

Министерство образования и науки РФ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

РЕДУКТОРЫ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Теория машин, механизмов и детали машин»,
«Детали машин и основы конструирования»
для студентов специальностей:
26.05.05 «Судовождение»,
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»
всех форм обучения

Севастополь
2015

УДК 531

Редукторы: Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине **«Теория машин, механизмов и детали машин»** и **«Детали машин и основы конструирования»** для студентов специальностей: 26.05.05 «Судовождение», 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок всех форм обучения/

Сост. А.В. Неменко – Севастополь: Изд – во СевГУ, 2015. - 52 с.

Целью указаний является оказание помощи студентам при выполнении комплексной лабораторной работы по изучению: конструкций редукторов различного типа (цилиндрических, конических, червячных) и методики оценки их нагрузочной способности.

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой курса «Теория машин, механизмов и детали машин», рассмотрены и утверждены на заседании кафедры технической механики и машиноведения «29» июня 2015 г., протокол № 6

Допущено учебно – методическим центром СевГУ в качестве методических указаний

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Техническая механика и машиноведение»,
кандидат технических наук, доцент В.И. Пахалюк;

кандидат технических наук,
профессор кафедры «Технология машиностроения» А.О. Харченко

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Редуктор цилиндрический.....	9
2. Редуктор конический.....	14
3. Редуктор червячный.....	19
4. Контрольные вопросы.....	24
Библиографический список.....	25
Приложение А. Справочные материалы.....	26
Приложение Б. Чертежи редукторов.....	37
Приложение В. Виды и система условных обозначений подшипников качения.....	47
Приложение Г. Титульный лист.....	51

ВВЕДЕНИЕ

В приводах производственных машин частота вращения элементов исполнительного органа, как правило, не равна частоте вращения выходного вала двигателя. Для согласования энерго – кинематических параметров «входа – выхода» привода применяют узлы, преобразующие движение, композиция которых определяется передаточной функцией привода.

В случае, когда эта функция направлена на понижение частоты вращения, узел называется редуктором (от лат. *reductor* – отводящий назад, понижающий).

В редукторах применяют различные типы передач: цилиндрические (прямозубые, с наклонным зубом, шевронные), конические, червячные и другие.

Цилиндрическая зубчатая передача (рисунок 1) осуществляет движение между параллельными осями. Колеса, ее образующие, имеют начальные и делительные поверхности в виде цилиндров.

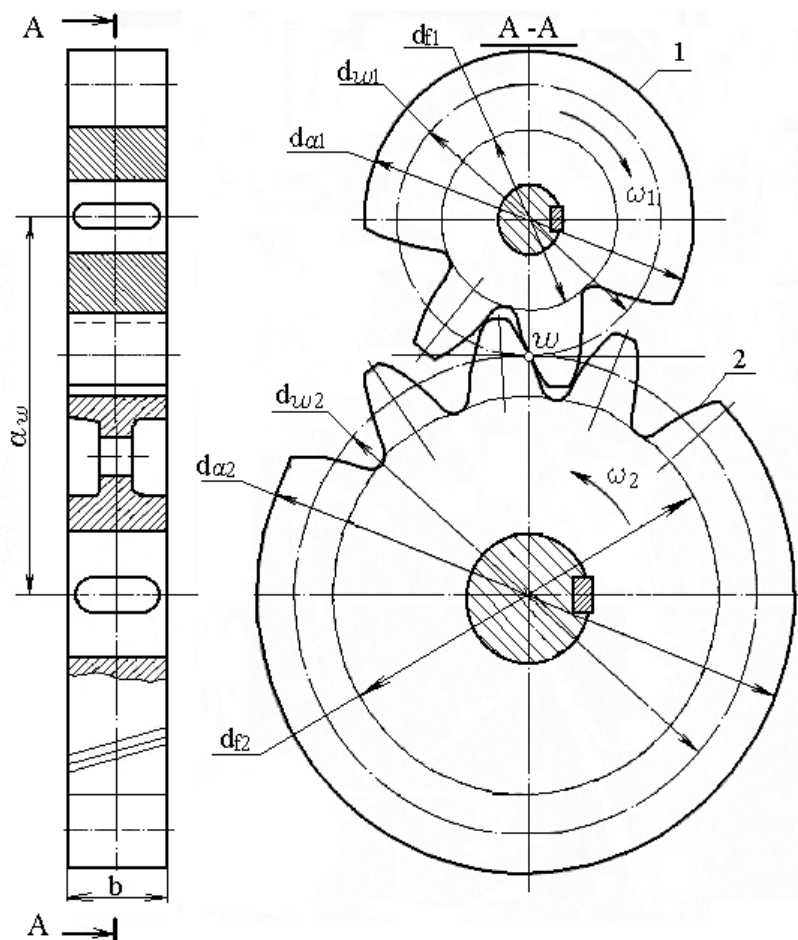


Рисунок 1 – Передача цилиндрическая:
1 – колесо ведущее; 2 – колесо ведомое

Коническая зубчатая передача (рисунок 2) осуществляет передачу движения между пересекающимися осями. У зубчатых колес конической передачи начальные и делительные поверхности – конусы.

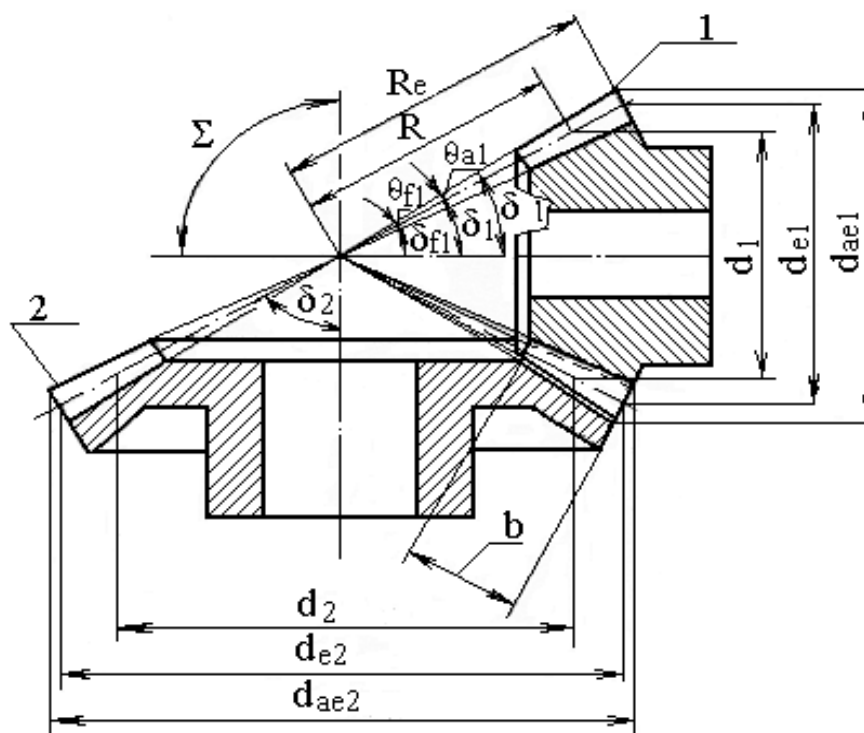


Рисунок 2 – Передача коническая:
1 – колесо ведущее; 2 – колесо ведомое

Передача червячная передает движение между валами со скрещивающимися осями. Передача состоит из червяка и червячного колеса (рисунок 3).

