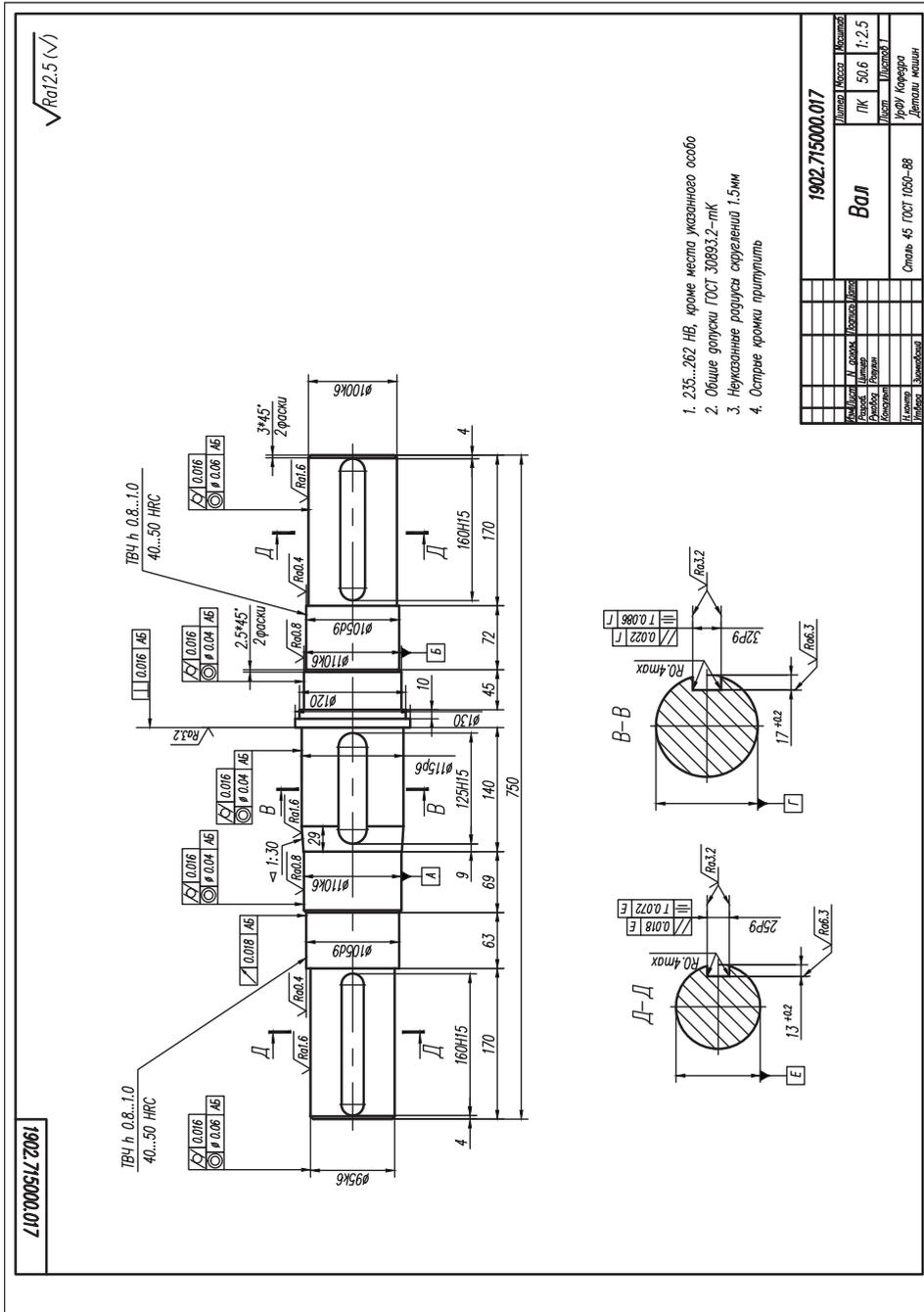


Рис. 5.15. Рабочий чертёж вала

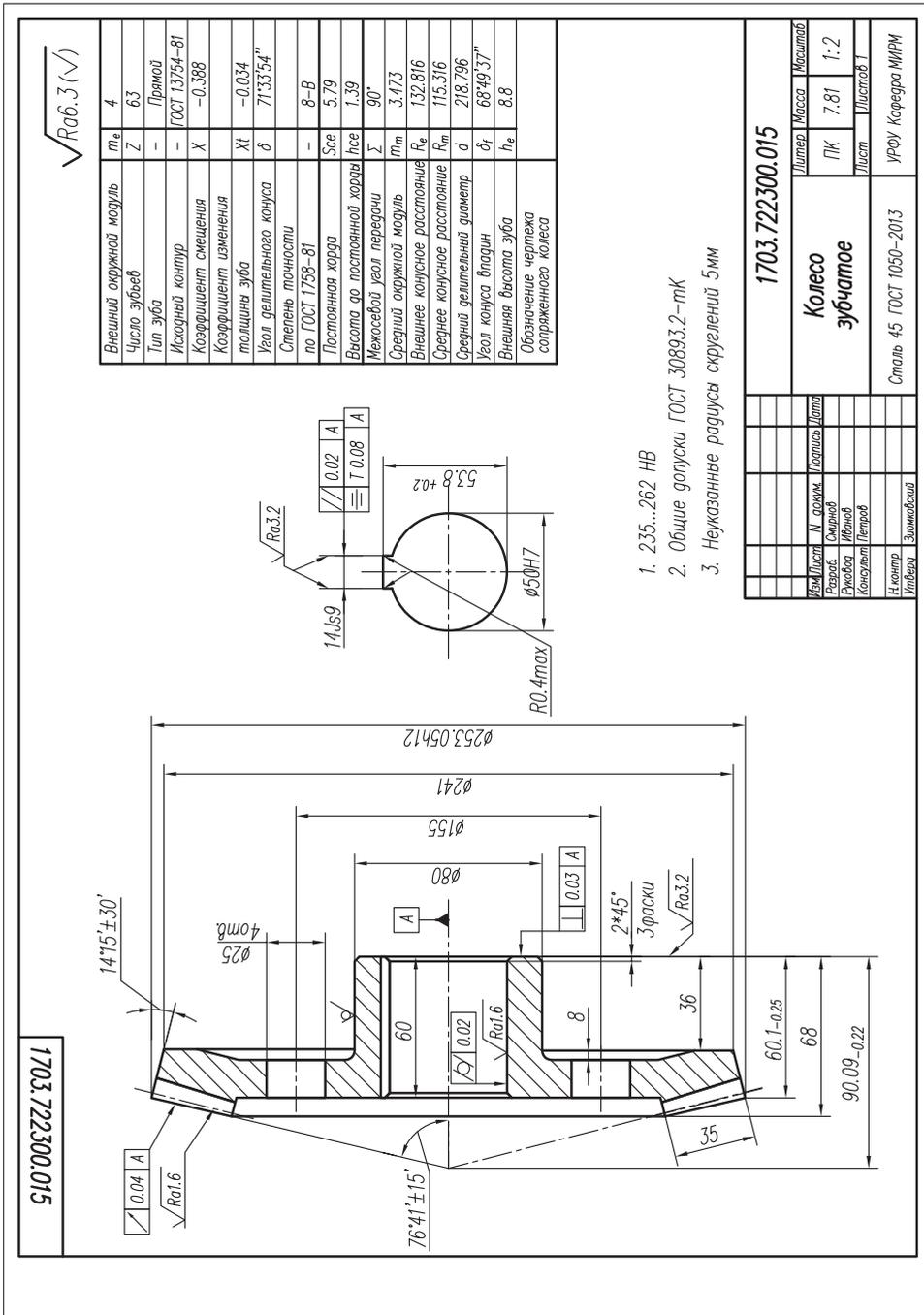


Рис. 5.15. Рабочий чертёж зубчатого конического колеса

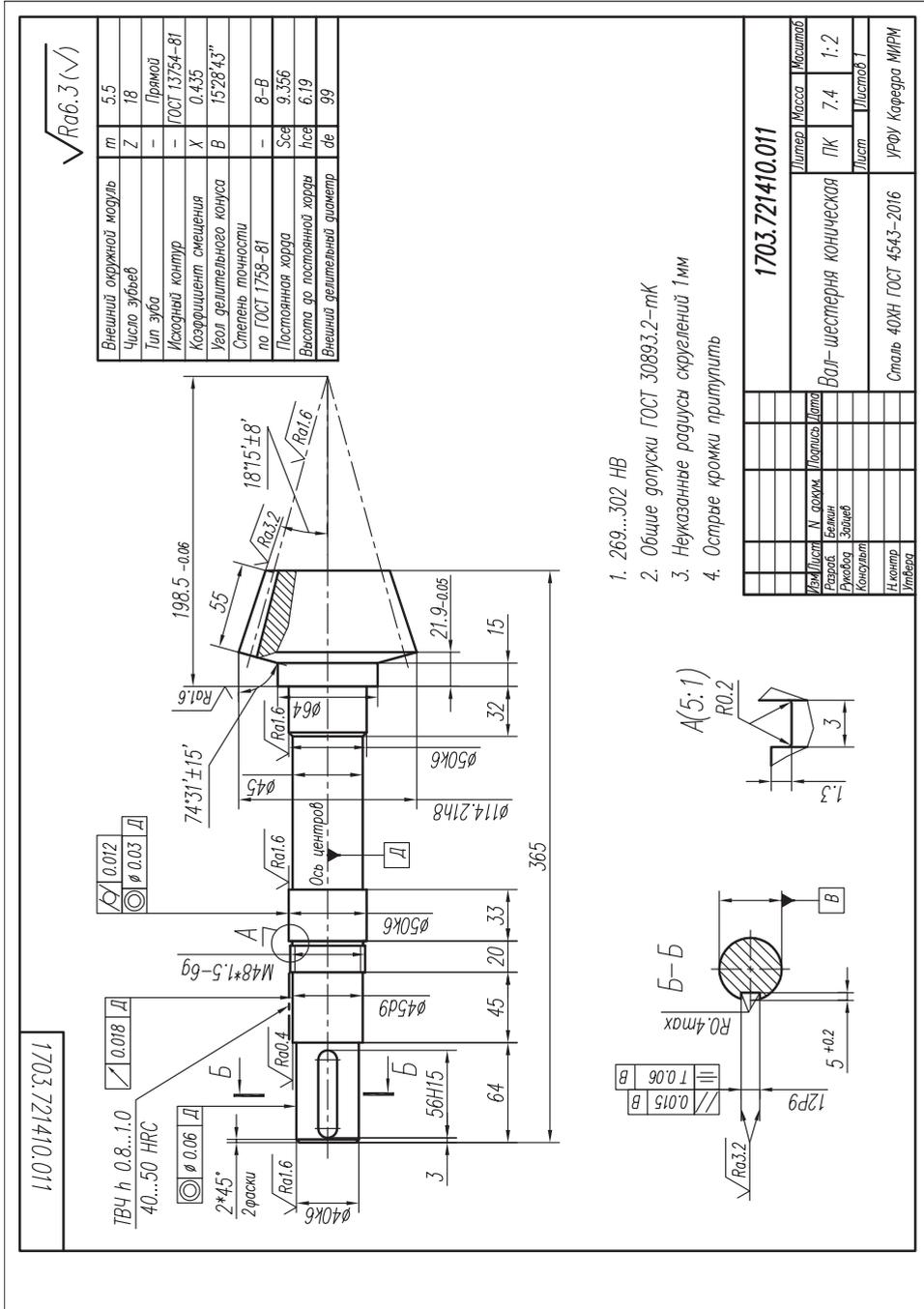


Рис. 5.16. Рабочий чертеж вала-шестерни конической

Примеры оформления рабочих чертежей валов и зубчатых колес показаны на рис. 5.14–5.18. На этих чертежах показываются: галтели, фаски, шпоночные пазы, заходные конусы, канавки и другие элементы конструкции вала. Заходные конусы и фаски используют для удобства монтажа при наличии посадок с натягом.