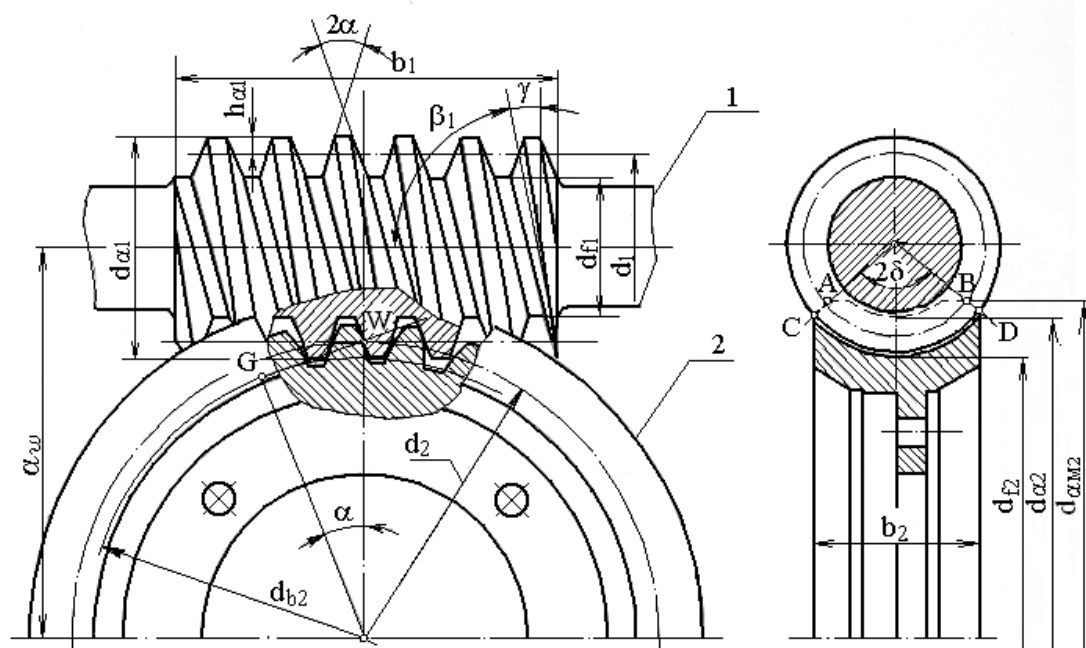


Рисунок 3 – Передача червячная: 1 – червяк; 2 – колесо червячное

Червячные передачи дают возможность получения большого передаточного отношения, плавность и бесшумность работы, а также возможность самоторможения. Различают передачи с цилиндрическими (делительная поверхность червяка – цилиндрическая) и глобоидными (делительная поверхность червяка является частью вогнутой поверхности тора) червяками.

При передаче движения червячное колесо вступает в зацепление с витками червяка. Угол наклона зуба червячного колеса равен углу подъема γ линии витков червяка.

Опоры валов (рисунок 1.13) служат для их поддержания и обеспечения стабильной работы передачи.

Подшипники обеспечивают перемещение вала в опоре.

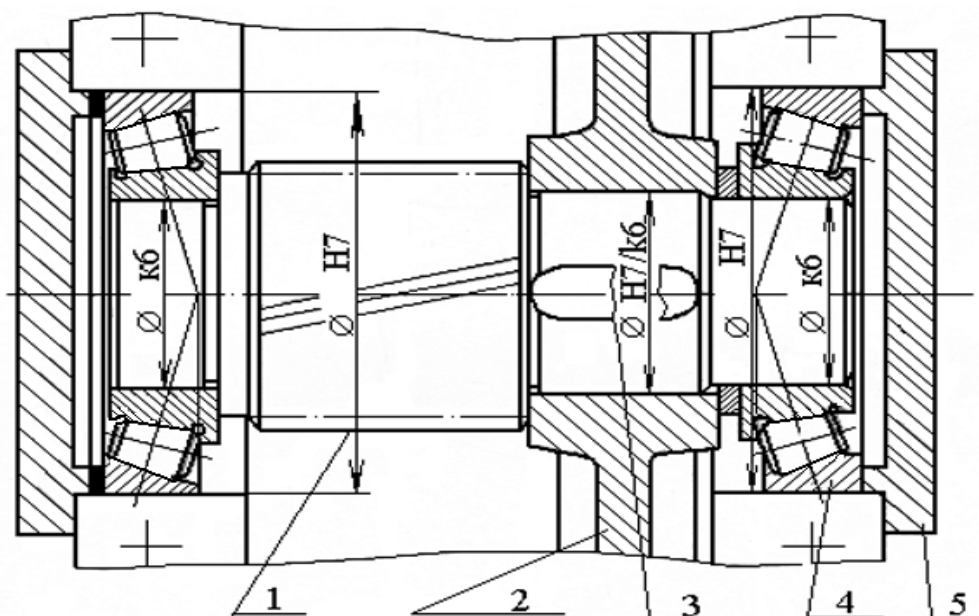


Рисунок 4 – Вал с опорами: 1– вал–шестерня; 2 – колесо;
3 – шпонка; 4 – подшипник; 5 – крышка подшипника

Элементы зацепления в силовых передачах выполняют из сталей, чугунов, сплавов цветных металлов, а также неметаллических конструкционных материалов (металлокерамика, пластмассы и т.д.).

Распространение получили передачи со стальными колесами, поверхности которых подвергнуты упрочнению. Для ответственных, тяжело нагруженных с ограниченными габаритами передач рабочие поверхности зубьев упрочняют до твердости $HV > 400$. При этом сердцевина остается более мягкой, пластичной.

Упрочнение поверхности производится: закалкой токами высокой частоты (колеса с $m > 5$ HRC 45...55), цементацией (HRC 50...62), нитроцементацией (HRC > 56) и азотированием (HRC 50...60).

Закалка токами высокой частоты (т.в.ч.) по контуру зуба более производительна, чем цементация и азотирование, но технологически сложнее.

Цементация, нитроцементация и азотирование позволяют получать колеса с большей нагрузочной способностью, но при этом повышается хрупкость материала и снижается сопротивление ударам.

Малоответственные передачи без ограничения габаритов колеса подвергают объемной закалке с высоким отпускком (зубья имеют по всему сечению одинаковую твердость $HB \leq 350$). Применяется также поверхностная закалка (HRC 40...50), отжиг ($HB \leq 350$), нормализация ($HB \leq 350$) и улучшение ($HB \leq 350$).

Твердость рабочих поверхностей зубьев ведущего колеса должна быть больше на (30...50) единиц HB во избежание заедания.

В малоответственных открытых передачах возможно применение чугуновых колес, которые имеют меньшую склонность к заеданию и дешевле остальных. Но чугунные колеса не выдерживают ударных нагрузок.

Для венцов червячных колес используют сплавы цветных металлов (оловянные и безоловянные бронзы, а также латунь и серый чугун).

Для изготовления валов применяют среднеуглеродистые легированные конструкционные стали. Рабочие тела подшипников качения (шарики и ролики) изготавливают из специальных подшипниковых сталей, обладающих повышенной износостойкостью и прочностью при переменных напряжениях (твердость поверхности после термообработки 62...66 HRC).

Литые детали (корпусы, крышки, шкивы) изготавливают из литейных сталей, сплавов цветных металлов и чугунов.

Крепежные и другие метизные изделия выполняют из углеродистых сталей и цветных сплавов.

При передаче движения зубчатыми колесами усилия от одного элемента к другому передается посредством зубьев, последовательно вступающих в зацепление.

Выход из строя колес из-за разрушения рабочих поверхностей зубьев происходит в том случае, когда фактические напряжения в зоне контакта превышают допускаемые величины для данного материала колес.

Контактное напряжение σ_H (МПа) в полюсе зацепления равно

$$\sigma_H = \sigma_{H0} \cdot (K_H)^{1/2}, \quad (1)$$

где σ_{H0} – контактное напряжение без учета дополнительных нагрузок (динамических и от неравномерности распределения), МПа; K_H – коэффициент нагрузки.

Величину контактного напряжения σ_{H0} (МПа) в зависимости от: окружного усилия F_t (Н) на делительном цилиндре в торцовом сечении, делительного диаметра d_1 ведущего элемента, рабочей ширины b_w венца контактирующих элементов и передаточного числа устанавливают по следующей зависимости

$$\sigma_{H0} = Z_E \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot Z_\beta \cdot [F_t \cdot (u+1) / (b_w \cdot d_1 \cdot u)]^{1/2}, \quad (2)$$

где Z_E – коэффициент, учитывающий механические свойства материалов сопряженных зубчатых колес; Z_H – коэффициент, учитывающий форму сопряженных поверхностей зубьев в полюсе зацепления (влияние радиусов кривизны боковых поверхностей и переход от окружной силы на дели-

тельном цилиндре на нормальную на начальном цилиндре); Z_ε – коэффициент, учитывающий суммарную длину контактных линий; Z_β – коэффициент, учитывающий наклон зуба.

Окружное усилие F_t (Н) равно

$$F_t = 0,5 \cdot T \cdot d, \quad (3)$$

где T – вращающий момент, Н·м.

Коэффициент нагрузки K_H равен

$$K_H = K_{Hv} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha}, \quad (4)$$

где K_{Hv} – коэффициент, учитывающий внутреннюю динамическую нагрузку; $K_{H\beta}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий; $K_{H\alpha}$ – коэффициент, учитывающий распределение нагрузки между зубьями.

Допускаемое контактное напряжение σ_{HP} (МПа), не вызывающее опасной контактной усталости материала при минимальном запасе прочности S_{Hmin} , равно

$$\sigma_{HP} = \sigma_{Hlim} \cdot Z_L \cdot Z_R \cdot Z_v \cdot Z_w \cdot Z_X / S_{Hmin}, \quad (5)$$

где σ_{Hlim} – предел контактной выносливости поверхностей зубьев, МПа;
 Z_L – коэффициент, учитывающий влияние вязкости смазочного материала;
 Z_R – коэффициент, учитывающий шероховатость поверхностей зубьев;
 Z_v – коэффициент, учитывающий влияние окружной скорости;
 Z_w – коэффициент, учитывающий влияние твердости поверхностей зубьев;
 Z_X – коэффициент, учитывающий размер зубчатого колеса.

Нагрузочная способность передачи характеризуется мощностью P (кВт), которую она может передать. Мощность устанавливают на основании частоты вращения n (об/мин) ведомого элемента передачи и вращающего момента T (Н·м) на нем.

При работе механизма происходят потеря мощности, которая отражается коэффициентом полезного действия η_m .

Потери обуславливают превышение требуемой мощности $P_{тр}$ по отношению к потребляемой (рабочей) P_p

$$P_{тр} = P_p / \eta_m, \quad (6)$$

где $P_p = 105 \cdot 10^{-6} \cdot T \cdot n$

Зависимость между частотами вращения входного вала передачи $n_{вх}$ и выходного вала $n_{вых}$ определяет передаточное отношение i передачи

$$i = n_{вх} / n_{вых} \quad (7)$$

1. Лабораторная работа. РЕДУКТОР ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ

1. Цель работы.

Целью работы является изучение особенностей конструкции и нагрузочной способности цилиндрического редуктора.

2. Содержание работы.

Изучение конструкции цилиндрического редуктора. Установление параметров передачи редуктора и оценка его нагрузочной способности

3. Порядок выполнения работы:

- 3.1. Ознакомится с исследуемым образцом редуктора.
- 3.2. Провести структурный анализ исследуемого редуктора
- 3.3. Составить спецификацию.
- 3.4. Составить кинематическую схему исследуемого редуктора.
- 3.5. Произвести необходимые замеры, заполнить таблицы и рассчитать параметры передачи исследуемого редуктора.
- 3.6. Рассчитать нагрузочную способность исследуемого редуктора.

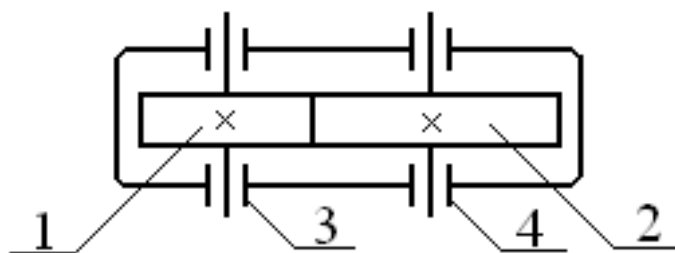


Рисунок – Схема редуктора цилиндрического: 1 – ведущий элемент (колесо цилиндрическое); 2 – ведомый элемент (колесо цилиндрическое); 3 – подшипники ведущего элемента; 4 – подшипники ведомого элемента

Таблица 1 - Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790

Продолжение таблицы 1

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890

Продолжение таблицы 1

№ варианта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990

Таблица 2 – Параметры передачи и ее нагрузочная способность

Искомая величина	Обозначение величины	Формула, источник	Результат	Обозначение единицы измерения
Параметры исходного контура по ГОСТ 13754-81				
1) Угол профиля	α	$\alpha=20^\circ$		град.
2) Коэффициент высоты головки	h_a^*	$h_a^*=1$		
3) Коэффициент радиально-го зазора	c^*	$c^*=0,25$		
Геометрические параметры передачи				
4) Межосевое расстояние: - измеренное - уточненное	a'_w a_w	Таблица А.1		мм
5) Ширина зубчатых колес: - ведущего - ведомого	b_1 b_2	Примечание – Полученные результаты измерений согласовать с таблицей А.2		мм
6) Длина зубьев колес: - ведущего - ведомого	l_1 l_2	Примечание – Полученные результаты измерений согласовать с таблицей А.2		мм
7) Диаметры впадин зубьев: - ведущего колеса - ведомого колеса	d_{f1} d_{f2}			мм
8) Число зубьев колес: - ведущего - ведомого - суммарное	z_1 z_2 z_Σ	$z_\Sigma=(z_1 + z_2)$		
9) Передаточное число	u	$u=z_2/z_1$		
10) Коэффициент ширины колеса: а) относительно межосевого расстояния - расчетный - уточненный б) относительно диаметра	ψ'_{ba} ψ_{ba} ψ_{bd}	$\psi'_{ba1}=b_1/a_w$ Таблица А.3 $\psi_{bd}=0,5 \cdot \psi_{ba} \cdot (u+1)$		

Продолжение таблицы 2

11) Угол наклона зубьев	β	$\beta = \arccos(b_1/l_1)$		град.
12) Модуль зацепления : расчетное значение уточненное значение	m' m	$m' = 2 \cdot a_w \cdot \cos \beta / z_\Sigma$ Таблица А.4		мм
13) Межосевое расстояние передачи (делительное)	a	$a = 0,5 \cdot z_\Sigma \cdot m / \cos \beta$		мм
14) Делительные диаметры: - ведущего колеса - ведомого колеса	d_1 d_2	$d_1 = z_1 \cdot m / \cos \beta$ $d_2 = z_2 \cdot m / \cos \beta$		мм
15) Коэффициенты смещения исходного контура колес: - ведущего - ведомого - суммарный	x_1 x_2 x_Σ	$x_1 = 0,5 \cdot (d_{f1} - d_1 + 2 \cdot h_a^* \cdot m + 2 \cdot c^* \cdot m) / m$ $x_2 = 0,5 \cdot (d_{f2} - d_2 + 2 \cdot h_a^* \cdot m + 2 \cdot c^* \cdot m) / m$ $x_\Sigma = x_1 + x_2$		
16) Коэффициенты смещения передачи: - воспринимаемый - уравнивающий	y Δy	$y = (a_w - a) / m$ $\Delta y = (x_\Sigma - y)$		
17) Начальные диаметры: - ведущего колеса - ведомого колеса	d_{w1} d_{w2}	$d_{w1} = 2 \cdot a_w / (u + 1)$ $d_{w2} = 2 \cdot a_w \cdot u / (u + 1)$		мм
18) Диаметры окружностей вершин зубьев колес передачи: - ведущего колеса - ведомого колеса	d_{a1} d_{a2}	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot (h_a^* + x_1 - \Delta y) \cdot m$ $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot (h_a^* + x_2 - \Delta y) \cdot m$		мм
Кинематические параметры передачи				
19) Частота вращения: - ведущего колеса - ведомого колеса	n_1 n_2	Таблица 1 $n_2 = n_1 / u$		об/мин
20) Угловая скорость валов: - ведущего колеса - ведомого колеса	ω_1 ω_2	$\omega_1 = \pi \cdot n_1 / 30$ $\omega_2 = \omega_1 / u$		рад/с
21) Окружная скорость: - ведущего колеса - ведомого колеса	v_1 v_2	$v_1 = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot d_{w1}$ $v_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_2 \cdot d_{w2}$		м/с
22) Степень точности передачи	n_T	Таблица А.5		