На рис. 5.19 показаны варианты центрирующих участков вала, применяемых при монтаже с натягом зубчатых колес. Заходный конус должен заканчиваться в зоне параллельных граней шпонки. Рекомендуемое расстояние от границы заходного конуса до осевой линии шпоночного паза $S_3 = 2...3$ мм. Вместо заходного конуса допускается использовать направляющий цилиндрический участок вала с полем допуска $d11$ (рис. 5.19, б).

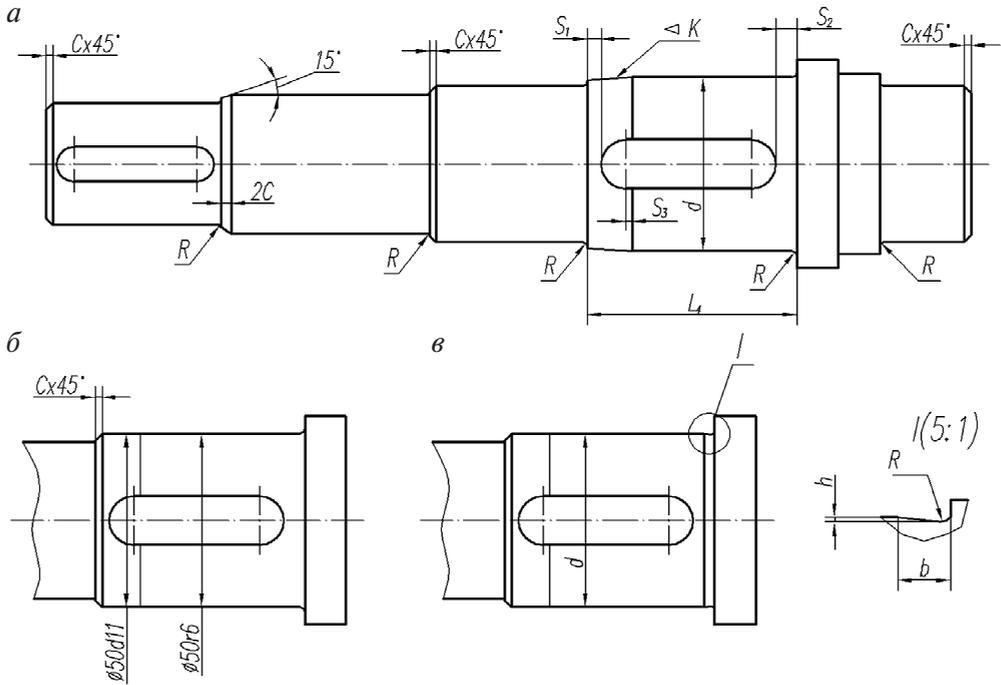


Рис. 5.19. Конструктивные элементы вала

a — заходный конус; *б* — заходный участок; *в* — канавка для выхода шлифовального круга

В качестве базовой поверхности участка вала, для размещения шпоночного паза, выбирают начало участка с той стороны, с которой на этот участок устанавливается деталь. Расстояние S_1 от базовой поверхности до начала шпоночного паза при диаметре участка $d < 30$ мм

рекомендуется принимать $S_1 = 2...3$ мм. Если $d \geq 30$ мм, то $S_1 = 4...5$ мм. Расстояние между второй границей шпоночного паза и окончанием участка выбирается из условия $S_2 \geq S_1$. Для уменьшения напряжений смятия, в шпоночном соединении стараются полностью использовать длину ступицы при размещении шпоночного паза. Это достигается за счет предварительного определения длины шпонки по формуле $L_{ш} = L_4 - 2S_1$ с последующим округлением $L_{ш}$ до ближайшего меньшего значения по ряду длин шпонок (прил. 7). Здесь L_4 — длина участка вала, на котором размещается шпоночный паз (рис. 5.19, а).

На хвостовиках валов, на которые детали устанавливаются по переходным посадкам, а также на участках под подшипники для облегчения монтажа выполняют фаски под углом 45° . Размер фаски C определяется в зависимости от диаметра участка вала по данным со с. 9 ($C = C_3$).

При установке манжеты с помощью специальных приспособлений, например монтажной втулки, можно применять фаску под углом 45° . Если приспособления не предусмотрены, следует использовать пологую фаску с углом 15° (см. рис. 5.19, а).

Для перехода от участка вала с диаметром D к участку с диаметром d используют галтели постоянного радиуса. Если на участок с меньшим диаметром устанавливается деталь, то, для плотного прилегания ее торца к буртику вала, радиус галтели предварительно рассчитывают по формуле

$$R = 0.6 r,$$

где r — размер фаски посадочного отверстия детали.

Для зубчатого колеса, шкива, звездочки, полумуфты размер фаски принимается по данным со с. 9. Если деталь не устанавливается, то R рассчитывают по формуле $R = 0.4 (D - d)$. Полученное значение R округляют до ближайшего числа из ряда 0.6; 1; 1.5; 2; 2.5; 3.

Если поверхность участка вала с меньшим диаметром получают шлифованием, то для выхода шлифовального круга выполняют канавку по рис. 5.19, в. Размеры канавок приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Размеры канавок, мм

d	b	h	R
Св. 10 до 50	3	0.25	0.5
Св. 50 до 100	5	0.5	0.5
Св. 100	8	0.5	1

При выполнении рабочих чертежей зубчатого колеса, червячного колеса, червяка или вала-шестерни в правом верхнем углу чертежа помещают таблицу параметров зубчатого или червячного венца. Пример такой таблицы показан на рис. 5.20. В случае проектирования прямозубого цилиндрического колеса, строки «Угол наклона» и «Направление линии зуба» из таблицы исключаются. Допускается в учебных проектах длину общей нормали не рассчитывать и вместо числа в соответствующей графе ставить прочерк.

The drawing shows a gear tooth profile with a table of parameters and surface texture specifications. The surface texture is indicated as $\sqrt{Ra12.5 (\checkmark)}$. The table contains the following data:

Модуль	m	2
Число зубьев	Z	80
Угол наклона	β	11°28'41"
Направление линии зуба	–	Правое
Нормальный исходный контур	–	ГОСТ 13755–88
Коэффициент смещения	X	0
Степень точности по ГОСТ 1643–81	–	8–В
Длина общей нормали	W	52.15
Делительный диаметр	d	163.265

Dimensions: The table is 7x10=70 units high. The width of the table is 65 units, with a 10-unit margin on the left and a 35-unit margin on the right. The surface texture symbol is 25 units high.

Рис. 5.20. Пример таблицы параметров зубчатого цилиндрического венца

Пример таблицы для конического прямозубого колеса приведен на рис. 5.21. Допускается в учебных проектах постоянную хорду зуба и высоту до постоянной хорды не рассчитывать и вместо числа в соответствующей графе ставить прочерк.

Пример таблицы для червячного колеса дан на рис. 5.22.

Внешний окружной модуль	m_e	
Число зубьев	Z	
Тип зуба	–	Прямой
Исходный контур	–	ГОСТ 13754–81
Коэффициент смещения	X	
Коэффициент изменения толщины зуба	Xt	
Угол делительного конуса	δ	
Степень точности по ГОСТ 1758–81	–	8–В
Постоянная хорда	Sc_e	
Высота до постоянной хорды	hsc_e	
Межосевой угол передачи	Σ	90°
Средний окружной модуль	m_m	
Внешнее конусное расстояние	R_e	
Среднее конусное расстояние	R_m	
Средний делительный диаметр	d	
Угол конуса впадин	δ_f	
Внешняя высота зуба	h_e	
Обозначение чертежа сопряженного колеса		

Рис. 5.21. Пример таблицы параметров зубчатого конического венца

Модуль	m	
Число зубьев	Z_2	
Направление линии зуба	–	Правое
Коэффициент смещения червяка	X	0
Исходный производящий червяк	–	ГОСТ 19036–81
Степень точности по ГОСТ 3675–81	–	7–В
Межосевое расстояние	a_w	
Делительный диаметр	d_2	
Вид червяка		ZA
Число витков червяка	Z_1	1
Обозначение чертежа сопряженного червяка		

Рис. 5.22. Пример таблицы параметров червячного колеса

5.5. Пояснительная записка

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4 и включает: элементы оформления, расчеты и список литературы. Первый лист документа — это титульный лист. Пример его выполнения приведен в прил. 8.

Пример оформления содержания приведен в прил. 8. В нем содержатся названия подразделов и разделов и номера страниц.

Основной текст пояснительной записки должен включать введение и расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции. Во введении дается краткая характеристика области и условий применения проектируемого привода. Перечень разделов расчетной части пояснительной записки приведен в содержании (прил. 8). В расчетной части приводятся формулы со ссылкой на источник из библиографического списка, расшифровываются параметры, используемые в формуле, с указанием размерности.

Ссылка заключается в квадратные скобки и должна содержать номер источника по библиографическому списку и указание страницы, на которой эта формула приведена в источнике (например: [4, с. 15]).