Продолжение таблицы 2

Валы и подшипники				
23) Диаметры валов:				
а) ведущего				
- под колесом	d_{1k}			
- под подшипником	$d_{1п}$			мм
б) ведомого				
- под колесом	d_{2k}			
- под подшипником	$d_{2п}$			
24) Подшипники:				
а) ведущего вала				
- типоразмер				
- диаметр внутренний	$d_{1п}$			мм
- диаметр внешний	$D_{1п}$			мм
- ширина	$B_{1п}$			мм
б) ведомого вала				
- типоразмер				
- диаметр внутренний	$d_{2п}$			мм
- диаметр внешний	$D_{2п}$			мм
- ширина	$B_{2п}$			мм
Таблицы: А.20, А.21				
Нагрузочная способность передачи				
25) Допускаемое контактное напряжение поверхности зуба ведомого колеса	$\sigma_{H\pi 2}$	Таблица 1		МПа
26) Коэффициенты:				
- нагрузки	K_H	$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_v$, где: $K_{H\alpha}$ – учитывает неравномерность распределения нагрузки между зубьями (Таблица А.6); $K_{H\beta}$ – учитывает неравномерность распределения нагрузки по ширине венца (Таблица А.7); K_v – зависит от окружной скорости колес и степени точности (таблица А.8)		
- согласующий	K_a	Примечание. $K_a = 430$ – для косозубой и шевронной передач; $K_a = 495$ – для прямозубой передачи		
27) Момент крутящий на выходном валу передачи	T_2	$T_2 = a_w^3 \cdot u^2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_{H\pi 2}^2 / [K_a^3 \cdot (u+1)^3 \cdot K_H]$		Н·м
28) Мощность на выходном валу передачи	P_2	$P_2 = 10^{-3} \cdot T_2 \cdot \omega_2$		кВт
29) КПД передачи	η	Примечание. $\eta = 0,96 \dots 0,97$		
30) Мощность на входном валу	P_1	$P_1 = P_2 / \eta$		кВт

2. Лабораторная работа. **РЕДУКТОР КОНИЧЕСКИЙ**

1. Цель работы.

Целью работы является изучение особенностей конструкции и нагрузочной способности конического редуктора.

2. Содержание работы.

Изучение конструкции конического редуктора. Установление параметров передачи редуктора и оценка его нагрузочной способности

3. Порядок выполнения работы:

- 3.1. Ознакомится с исследуемым образцом редуктора.
- 3.2. Провести структурный анализ исследуемого редуктора
- 3.3. Составить спецификацию.
- 3.4. Составить кинематическую схему исследуемого редуктора.
- 3.5. Произвести необходимые замеры, заполнить таблицы и рассчитать параметры передачи исследуемого редуктора.
- 3.6. Рассчитать нагрузочную способность исследуемого редуктора.

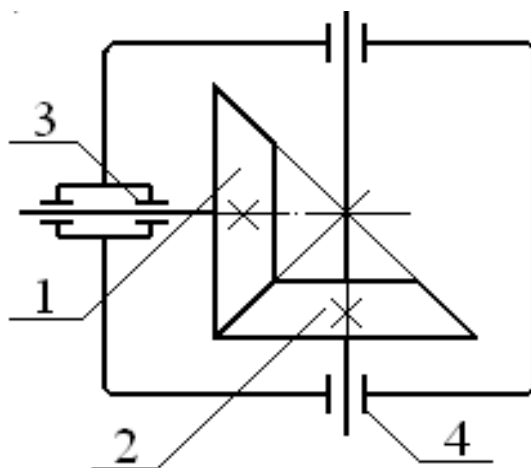


Рисунок – Схема редуктора конического: 1 – ведущий элемент (колесо коническое); 2 – ведомый элемент (колесо коническое); 3 – подшипники ведущего элемента; 4 – подшипники ведомого элемента

Таблица 1 - Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790

Продолжение таблицы 1

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890

Продолжение таблицы 1

№ варианта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990

Таблица 2 – Параметры передачи и ее нагрузочная способность

Искомая величина	Обозначение величины	Формула, источник	Результат	Обозначение единицы измерения
Параметры внешнего торцового исходного контура по ГОСТ 13754-81				
1) Угол профиля	α	$\alpha=20^\circ$		град.
2) Коэффициент высоты головки	h_a^*	$h_a^*=1$		
3) Коэффициент радиального зазора	c^*	$c^*=0,25$		
Геометрические параметры передачи (передача ортогональная)				
4) Межосевой угол	Σ			
5) Внешнее конусное расстояние передачи: - измеренное - уточненное	R'_e R_e	Таблица А.2		мм
6) Ширина колес: - ведущего - ведомого	b_1 b_2	Примечание – Полученные результаты измерений согласовать с таблицей А.2		мм
7) Внешние диаметры вершин зубьев колес: - ведущего - ведомого	d_{ae1} d_{ae2}			мм
8) Число зубьев колес: - ведущего - ведомого - плоского колеса	z_1 z_2 z_c	$z_c = (z_1^2 + z_2^2)^{1/2}$		
9) Передаточное число	u	$u = z_2/z_1$		
10) Углы делительных конусов: - ведущего колеса - ведомого колеса	δ_1 δ_2	$\delta_1 = \arctg(z_1/z_2)$ $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$		град.
11) Среднее конусное расстояние	R	$R = R_e - 0,5 \cdot b_1$		мм
12) Модуль внешний окружной: - расчетное значение - уточненное значение	m'_e m_e	$m'_e = 2 \cdot R_e / z_c$ Таблица А.4		мм
13) Модуль средний окружной	m	$m = m_e \cdot R / R_e$		мм

Продолжение таблицы 2

14) Делительные диаметры: а) внешние - ведущего колеса - ведомого колеса б) средние - ведущего колеса - ведомого колеса	d_{e1} d_{e2} d_1 d_2	$d_{e1}=m_e \cdot z_1$ $d_{e2}=m_e \cdot z_2$ $d_1=m \cdot z_1$ $d_2=m \cdot z_2$		мм
15) Коэффициент ширины колес относительно диаметра: - расчетный - уточненный	ψ'_{bd} ψ_{bd}	$\psi_{bd}=b_1/d_1$ Таблица А.9		
16) Коэффициенты смещения исходного контура: - ведущего - ведомого	x_1 x_2	$x_1=(d_{ae1}-d_{e1}-2 \cdot m_e \cdot \cos \delta_1)/2 \cdot (m_e \cdot \cos \delta_1)$ $x_2=-x_1$		
17) Высота головки зуба внешняя: - ведущего колеса - ведомого колеса	h_{ae1} h_{ae2}	$h_{ae1}=(h_a^*+x_1) \cdot m_e$ $h_{ae2}=(h_a^*+x_2) \cdot m_e$		мм
18) Высота ножки зуба внешняя: - ведущего колеса - ведомого колеса	h_{fe1} h_{fe2}	$h_{fe1}=(h_a^*+c^*-x_1) \cdot m_e$ $h_{fe2}=(h_a^*+c^*+x_1) \cdot m_e$		мм
19) Высота зуба внешняя: - ведущего колеса - ведомого колеса	h_{e1} h_{e2}	$h_{e1}=h_{ae1}+h_{fe1}$ $h_{e2}=h_{ae2}+h_{fe2}$ Примечание. $h_{e1}=h_{e2}$		мм
Кинематические параметры передач				
20) Частота вращения: - ведущего колеса - ведомого колеса	n_1 n_2	Таблица 1 $n_2=n_1/u$		об/мин
21) Угловая скорость валов: - ведущего колеса - ведомого колеса	ω_1 ω_2	$\omega_1=\pi \cdot n_1/30$ $\omega_2=\omega_1/u$		рад/с
22) Окружная скорость на среднем делительном диаметре колес: - ведущего - ведомого	v_1 v_2	$v_1=0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot d_1$ $v_2=0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \omega_2 \cdot d_2$		м/с
23) Степень точности	n_T	Таблица А.5		

Продолжение таблицы 2

Валы и подшипники

25) Диаметры валов: - ведущего под колесом - ведущего под подшипником - ведомого под колесом - ведомого под подшипником	d_{1k} $d_{1п}$ d_{2k} $d_{2п}$			мм
26) Подшипники: - ведущего вала типоразмер диаметр внутренний диаметр внешний ширина - ведомого вала типоразмер диаметр внутренний диаметр внешний ширина	$d_{1п}$ $D_{1п}$ $B_{1п}$ $d_{2п}$ $D_{2п}$ $B_{2п}$	Таблицы: А.20, А.21		мм мм мм мм мм мм
Нагрузочная способность передачи				
27) Допускаемое контактное напряжение поверхности зуба ведомого колеса	σ_{HP2}	Таблица 1		МПа
28) Коэффициенты: - нагрузки - согласующий	K_H K_d	$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_v$, где: $K_{H\alpha}$ – учитывает неравномерность распределения нагрузки между зубьями (таблица А.6); $K_{H\beta}$ – учитывает неравномерность распределения нагрузки по ширине венца (таблица А.10); K_v – зависит от окружной скорости колес и степени точности передачи (таблица А.8) $K_d = 335$		
29) Момент крутящий на выходном валу	T_2	$T_2 = \sigma_{HP2}^2 \cdot (R_e - 0,5 \cdot b_2)^2 \cdot u^2 \cdot b_2 / [K_H \cdot K_d^2 \cdot \sqrt{(u^2 + 1)}^3]$		Н·м
30) Мощность на выходном валу передачи	P_2	$P_2 = 10^{-3} \cdot T_2 \cdot \omega_2$		кВт
31) КПД передачи	η	Примечание. $\eta = 0,95 \dots 0,96$		
32) Мощность на входном валу	P_1	$P_1 = P_2 / \eta$		кВт

1. Цель работы.