После записи формулы ставят знак равенства и подставляют в формулу числовые значения в том же порядке, в каком они приведены в формуле. Окончательный результат вычислений приводят без промежуточных операций и сокращений

$$T_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{17.53}{973} = 172.05 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Расчетные схемы, эпюры моментов, эскизы допускается выполнять средствами машинной графики или вручную. Их нумеруют арабскими цифрами в пределах всей записки, например: Рис. 1, Рис. 2 и т. д. Ссылки на рисунки в тексте записки оформляют по следующему образцу: «Как следует из рис. 2».

В состав расчетно-пояснительной записки входит также рецензия, примерное содержание которой показано в прил. 8.

Библиографический список

1. Баранов Г. Л. Проектирование одноступенчатого цилиндрического редуктора / Г. Л. Баранов. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 49 с.
2. Баранов Г. Л. Расчет деталей машин : учебное пособие / Г. Л. Баранов. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2007. 222 с.
3. Детали машин / В. Н. Ражиков [и др.]. Санкт-Петербург : Политехника, 2015. 695 с.
4. Дунаев П. Ф. Детали машин. Курсовое проектирование / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. Москва : Машиностроение, 2008. 560 с.
5. Ерохин М. Н. Детали машин / М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев. Москва : Транслог, 2018. 410 с.
6. Жуков К. П. Проектирование деталей и узлов машин / К. П. Жуков, Ю. Е. Гуревич. Москва : Машиностроение, 2014. 648 с.
7. Инженерные основы расчетов деталей машин / Ю. Е. Гуревич [и др.]. Москва : КноРус, 2013. 482 с.
8. Казанский Г. И. Детали машин : метод. указания по выполнению курсового проекта / Г. И. Казанский. Свердловск : УПИ, 1991. 50 с.
9. Курсовое проектирование деталей машин / С. А. Чернавский [и др.]. Москва : Машиностроение, 1988. 416 с.
10. Чернилевский Д. В. Детали машин и основы конструирования : учебник для вузов / Д. В. Чернилевский. Москва : Машиностроение, 2006. 656 с.
11. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин / А. Е. Шейнблит. Москва : Янтарный сказ, 2004. 455 с.

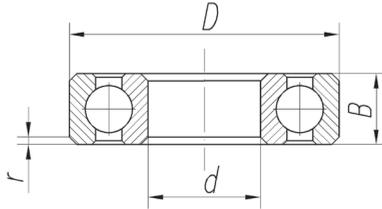
Приложения

Приложение 1. Подшипники

Размеры и технические характеристики подшипников приведены в табл. П1.1 и в табл. П1.2.

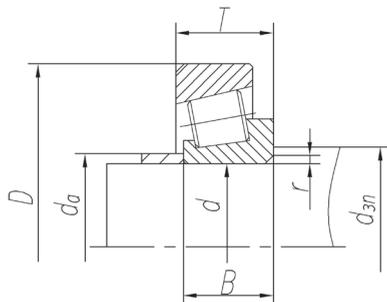
Таблица П1.1

Подшипники шариковые радиальные однорядные (ГОСТ 8338–75)



Обозначение	Легкая серия					Обозначение	Средняя серия				
	Размеры, мм						Размеры, мм				
	d	D	B	r	$d_{зп}$		d	D	B	r	$d_{зп}$
204	20	47	14	1.5	25...26	304	20	52	15	2	26...27
205	25	52	15	1.5	30...30.5	305	25	62	17	2	31...33
206	30	62	16	1.5	35...37	306	30	72	19	2	36...39
207	35	72	17	2	42	307	35	80	21	2.5	42...44
208	40	80	18	2	47...48	308	40	90	23	2.5	47...51
209	45	85	19	2	52...53	309	45	100	25	2.5	52...56
210	50	90	20	2	57...58	310	50	110	27	3.0	60...63
211	55	100	21	2.5	62...65	311	55	120	29	3.0	65...67
212	60	110	22	2.5	67...71	312	60	130	31	3.5	72...75
213	65	120	23	2.5	72...77	313	65	140	33	3.5	76...78
214	70	125	24	2.5	77...82	314	70	150	35	3.5	81...85
215	75	130	25	2.5	82...85	315	75	160	37	3.5	86...93
216	80	140	26	3.0	90...92	316	80	170	39	3.5	91...99
217	85	150	28	3.0	95...99	317	85	180	41	4.0	98...103
218	90	160	30	3.0	100...105	318	90	190	43	4.0	103...111
219	95	170	32	3.5	107...111	319	95	200	45	4.0	109...119
220	100	180	34	3.5	112...117	320	100	215	47	4.0	113...125
221	105	190	36	3.5	117...122	321	105	225	49	4.0	119...132
222	110	200	38	3.5	122...125	322	110	240	50	4.0	124...135
224	120	215	40	3.5	135	324	120	260	55	4.0	145
226	130	230	40	4.0	145	326	130	280	58	5.0	155
228	140	250	42	4.0	155	330	150	320	65	5.0	175
230	150	270	45	4.0	165						

**Подшипники роликовые конические однорядные повышенной грузоподъемности
(ГОСТ 27365–87)**



Обозначение	Размеры, мм						Грузоподъемность, кН		Диаметры заплечиков, мм	
	d	D	B	T_{\max}	r	r_1	C	C_0	$d_{зп}$	d_{\max}
Легкая серия										
7204A	20	47	14	15.5	1.5	0.5	26	16.6	26...30	26
7205A	25	52	15	16.5	1.5	0.5	29.2	21	31...35	31
7206A	30	62	16	17.5	1.5	0.5	38	25.5	36...41	37
7207A	35	72	17	18.5	2	0.8	48.4	32.5	42...48	43
7208A	40	80	18	20	2	0.8	58.3	40	47...55	48
7209A	45	85	19	21	2	0.8	62.7	50	52...61	53
7210A	50	90	20	22	2	0.8	70.4	55	57...65	58
7211A	55	100	21	23	2.5	0.8	84.2	61	64...72	63
7212A	60	110	22	24	2.5	0.8	91.3	70	69...79	69
7213A	65	120	23	25	2.5	0.8	108	78	74...86	75
7214A	70	125	24	26.5	2.5	0.8	119	89	79...90	80
7215A	75	130	25	27.5	2.5	0.8	130	100	84...96	85
7216A	80	140	26	28.5	3.0	1	140	114	90...105	90
Средняя серия										
7304A	20	52	15	16.5	2	0.8	31.9	20	27...33	27
7305A	25	62	17	18.5	2	0.8	41.8	28	32...41	33
7306A	30	72	19	21	2	0.8	52.8	39	37...47	38
7307A	35	80	21	23	2.5	0.8	68.2	50	44...53	43
7308A	40	90	23	25.5	2.5	0.8	80.9	56	49...60	50
7309A	45	100	25	27.5	2.5	0.8	101	72	54...68	56
7310A	50	110	27	29.5	3.0	1.0	117	90	60...74	62
7311A	55	120	29	32	3.0	1.0	134	110	65...81	67
7312A	60	130	31	34	3.5	1.2	161	120	72...90	73
7313A	65	140	33	36.5	3.5	1.2	183	150	77...96	80
7314A	70	150	35	38.5	3.5	1.2	209	170	82...100	85
7315A	75	160	37	40.5	3.5	1.2	229	185	87...108	91
7316A	80	170	39	42.5	3.5	1.2	255	190	92...118	97

Коды сборочных единиц по ЕСКД:

Редуктор цилиндрический	303110
Редуктор конический.....	303140
Редуктор червячный	303160
Редуктор коническо-цилиндрический	303141
Крышка-отдушина.....	305354
Маслоуказатель фонарный.....	305441

Коды деталей по ЕСКД:

Вал	715000
Вал-шестерня цилиндрическая	721420
Вал-шестерня коническая	721410
Колесо зубчатое цилиндрическое	721300
Колесо зубчатое коническое	722300
Звездочка роликовой цепи	751800
Шкив клиноременной передачи	711190
Крышка подшипника	711300
Основание корпуса редуктора.....	732110
Крышка корпуса редуктора	732180
Маслоуказатель жезловый.....	714522
Кольцо маслоотражательное	711345
Кольцо мазеудерживающее	711343
Пробка маслоспускного отверстия	713513
Втулка	713140
Стакан	713350
Прокладка регулировочная	754150

Приложение 2. Крышка смотрового отверстия

Конструкция и размеры крышки смотрового отверстия показаны на рис. П2.1 и в табл. П2.1.

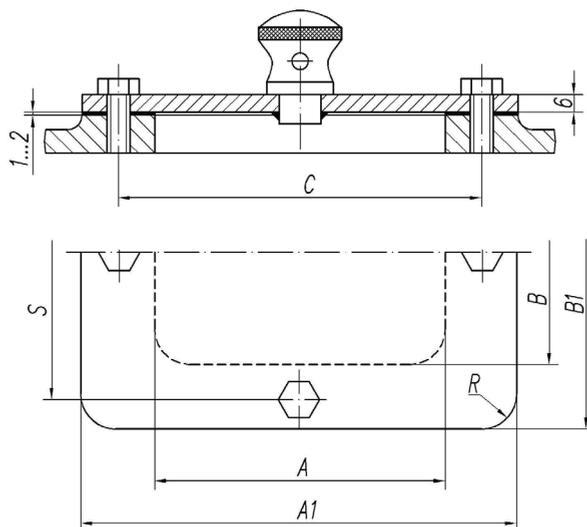


Рис. П2.1. Крышка смотрового отверстия

Таблица П2.1

Размеры крышки смотрового отверстия, мм

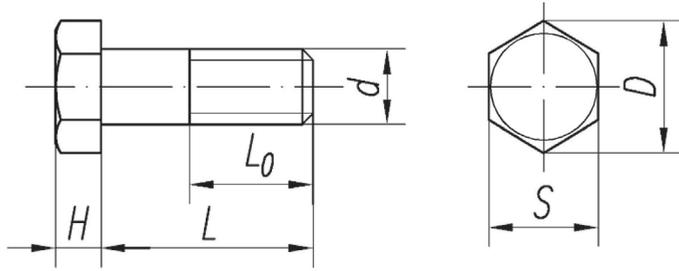
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A1</i>	<i>B1</i>	<i>C</i>	<i>S</i>	<i>R</i>	Размер болта	Число болтов
100	75	150	120	125	100	12	M8×22	4
150	100	190	140	175	120	12	M8×22	4
200	150	250	200	230	180	15	M10×22	6

Приложение 3. Крепежные изделия

Размеры болтов приведены в табл. ПЗ.1, гаек — ПЗ.2, шайб пружинных — ПЗ.3 и колец пружинных упорных наружных — ПЗ.4.

Таблица ПЗ.1

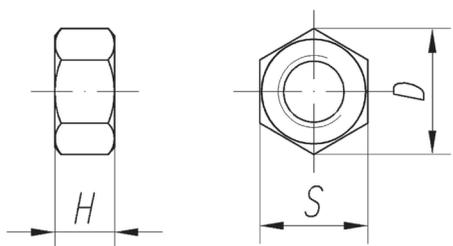
Болты с шестигранной головкой по ГОСТ 7798–70, исполнение 1



d	H	S	D	L	L_0
M6	4	10	10.9	14–75	14–18
M8	5.5	13	14.2	14–80	14–22
M10	7	17	18.7	20–200	20–32
M12	8	19	20.9	25–260	25–36
(M14)	9	22	24.0	25–300	25–40
M16	10	24	26.2	30–300	30–44
(18)	12	27	29.6	35–300	35–48
M20	13	30	33.3	40–300	40–52
(M22)	14	32	35.0	50–300	50–56
M24	15	36	39.6	50–300	50–60
(M27)	17	41	45.2	60–300	60–66
M30	19	46	50.9	60–300	60–72

Таблица П3.2

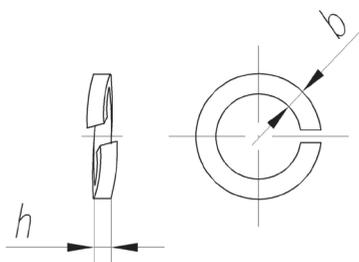
Гайки шестигранные по ГОСТ 5915–70, исполнение 1



d	H	S	D
M6	5	10	10.9
M8	6.5	13	14.2
M10	8	17	18.7
M12	10	19	20.9
(M14)	11	22	24.0
M16	13	24	26.2
(18)	15	27	29.6
M20	16	30	33.3
(M22)	18	32	35.0
M24	19	36	39.6
(M27)	22	41	45.2
M30	24	46	50.9

Таблица П3.3

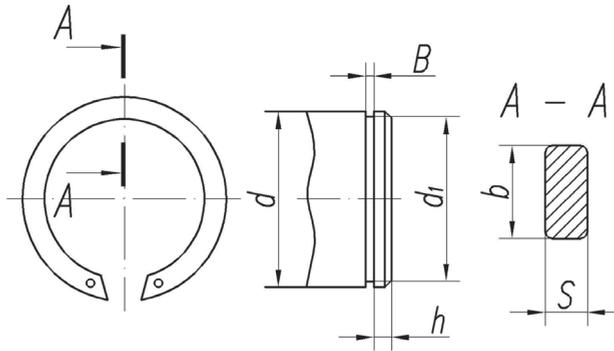
Шайбы пружинные нормальные по ГОСТ 6402–70



Диаметр резьбы	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27
$b = h$, мм	1.6	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	7

Таблица ПЗ.4

Кольца пружинные упорные наружные по ГОСТ 13940–86



Диаметр вала d , мм	Кольцо		Канавка			Осевое усилие, кН
	S	b	d_1	B	h_{\min}	
25	1.2	3.2	23.5	1.4	2.3	14.2
30	1.2	4.0	28.5	1.4	2.3	17.1
35	1.7	5.0	33.0	1.9	3.0	26.7
40	1.7	5.0	37.5	1.9	3.0	39.0
45	1.7	5.0	42.5	1.9	3.0	42.9
50	2.0	6.0	47.0	2.2	4.5	57.0
55	2.0	6.0	52.0	2.2	4.5	62.9
60	2.0	6.0	57.0	2.2	4.5	68.8
65	2.5	7.0	62.0	2.8	4.5	74.7
70	2.5	7.0	67.0	2.8	4.5	80.6
75	2.5	8.0	72.0	2.8	4.5	86.4
80	2.5	8.0	76.5	2.8	5.3	107
85	2.5	8.0	81.5	2.8	5.3	114
90	3.0	8.5	86.5	3.4	5.3	121
95	3.0	8.5	91.5	3.4	5.3	128
100	3.0	8.5	96.5	3.4	5.3	135

Размеры центрирующих штифтов принимают по табл. ПЗ.5 и рис. ПЗ.5.