Целью работы является изучение особенностей конструкции и нагрузочной способности червячного редуктора.

2. Содержание работы.

Изучение конструкции червячного редуктора. Установление параметров передачи редуктора и оценка его нагрузочной способности

3. Порядок выполнения работы:

- 3.1. Ознакомится с исследуемым образцом редуктора.
- 3.2. Провести структурный анализ исследуемого редуктора
- 3.3. Составить спецификацию.
- 3.4. Составить кинематическую схему исследуемого редуктора.
- 3.5. Произвести необходимые замеры, заполнить таблицы и рассчитать параметры передачи исследуемого редуктора.
- 3.6. Рассчитать нагрузочную способность исследуемого редуктора.

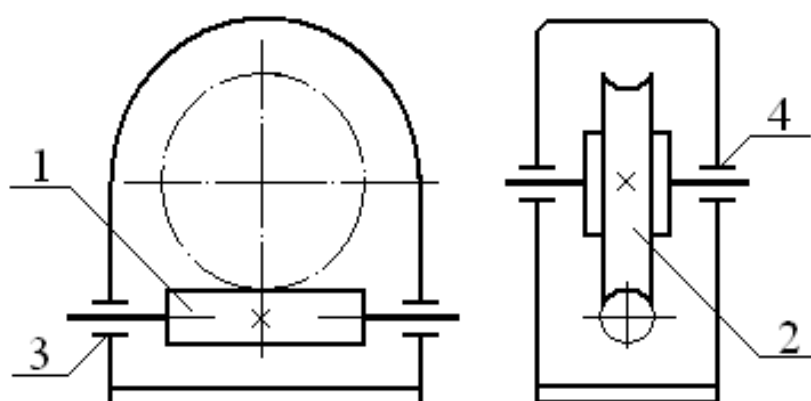


Рисунок – Схема редуктора червячного: 1 – ведущий элемент (червяк);
2 – ведомый элемент (колесо червячное); 3 – подшипники ведущего
элемента; 4 – подшипники ведомого элемента

Таблица 1 - Исходные данные

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500
Допускаемое контактное напряжение материала ко- леса σ_{HP2} , МПа	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185

Продолжение таблицы 1

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235

Продолжение таблицы 1

№ варианта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Частота вращения ведущего колеса n , об/мин	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
Допускаемое контактное напряжение материала колеса σ_{HP2} , МПа	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285

Таблица 2– Параметры передачи и ее нагрузочная способность

Искомая величина	Обозначение величины	Формула, источник	Результат	Обозначение един. измер.
Параметры исходного червяка по ГОСТ 19036 - 76				
1) Вид червяка				
2) Угол профиля в нормальном сечении зубчатой рейки, сопряженной с червяком (эвольвентным)	α_n	$\alpha_n = 20^\circ$		рад.
3) Коэффициент высоты делительной головки витка червяка	h_a^*	$h_a^* = 1$		
4) Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин: - червяка - червячного колеса	c_1^* c_2^*	$c_1^* = 0,2$ $c_2^* = 0,2$		
Геометрические параметры передачи				
5) Межосевое расстояние: - измеренное - уточненное	a'_w a_w	Таблица А.11		мм
6) Длина нарезанной части червяка	b_1			мм
7) Ширина венца колеса	b_2			мм
8) Число витков червяка	z_1			
9) Число зубьев червячного колеса	z_2			
10) Диаметр окружности вершин червячного колеса	d_{a2}			мм
11) Модуль зацепления: - расчетный - уточненный	m' m	$m' = d_{a2} / (z_2 + 2)$, Таблица А.14		мм
12) Диаметр окружности вершин червяка	d_{a1}			мм
13) Коэффициент диаметра червяка: - расчетный - уточненный	q' q	$q' = (d_{a1} / m) - 2$ Таблица А.13		
14) Угол подъема витков червяка	γ	$\gamma = \arctg z_1 / q$; Таблица А.13		град.
15) Коэффициенты смещения исходного контура червяка	x	$x = (a_w / m) - 0,5 \cdot (q + z_2)$ Примечание. Условие достаточности: $-1 \leq x \leq 1$		
16) Делительные диаметры : - ведущего звена (червяка) - ведомого звена (колеса)	d_1 d_2	$d_1 = q \cdot m$ $d_2 = z_2 \cdot m$		мм

17) Начальные диаметры: - ведущего звена (червяка) - ведомого звена (колеса)	d_{w1} d_{w2}	$d_{w1}=m \cdot (q+2 \cdot x)$ $d_{w2}=m \cdot z_2$		мм
18) Диаметры окружности вершин: - ведущего звена (червяка) - ведомого звена (колеса)	d_{a1} d_{a2}	$d_{a1}=d_1+2 \cdot h_a^* \cdot m$ $d_{a2}=d_2+2 \cdot m \cdot (h_a^*+x)$		мм
19) Диаметры впадин: - ведущего звена (червяка) - ведомого звена (колеса)	d_{f1} d_{f2}	$d_{f1}=d_1-2 \cdot m \cdot (h_a^*+c_1^*)$ $d_{f2}=d_2-2 \cdot m \cdot (h_a^*+c_2^*-x)$		мм
20) Начальный угол подъема витков червяка	γ_w	$\gamma_w=\arctg(z_1 \cdot m / d_{w1})$		град.
21) Передаточное число	u	$u=z_2/z_1$		
Кинематические параметры передачи				
22) Частота вращения: - входного вала - выходного вала	n_1 n_2	Таблица 1 $n_2=n_1/u$		об/мин
23) Угловая скорость валов: - входного - выходного	ω_1 ω_2	$\omega_1=\pi \cdot n_1/30$ $\omega_2=\omega_1/u$		рад/с
24) Окружная скорость на начальном диаметре червяка	v_1	$v_1=0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_{w1}$		м/с
25) Скорость скольжения сопряженных профилей при зацеплении в полюсе	v_s	$v_s=v_1/\cos \gamma_w$		м/с
26) Степень точности	n_T	Таблица А.15		
Валы и подшипники				
26) Диаметры валов: а) ведущего под подшипником б) ведомого - под колесом - под подшипником	$d_{1п}$ $d_{2к}$ $d_{2п}$			мм
27) Подшипники: - ведущего вала (червяка) типоразмер диаметр внутренний диаметр внешний ширина - ведомого вала (колеса) типоразмер диаметр внутренний диаметр внешний ширина	$d_{1п}$ $D_{1п}$ $B_{1п}$ $d_{2п}$ $D_{2п}$ $B_{2п}$	Таблицы: А.20, А.21		мм мм мм мм мм мм