Таблица ПЗ.5

Размеры штифтов, мм

<i>d</i>	4	5	6	8	10	12	16	20
<i>c</i>	0.63	0.8	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5
<i>a</i>	0.5	0.63	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5

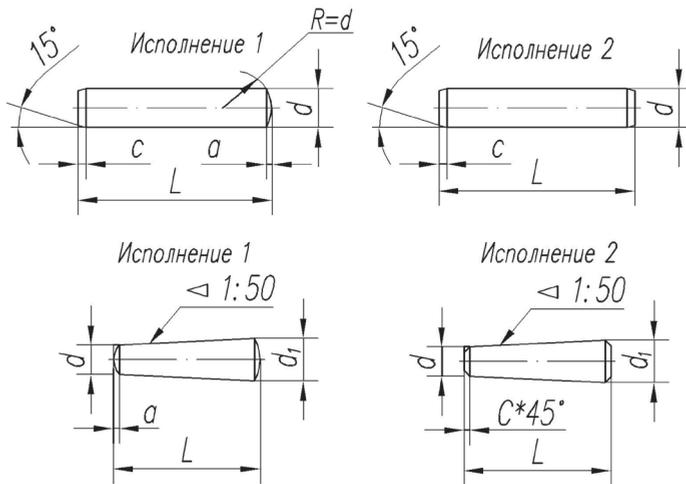


Рис. ПЗ.5. Штифты цилиндрические (ГОСТ 3128–70), конические (ГОСТ 3129–70)

Диаметр d_1 конического штифта определяется по формуле $d_1 = d + \frac{L}{50}$.

Предельные отклонения диаметров цилиндрических штифтов класса точности А — $т6 (h6)$, класса точности В — $h8 (h9)$.

Приложение 4. Крышки подшипниковых узлов

Для горизонтальных цилиндрических редукторов можно использовать либо торцовые, либо врезные крышки подшипниковых узлов. Для вертикальных редукторов с одной плоскостью разреза используют торцовые крышки. Конструкция глухой торцевой крышки приведена на рис. П4.1. Размеры стальных торцовых крышек даны в табл. П4.1, где приняты следующие обозначения: d_6 — диаметр болта крепления крышки; n_0 — число отверстий для крепления крышки. Остальные обозначения соответствуют рис. П4.1.

Параметр e_2 на рис. П5.1 принимают равным 1...2 мм, диаметр $d_2 = 0.85D$.

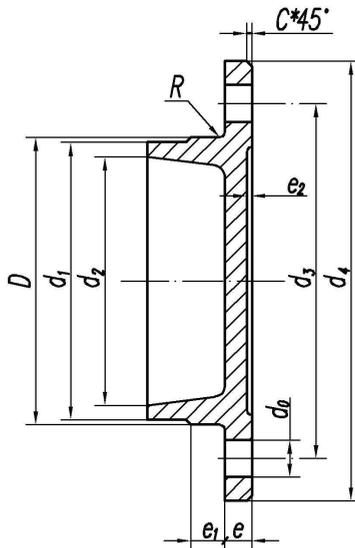


Рис. П4.1. Крышка глухая торцовая

Таблица П4.1

Размеры крышек глухих торцовых, мм

D	d_6	n_0	d_0	d_1	d_3	d_4	e	e_1	C	R
30–62	6	4	7	$D - 1$	$D + 2d_6$	$D + 4.5d_6$	6	8	1	0.6
63–95	8	4	9	$D - 1.5$			8	10	1.5	0.6
96–145	10	6	11	$D - 1.5$			10	12	2	0.6
150–220	12	6	13	$D - 2$			12	15	2	0.8

Конструкция сквозной торцевой крышки приведена на рис. П4.2. Размеры этих крышек даны в табл. П4.2. В табл. П4.2 приняты обозначения в соответствии с рис. П4.2.

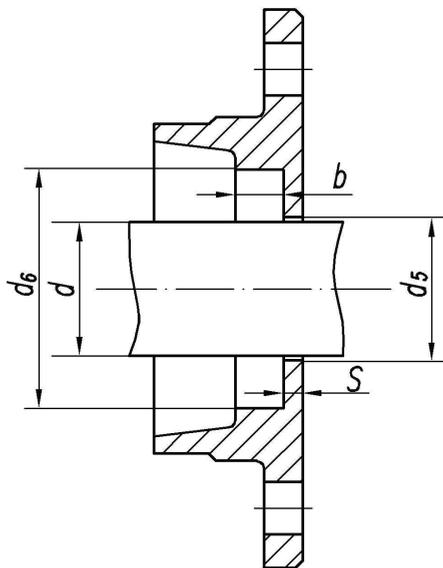


Рис. П4.2. Крышка сквозная

Таблица П4.2

Размеры крышек сквозных, мм

Диаметр вала d	d_5 , мм	S , мм
< 30	$d + 1$	2.5
30...60	$d + 1$	3
60...75	$d + 1$	3.5
75...100	$d + 2$	3.5
100...120	$d + 3$	4

Конструкция глухой врезной крышки приведена на рис. П4.3. Размеры врезных крышек даны в табл. П4.3.

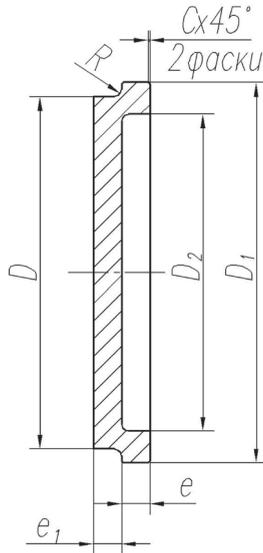


Рис. П4.3. Крышка глухая врезная

Таблица П4.3

Размеры крышек глухих врезных, мм

D	D_1	D_2	e	e_1	C	R
30...60	$D + e$	$(0.8...0.9)D$	5	$e_1 \geq e$	0.5	1.0
65...80			5		0.5	1.0
85...100			6		0.5	1.0
105...140			8		1.0	2.0
150...200			10		1.0	2.5

Диаметр d_6 равен наружному диаметру манжетного уплотнения $d_6 = D_y$, ширина гнезда b выбирается из условия $b \geq b_y$, где b_y — ширина уплотнения (табл. П4.4, рис. П4.4).

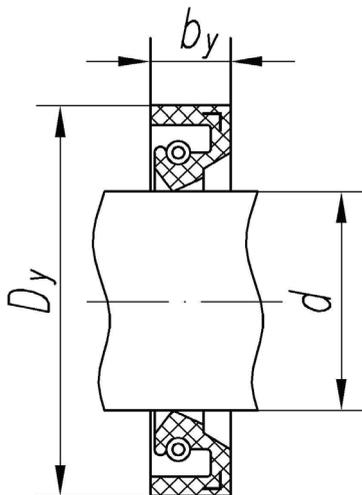


Рис. П4.4. Конструкция манжеты типа I (без пыльника)

Таблица П4.4

Манжеты резиновые, армированные по ГОСТ 8752–79

d , мм	D_y , мм	b_y , мм	d , мм	D_y , мм	b_y , мм
20	35; 37; 38	8; 10	50	70; 72; 75	10; 12
24	40; 42	10	55	80	10; 12
25	40; 42; 45	8; 10	60	75; 80; 82	10
28	45; 47; 50	10	65	80; 82; 85	10
30	45; 47; 50; 52	10	70	90; 95	10
32	45; 50; 58	10	75	95; 100	10
35	47; 50; 55; 58	10	80	100; 102	10
38	55; 58; 60; 62	10	85	105	12
40	55; 58; 60; 62	10	90	110	12
42	62; 65; 68	10	95	120	12
45	62; 65; 70	10	100	125	12
48	65; 70; 72	10	110	125; 135	12

Приложение 5. Маслоуказатель жезловый

Конструкция маслоуказателя жезлового, размеры и вариант его установки в корпусе редуктора показаны на рис. П5.1. Длина L выбирается конструктивно с учетом глубины погружения зубчатого колеса в масляную ванну (см. гл. 4).

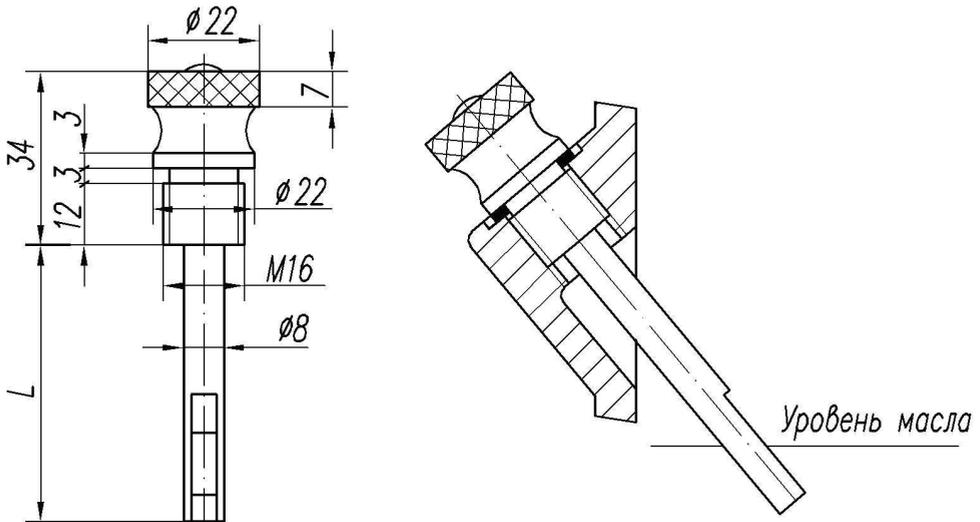


Рис. П5.1. Маслоуказатель жезловый

Приложение 6. Пробка к маслоспускному отверстию

Конструкция пробки, размеры и вариант ее установки в корпусе редуктора показаны на рис. Пб.1.

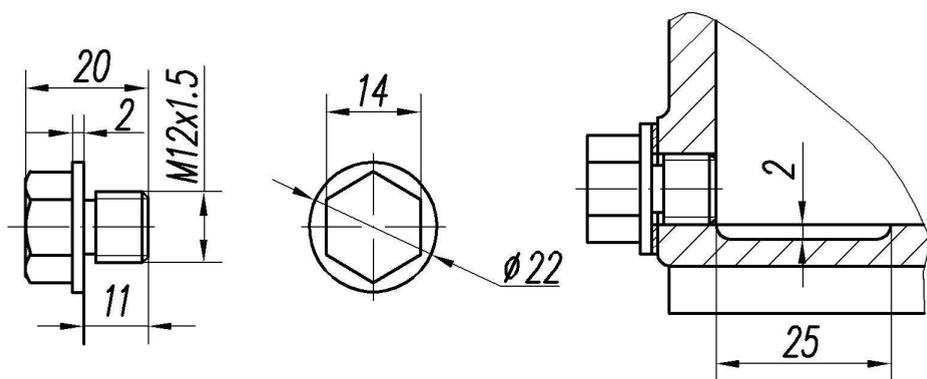


Рис. Пб.1. Пробка к маслоспускному отверстию

Приложение 7. Шпонки призматические

Размеры призматических шпонок и пазов для них приведены в табл. П7.1, где приняты следующие обозначения: t_1 — глубина шпоночного паза на валу; t_2 — глубина шпоночного паза в ступице (рис. П7.1). В указанных в табл. П7.1 диапазонах длину шпонки следует выбирать из ряда: 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 150; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360; 400; 450.

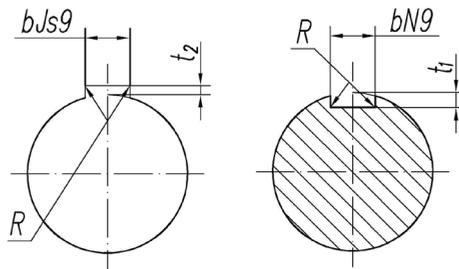


Рис. П7.1. Пазы шпоночные

Таблица П7.1

Размеры шпонок призматических и пазов, мм, по ГОСТ 23360–78

Диаметр вала d	Сечение шпонки		Глубина паза		Длина шпонок	Наибольший радиус R
	b	h	t_1	t_2		
Св. 12 до 17	5	5	3	2.3	10...56	0.25
Св. 17 до 22	6	6	3.5	2.8	14...70	
Св. 22 до 30	8	7	4	3.3	18...90	
Св. 30 до 38	10	8	5	3.3	22...110	0.4
Св. 38 до 44	12	8	5	3.3	28...140	
Св. 44 до 50	14	9	5.5	3.8	36...160	
Св. 50 до 58	16	10	6	4.3	45...180	0.6
Св. 58 до 65	18	11	7	4.4	50...200	
Св. 65 до 75	20	12	7.5	4.9	56...220	
Св. 75 до 85	22	14	9	5.4	63...250	1.0
Св. 85 до 95	25	14	9	5.4	70...280	
Св. 95 до 110	28	16	10	6.4	80...320	
Св. 110 до 130	32	18	11	7.4	90...360	
Св. 130 до 150	36	20	12	8.4	100...400	
Св. 150 до 170	40	22	13	9.4	100...400	

Рекомендуются следующие допуски на ширину шпоночного паза: для вала $N9$; для ступицы J_s9 (рис. П7.1). Допуск на глубину шпоночного паза $+0.2$, на длину шпоночного паза — $H15$. На валу глубину шпоночного паза задают либо с помощью размера t_1 , либо величины $d - t_1$, в ступице — величины $d+t_2$.