Продолжение таблицы 2

Нагрузочная способность передачи				
28) Допускаемое контактное напряжение колеса	σ_{HP2}	Таблица 1		МПа
29) Коэффициенты: - нагрузки - согласующий	K_H K_a	$K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} / K_T$, где $K_{H\beta}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца $K_{H\beta} = 0,5 \cdot (K_{H\beta}^0 + 1)$ ($K_{H\beta}^0$ - по таблице А.16); $K_{H\alpha}$ - коэффициент, зависящий от окружной скорости колес и степени точности их изготовления (Таблица А.17); K_T - коэффициент, учитывающий степень точности передачи (Таблица А.15) $K_a = 610$		
30) Момент крутящий на выходном валу	T_2	$T_2 = a_w^3 \cdot \sigma_{HP2}^2 / (K_a^3 \cdot K_H)$		Н·м
31) Мощность на выходном валу	P_2	$P_2 = 10^{-3} \cdot T_2 \cdot \omega_2$		кВт
32) Коэффициент полезного действия передачи	η	$\eta_{чп} = \text{tg} \gamma_w / \text{tg}(\gamma + \varphi')$, где φ' по таблице А.16		
32) Мощность на входном валу	P_1	$P_1 = P_2 / \eta$		кВт

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что входит в понятие «редуктор»?
2. Что входит в понятие «передаточное отношение»?
3. Что входит в понятие «передаточное число»?
4. Что входит в понятие «механическая передача»?
5. Типы механических передач?
6. Цилиндрическая передача. Характеристика.
7. Коническая передача. Характеристика.
8. Червячная передача. Характеристика.
9. Модуль зацепления. Характеристика.
10. Геометрические параметры цилиндрической передачи.
11. Геометрические параметры конической передачи. Характеристика.
12. Геометрические параметры червячной передачи. Характеристика.
13. Коэффициент смещения исходного контура, характеристика.
14. Грузочная способность передачи. Чем она характеризуется?
15. Сравнительная оценка грузочной способности различных передач.
16. Пути повышения грузочной способности различных передач.
17. Подшипники качения. Область применения. Характеристика.
18. Условные обозначения подшипников качения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам; Введ. 01.07.97.- К.: Госстандарт Украины, 1996.- 36с.
2. ГОСТ 16530-83, . Передачи зубчатые. Общие термины, определения и обозначения; Введ. 01.01.84.- М.: Изд –во стандартов, 1983.- 49с.
3. ГОСТ 16531-83. Передачи зубчатые цилиндрические. Термины, определения и обозначения. Введ. 01.01.84.- М.: Изд –во стандартов; 1983.- 25 с.
4. ГОСТ 16532-70. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии; Введ. 01.01.72.- М.: Изд –во стандартов, 1983.- 42 с.
5. ГОСТ 18498-89. Передачи червячные. Термины, определения и обозначения; Введ. 23.03.89.- М.: Изд –во стандартов, 1989.- 33с.
6. ГОСТ 19624-74. Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями; Введ. 01.01.75.- М.: Изд –во стандартов, 1990.- 26с.
7. ГОСТ 19650-97. Передачи червячные цилиндрические. Расчет геометрии; Введ. 29.03.98.- М.: Изд –во стандартов, 1998.- 7с.
8. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические, эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность; Введ. 27.10.87.- М.: Изд –во стандартов, 1987.- 125с.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица А.1 – Межосевые расстояния a_w цилиндрических
зубчатых передач, мм

Ряд1	40	50	63	-	80	-	100	-	125	-	160	-	200	-
Ряд2	-	-	-	71	-	90	-	112	-	140	-	180	-	224
Ряд1	250	-	315	-	400	-	500	-	630	-	800	-	1000	
Ряд2	-	280	-	355	-	450	-	560	-	710	-	900	-	

Таблица А.2 - Нормальные линейные размеры (мм) по ГОСТ 6636 –69

Ra 20	Дополни- тельные	Ra 20	Дополни- тельные	Ra 20	Дополни- тельные	Ra 20	Дополни- тельные	Ra 20	Дополни- тельные
1,0	1,25 1,35 1,45 1,55 1,65 1,75 1,85 1,95 2,05 2,15 2,30 2,7 2,9	4,0	4,1	16	16,5	63	65	250	270 290 310 330 350 370 390 410 440 460 490 515 545 580 615 650 690 730 775 825 875 925
1,1		4,5	4,4 4,6	18	17,5 18,5	71	70 73	280	
1,2		5,0	4,9 5,2	20	19,5 20,5	80	78 82	320	
1,4		5,6	5,5 5,8	22	21,5 23	90	88 92	360	
1,6		6,3	6,2 6,5	25	27	100	98 102	400	
1,8		7,1	7,0 7,3	28	29 31	110	108 112	450	
2,0		8,0	7,8 8,2	32	33 35	125	115 118	500	
2,2		9,0	8,8 9,2	36	37 39	140	135 145	560	
2,5		10	9,8 10,2	40	41 44	160	155 165	630	
2,8		11	10,8 11,2	45	46 49	180	175 185	710	
				50	52 55	200	195 205	800	775 825
3,2		12		56	58 62	220	215 230	900	875 925

Таблица А.3 – Коэффициенты ширины цилиндрических колес ψ_{ba}
(ГОСТ 2185 – 66)

Расположение колеса относительно опор	ψ_{ba}	
	при твердости рабочих поверхностей зубьев	
	HB<350	HB≥350
Симметричное	0,5	0,315; 0,4
Несимметричное	0,4	0,25; 0,315
Консольное	0,25	0,2
Примечание. 1. Значения ψ_{ba} по ГОСТ 2185 – 66: 0,1; 0,125; 0,16; 0,2; 0,25; 0,315; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25		

Таблица А.4 - Модули нормальные m цилиндрических зубчатых колес и внешние окружные делительные m_e конических прямозубых колес, мм
(ГОСТ 9563-60)

Ряд1	0,05		0,06		0,08		0,1		0,12		0,15
Ряд2		0,055		0,07		0,09		0,11		0,14	
Ряд1		0,2		0,25		0,3		0,4		0,5	
Ряд2	0,18		0,22		0,28		0,35		0,45		0,55
Ряд1	0,6		0,8		1,0		1,25		1,5		2,0
Ряд2		0,7		0,9		1,125		1,375		1,75	
Ряд1		2,5		3,0		4,0		5,0		6,0	
Ряд2	2,25		2,75		3,5		4,5		5,5		7,0
Ряд1	8,0		10,0		12,0		16,0		20,0		25,0
Ряд2		9,0		11,0		14,0		18,0		22,0	
Ряд1		32,0		40,0		50,0		60,0		80,0	100,0
Ряд2	28,0		36,0		45,0		55,0		70,0		90,0

Таблица А.5– Рекомендуемая степень точности p_T для цилиндрических и конических зубчатых передач (ГОСТ 1643 – 81)

Вид зубьев	Вид передачи	Степень точности, p_T				
		5	6	7	8	9
Прямые	Цилиндрическая	$v > 15$	$v < 20$	$v < 20$	$v < 8$	$v < 3$
	Коническая	$v > 10$	$v < 14$	$v < 10$	$v < 5$	$v < 2$
Непрямые	Цилиндрическая	$v > 30$	$v < 40$	$v < 30$	$v < 12$	$v < 6$
	Коническая	$v > 20$	$v < 25$	$v < 16$	$v < 8$	$v < 4$

Таблица А.6 - Коэффициент $K_{H\alpha}$, учитывающих распределение нагрузки между зубьями колес цилиндрической и конической передач

Окружная скорость v , м/с	$K_{H\alpha}$				
	Степень точности				
	5	6	7	8	9
5		1,018	1,048	1,095	
10	1,008	1,025	1,07	1,135	1,16
15	1,015	1,04	1,09		
20	1,018	1,055	1,12		1,04

Таблица А.7 - Коэффициент $K_{H\beta}$, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по ширине венца колес цилиндрической передачи

Коэффициент ширины шестерни ψ_{bd}	Шестерня расположена симметрично относительно опор		Шестерня расположена несимметрично относительно опор				Консольное расположение одного из колес	
			Весьма жесткий вал		Менее жесткий вал			
	$k_{H\beta}$		$k_{H\beta}$		$k_{H\beta}$		$k_{H\beta}$	
	при твердости рабочих поверхностей зубьев HB							
	<350	>350	<350	>350	<350	>350	<350	>350
0,2	1,0	1,0	1,01	1,02	1,02	1,06	1,07	1,17
0,4	1,01	1,02	1,02	1,05	1,05	1,13	1,15	1,34
0,6	1,02	1,03	1,04	1,08	1,08	1,20	1,24	1,60
0,8	1,03	1,05	1,06	1,14	1,12	1,20	1,37	-
1,0	1,04	1,09	1,08	1,19	1,16	1,38	-	-
1,2	1,05	1,12	1,10	1,25	1,20	1,48	-	-
1,4	1,07	1,16	1,13	1,32	1,24	-	-	-
1,6	1,09	1,21	1,16	-	1,29	-	-	-
1,8	1,11	-	1,19	-	-	-	-	-
2,0	1,15	-	1,24	-	-	-	-	-

Таблица А.8 - Динамический коэффициент K_{Hv} для колес зубчатых передач

Степень точности по ГОСТ 1643-81	Твердость на поверхности зубьев колес	Значения K_{Hv} при v , м/с				
		1	3	5	8	10
6	> 350 HВ	1,02 Ошибка!	1,06 Ошибка!	1,10 Ошибка!	1,16 Ошибка!	1,20 Ошибка!
	≤ 350 HВ	1,03 Ошибка!	1,09 Ошибка!	1,16 Ошибка!	1,25 Ошибка!	1,32 Ошибка!
7	> 350 HВ	1,02 Ошибка!	1,06 Ошибка!	1,12 Ошибка!	1,19 Ошибка!	1,25 Ошибка!
	≤ 350 HВ	1,04 Ошибка!	1,12 Ошибка!	1,20 Ошибка!	1,32 Ошибка!	1,40 Ошибка!
8	> 350 HВ	1,03 Ошибка!	1,09 Ошибка!	1,15 Ошибка!	1,24 Ошибка!	1,30 Ошибка!
	≤ 350 HВ	1,05 Ошибка!	1,15 Ошибка!	1,24 Ошибка!	1,38 Ошибка!	1,48 Ошибка!
9	> 350 HВ	1,03 Ошибка!	1,09 Ошибка!	1,17 Ошибка!	1,28 Ошибка!	1,35 Ошибка!
	≤ 350 HВ	1,06 Ошибка!	1,12 Ошибка!	1,28 Ошибка!	1,45 Ошибка!	1,56 Ошибка!
Примечание. В числителе приведены значения для прямозубых, а в знаменателе для косозубых зубчатых колес						

Таблица А.9 - Коэффициент ширины относительно диаметра конического колеса ψ_{bd}

ψ_{bd}	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Таблица А.10 - Коэффициент неравномерности распределения нагрузки по длине зубьев конических колес $k_{H\beta}$

Относительная	$k_{H\beta}$	
	Шариковые опоры	Роликовые опоры

	При твердости рабочих поверхностей зубьев			
	$H_1 \leq HB350$ и $H_2 \leq HB350$ или $H_1 > HB350$ и $H_2 > HB350$	$H_1 > HB350$ и $H_2 > HB350$	$H_1 \leq HB350$ и $H_2 \leq HB350$ или $H_1 > HB350$ и $H_2 > HB350$	$H_1 > HB350$ и $H_2 > HB350$
0,2	1,07	1,16	1,04	1,08
0,4	1,15	1,37	1,08	1,20
0,6	1,24	1,50	1,13	1,32
0,8	-	-	1,18	1,44

Таблица А.11 - Межосевое расстояние a_w червячных передач, мм
(по ГОСТ 2144-76)

Ряд1	40		50		63		80		100		125	
Ряд2		-		-		-		-		-		140
Ряд1	160		200		250		315		400		500	
Ряд2		180		225		280		355		450		

Таблица А.12 - Действительные углы подъема линии витка червяка γ

z_1	Значения γ при коэффициенте диаметра червяка q								
	6,3	7,1	8,0	9,0	10,0	11,2	12,5	14,0	16,0
1	9°1'10"	8°1'1"	7°7'30"	6°20'25"	5°42'38"	5°6'8"	4°34'26"	4°5'8"	3°34'35"
2	17°36'45"	15°43'55"	14°2'10"	12°31'44"	11°18'36"	10°7'29"	9°5'25"	8°7'48"	7°7'30"
4	32°24'45"	29°23'46"	26°33'54"	23°57'35"	21°48'5"	19°39'12"	17°44'49"	15°50'43"	14°2'10"

Таблица А.13 – Коэффициенты диаметра червяка q (по ГОСТ 2144-93)

Ряд1	6,3		8,0		10,0		12,5		16,0		20,0		25,0
Ряд2		7,1		9,0		11,2		14,0		18,0		22,4	
Примечание. Для не самотормозящихся передач $q=8,0; 9,0; 10,0; 11,2; 12,5$. Для самотормозящихся передач $q>12,5$													

Таблица А.14 – Модули m цилиндрических червячных передач, мм,
(ГОСТ 2144-76)

1,0	1,25	1,6	2,0	2,5	3,15	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0	25,0
Примечания: 1. Модули определяются в осевом сечении червяка. 2. Допускается использование модулей – 1,5; 3,0; 3,5; 6,0; 7,0; 12,0.														

Таблица А.15 – Степень точности n_t и коэффициент точности K_t
червячных передач

n_T	K_T	Скорость скольжения v_s , м/с	Методы нарезания и обработки	Условия работы
7	1,15	<10	Червяк закален, шлифован и полирован. Колесо нарезано шлифованной червячной фрезой. Обкатка под нагрузкой.	Передачи с повышенными скоростями и малым шумом, с повышенными требованиями к габаритам
8	1,1	< 5	Червяк с Н< НВ 350, нешлифованный. Колесо нарезается шлифованной червячной фрезой.	Передачи среднескоростные со средними требованиями по шуму и габаритам
9	1,0	< 1	Червяк с Н< НВ 350 не шлифуется.	Передачи низкоскоростные, кратковременно работающие

Таблица А.16 – Начальный коэффициент концентрации нагрузки $K_{H\beta}^0$ в зависимости от передаточного числа u и числа витков червяка z_1

z_1	u							
	8	10	16	20	30	40	50	60
1					1,1	1,05	1,025	1,012
2			1,2	1,1	1,05			
4	1,3	1,18	1,1					

Таблица А.17 – Коэффициент динамической нагрузки K_{Hv} в зависимости от скорости скольжения v_s и степени точности n_T червячной передачи

n_T	При скорости скольжения v_s , м/с					
	1,5	3	7,5	12	16	25
	K_{Hv}	K_{Hv}	K_{Hv}	K_{Hv}	K_{Hv}	K_{Hv}
6	-	-	1	1,1	1,3	1,5
7	1	1	1,1	1,2	-	-
8	1,15	1,25	1,4	-	-	-
9	1,25	-	-	-	-	-

Таблица А.18 – Коэффициенты трения f и углы трения φ' между стальным червяком и колесом из оловянистой бронзы

Скорость скольжения v_s , м/с	f	φ'
0,1	0,080...0,090	4°30'...5°10'
0,5	0,055...0,065	3°10'...3°40'
1	0,045...0,055	2°30'...3°10'
1,5	0,040...0,050	2°20'...2°50'
2	0,035...0,045	2°00'...2°30'
2,5	0,030...0,040	1°40'...2°20'
3	0,028...0,035	1°30'...2°00'
4	0,023...0,030	1°20'...1°40'
7	0,018...0,026	1°00'...1°30'
10	0,016...0,024	0°55'...1°20'

Таблица А.19 – Сравнительная таблица твердости металлов и сплавов:
по Бринеллю (HB) ГОСТ 9012–59 (ИСО 6506–84, ИСО 410–82),
Роквеллу (HRC) ГОСТ 9013 – 59 (в редакции 1989 г.),
Виккерсу (HV) ГОСТ 2999 – 75 (в редакции 1987 г.)