Приложение 8. Примеры оформления листов пояснительной записки

Пример оформления титульного листа



**Уральский
федеральный
университет**
имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ)
Институт новых материалов и технологий
Кафедра МИРМ

Оценка _____

Руководитель проектирования
_____ И. О. Фамилия

Члены комиссии:

Дата защиты _____

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА к проекту по модулю Основы общинженерных знаний

тема: Привод технологической машины

Задание № _____, вариант № _____

Студент: _____ (ФИО) _____ (Подпись)

Группа: _____

Екатеринбург
2018

Пример оформления содержания

Содержание	
Задание на проектирование	
Введение	
1. Выбор электродвигателя и расчет основных параметров привода.....	
1.1. Расчет требуемой мощности	
1.2. Выбор электродвигателя.....	
1.3. Общее передаточное число привода, распределение его по передачам	
1.4. Частоты вращения валов	
1.5. Мощности, передаваемые валами.....	
1.6. Крутящие моменты на валах	
2. Расчет зубчатой передачи.....	
2.1. Выбор материалов зубчатых колес и способов термообработки	
2.2. Расчет допускаемых напряжений	
2.3. Проектный расчет передачи.....	
2.4. Проверочный расчет передачи.....	
3. Расчет ременной или цепной передачи	
4. Расчет и проектирование валов	
4.1. Проектный расчет валов.....	
4.2. Эскизная компоновка и составление расчетных схем валов	
4.3. Определение опорных реакций.....	
4.4. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов	
4.5. Уточненный расчет валов.....	
5. Выбор подшипников качения	
6. Проверка шпонок на смятие.....	
7. Определение размеров корпуса редуктора	
8. Смазка.....	
8.1. Смазка зубчатых колес, выбор сорта масла, количество, контроль уровня масла	
8.2. Смазка подшипников	
9. Расчет ременной (цепной) передачи	
10. Уплотнительные устройства	
Заключение	
Библиографический список	

Основная надпись по форме 2а

Пример рецензии

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

РЕЦЕНЗИЯ

на проект по модулю
Основы общеинженерных знаний

Тема: Привод технологической машины

Задание № _____, вариант № _____

Студент _____ группа _____

Работа соответствует целям и задачам проектирования

Проект выполнен самостоятельно

Основные разделы достаточно глубоко проработаны

Общая грамотность и качество оформления текстовых документов и графических материалов соответствует предъявляемым требованиям

Замечания по работе

Общая оценка работы

Рецензент _____ Фамилия И. О.

Дата _____

Пример оформления бланка задания



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ)
Институт новых материалов и технологий
Кафедра «Детали машин»

Задание №

на проект по модулю *Основы общинженерных знаний*

Вариант № _____

Студент _____ группа _____

специальность/направление подготовки _____

Тема проекта: Привод технологической машины

Содержание проекта, в том числе состав графических работ и расчетов

Номер раздела	Наименование раздела
1	Расчет кинематических и энергетических параметров привода
2	Расчет и проектирование одноступенчатого цилиндрического редуктора
3	Расчет передачи гибкой связью
4	Сборочный чертеж редуктора со спецификацией
5	Рабочие чертежи зубчатого колеса и тихоходного вала редуктора
6	Оформление пояснительной записки

Дополнительные сведения

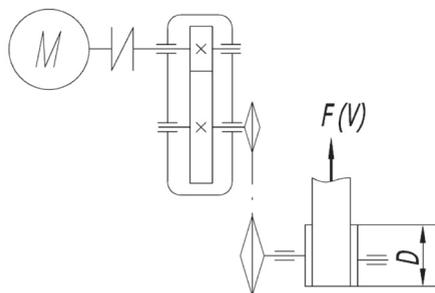


Схема привода

Исходные данные

1. Тяговое усилие F кН
2. Скорость ленты V м/с
3. Диаметр барабана D мм
4. Режим работы
5. Срок службы
6. Коэффициенты использования привода:
в течение года
в течение суток
7. Тип зубчатой передачи
8. Тип цепи — ПР

План выполнения проекта

Номера разделов	Сроки	Примечания	Отметка о выполнении
1, 2, 3	28.02.2018		
4	30.03.2018		
5	15.04.2018		
6	10.05.2018		

Руководитель _____ И. О. Фамилия

Приложение 9. Ручка-отдушина

Конструкция и размеры ручки-отдушины представлены на рис. П9.1.

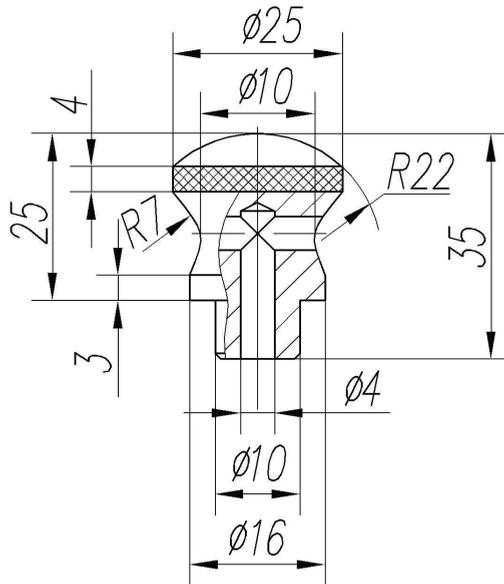


Рис. П9.1. Ручка-отдушина

Оглавление

Введение	3
1. Проектирование одноступенчатого цилиндрического редуктора	4
1.1. Проектирование тихоходного вала.....	5
1.2. Проектирование быстроходного вала	7
1.3. Конструирование цилиндрических зубчатых колес	9
1.4. Проектирование опор валов	11
1.5. Расчет элементов корпуса редуктора.....	13
2. Проектирование одноступенчатого конического редуктора	19
2.1. Тихоходный вал.....	20
2.2. Коническое колесо.....	21
2.3. Вал-шестерня коническая	21
2.4. Опоры вала-шестерни.....	22
2.5. Опоры вала колеса	25
2.6. Корпус редуктора	27
3. Проектирование одноступенчатого червячного редуктора	30
3.1. Тихоходный вал.....	31
3.2. Червячное колесо	31
3.3. Опоры вала червячного колеса	33
3.4. Вал червяка	33
3.5. Опоры червяка	36
3.6. Корпус редуктора	38
4. Смазка зубчатых передач и подшипников	41

Учебное издание

Баранов Георгий Леонидович
Песин Юрий Вольфович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ**

Редактор И. В. Меркурьева
Верстка О. П. Игнатъевой

Подписано в печать 05.03.2019. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 8,1.
Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 40 экз. Заказ 22

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: +7 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