Бринелль HB	Роквелл HRC	Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRC	Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRC	Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRC	Виккерс HV
143	-	144	202	-	201	302	33	305	495	51	551
146	-	147	207	18	209	311	34	312	512	52	587
149	-	149	212	19	213	321	35	320	532	54	606
153	-	152	217	20	217	332	36	335	555	56	649
156	-	154	223	21	221	340	37	344	578	58	694
159	-	159	229	22	226	351	38	361	600	59	746
163	-	162	235	23	235	364	39	380	627	61	803
166	-	165	241	24	240	375	40	390	652	63	867
170	-	171	248	25	250	387	41	401	-	65	940
174	-	174	255	26	255	402	43	423	-	67	1021
179	-	177	262	27	261	418	44	435	-	69	1114
183	-	183	269	28	272	430	45	460	-	72	1220
187	-	186	277	29	278	444	47	474	-	-	-
192	-	190	286	30	285	460	48	502	-	-	-
196	-	197	293	31	291	477	49	534	-	-	-

Продолжение таблицы А. 2.0

Размеры подшипников, мм			Радиальные однорядные типа 300				Радиальные двухрядные сферические типа 1300				Радиально-упорные однорядные типа 36300 ($\alpha=12^\circ$)				Радиально-упорные однорядные типа 46300 ($\alpha=26^\circ$)			
d	D	B	Обозначение подшипника	Грузоподъемность, Н		Угол контак-та α	Обозначение подшипника	Грузоподъемность, Н		Обозначение подшипника	Грузоподъемность, Н		Обозначение подшипника	Грузоподъемность, Н				
				C	C ₀			C	C ₀		C	C ₀		C	C ₀			
10	35	11	300	8060	3750	12°	1300	7250	2000				-	-	-			
12	37	12	301	9750	4650	13°	1301	9360	2600				-	-	-			
15	42	13	302	11400	5400	13°	1302	9560	2800	36302	13600	6800	-	-	-			
17	47	14	303	13500	6650	12°	1303	12500	3660	36303	17200	8700	46303	16100	8000			
20	52	15	304	15900	7800	11°	1304	14500	4660				46304	17800	9000			
25	62	17	305	22500	11400	11°	1305	17800	6000				46305	26900	14600			
30	72	19	306	28100	14600	10°	1306	21200	7700				46306	32600	18300			
35	80	21	307	33200	18000	9°	1307	25100	9800				46307	42600	24700			
40	90	23	308	41000	22400	10°	1308	29600	12200	36308	53900	32800	46308	50800	30100			
45	100	25	309	52700	33000	9°	1309	37700	15900				46309	61400	37000			
50	110	27	310	61800	36000	9°	1310	43600	17500				46310	71800	44000			
55	120	29	311	71500	41500	9°	1311	50700	22500				46311	82800	51600			
60	130	31	312	81900	48000	9°	1312	57200	26500				46312	100000	65300			
65	140	33	313	92300	56000	9°	1313	61800	29500				46313	113000	75000			
70	150	35	314	104000	63000	8°	1314	74100	35500				46314	127000	85300			
75	160	37	315	112000	72500	8°	1315	79300	38500				-	-	-			
80	170	39	316	124000	80000	8°	1316	88400	42000				-	-	-			
85	180	41	317	133000	90000	8°	1317	97500	48500				-	-	-			
90	190	43	318	143000	99000	8°	1318	117000	56000	36318	189000	145000	46318	165000	122000			
95	200	45	319	153000	110000	-	-	-	-				-	-	-			
100	215	47	320	174000	120000	9°	1320	143000	723000				46320	213000	177000			

Таблица А. 21 - Размеры и грузоподъемность роликотподшипников

Размеры подшипников, мм					Радиальные однорядные типа 2200				Радиальные сферические двух- рядные типа 3500				Радиально-упорные конические однорядные типа 7200			
d	D	B	B*	T _{max}	c	Обозна- чение подшип- ника	Грузоподъем- ность, Н		Обозна- чение подшип- ника	α	Грузоподъем- ность, Н		Обозна- чение подшип- ника	α	Грузоподъем- ность, Н	
							C	C ₀			C	C ₀			C	C ₀
15	35	11	-	12,0	9	-	-	-	-	-	-	-	7202	17°	10500	6100
17	40	12	-	13,5	11	-	-	-	-	-	-	-	7203	12°	14000	9000
20	47	14	-	15,5	12	2204	14700	7350	-	-	-	-	7204	14°	21000	13000
25	52	15	-	16,5	13	2205	16800	8800	-	-	-	-	7205	14°	24000	17500
30	62	16	-	17,5	14	2206	22400	12000	-	-	-	-	7206	14°	31000	22000
35	72	17	-	18,5	15	2207	31900	17600	-	-	-	-	7207	14°	38500	26000
40	80	18	23	20,0	16	2208	41800	24000	3508	12°	57000	33300	7208	14°	46500	32500
45	85	19	23	21,0	16	2209	44000	25500	3509	10°	64000	35000	7209	15°	50000	33000
50	90	20	-	22,0	17	2210	45700	27500	-	-	-	-	7210	14°	56000	40000
55	100	21	-	23,0	18	2211	56100	34000	-	-	-	-	7211	15°	65000	46000
60	110	22	-	24,0	19	2212	64400	43000	-	-	-	-	7212	13°	78000	58000
65	120	23	-	-	-	2213	76500	51000	-	-	-	-	-	-	-	-
70	125	24	31	26,5	21	2214	79200	57000	3514	10°	132000	93800	7214	14°	96000	82000
75	130	25	-	27,5	22	2215	91300	63000	-	-	-	-	7215	15°	107000	84000
80	140	26	33	28,5	22	2216	106000	68000	3516	10°	160000	118000	7216	16°	112000	95200
85	150	28	36	31,0	24	2217	119000	78000	3517	10°	183000	130000	7217	16°	130000	109000
90	160	30	40	33,0	26	2218	142000	105000	3518	10°	216000	159000	7218	14°	158000	125000
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7219	14°	168000	131000
100	180	34	46	37,0	29	2220	183000	125000	3520	10°	275000	212000	7220	15°	185000	146000

Продолжение таблицы А. 21

Размеры подшипников, мм					Радиальные однорядные типа 2300				Радиальные сферические двухряд- ные типа 3600				Радиально-упорные конические одно- рядные типа 7300			
d	D	B	B*	T _{max}	с	Обозна- ние	Грузоподъем-ность, Н		Обозна- чение	α	Грузоподъем-ность, Н		Обозна- ние	α	Грузоподъем-ность, Н	
							C	C ₀			C	C ₀			C	C ₀
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7304	11°	26000	17000
25	62	17	-	18,5	15	2305	28600	15000	-	-	-	-	7305	14°	33000	23200
30	72	19	-	21,0	17	2306	36900	20000	-	-	-	-	7306	14°	43000	29500
35	80	21	-	23,0	18	2307	44600	27000	-	-	-	-	7307	12°	54000	38000
40	90	23	33	25,5	20	2308	56100	32500	3608	16°	95000	64900	7308	11°	66000	47500
45	100	25	36	27,5	22	2309	72100	41500	3609	15°	114000	74900	7309	11°	83000	60000
50	110	27	40	29,5	23	2310	88000	52000	3610	15°	150000	101000	7310	12°	100000	75500
55	120	29	43	32,0	25	2311	102000	67000	3611	15°	170000	118000	7311	13°	107000	81500
60	130	31	46	34,0	27	2312	123000	76500	3612	15°	196000	128000	7312	12°	128000	96500
65	140	33	48	36,5	28	2313	138000	85000	3613	14°	220000	143000	7313	12°	146000	112000
70	150	35	51	38,5	30	2314	151000	102000	3614	14°	270000	181000	7314	12°	170000	137000
75	160	37	55	40,5	31	2315	183000	125000	3615	14°	300000	207000	7315	12°	180000	148000
80	170	39	58	-	-	2316	190000	135000	3616	14°	325000	227000	-	-	-	-
85	180	41	60	45	35	2317	212000	146000	3617	14°	365000	270000	7317	12°	230000	195000
90	190	43	64	47	36	2318	242000	160000	3618	14°	400000	300000	7318	12°	250000	201000
95	200	45	-	-	-	2319	264000	190000	-	-	-	-	-	-	-	-
100	215	47	73	52	39	2320	303000	220000	3620	14°	520000	410000	7320	12°	284200	264600
Упорные одинарные с цилиндрическими роликами																
Обозначение подшипника	Размеры подшипников, мм				Грузоподъемность, Н			Обозначение подшипника	Размеры подшипников, мм				Грузоподъемность, Н			
	d	D	H	h	C	C ₀	d		D	H	h	C	C ₀			
Особо легкая серия																
1009917	85	100	40	10	16400	82500		90009422	110	230	73	20	744000			1150000
Средняя серия																
9809352	260	420	95	24,8	500000	2700000		889752	260	540	132	40	580000			2200000
Тяжелая серия (нестандартная)																

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ЧЕРТЕЖИ РЕДУКТОРОВ

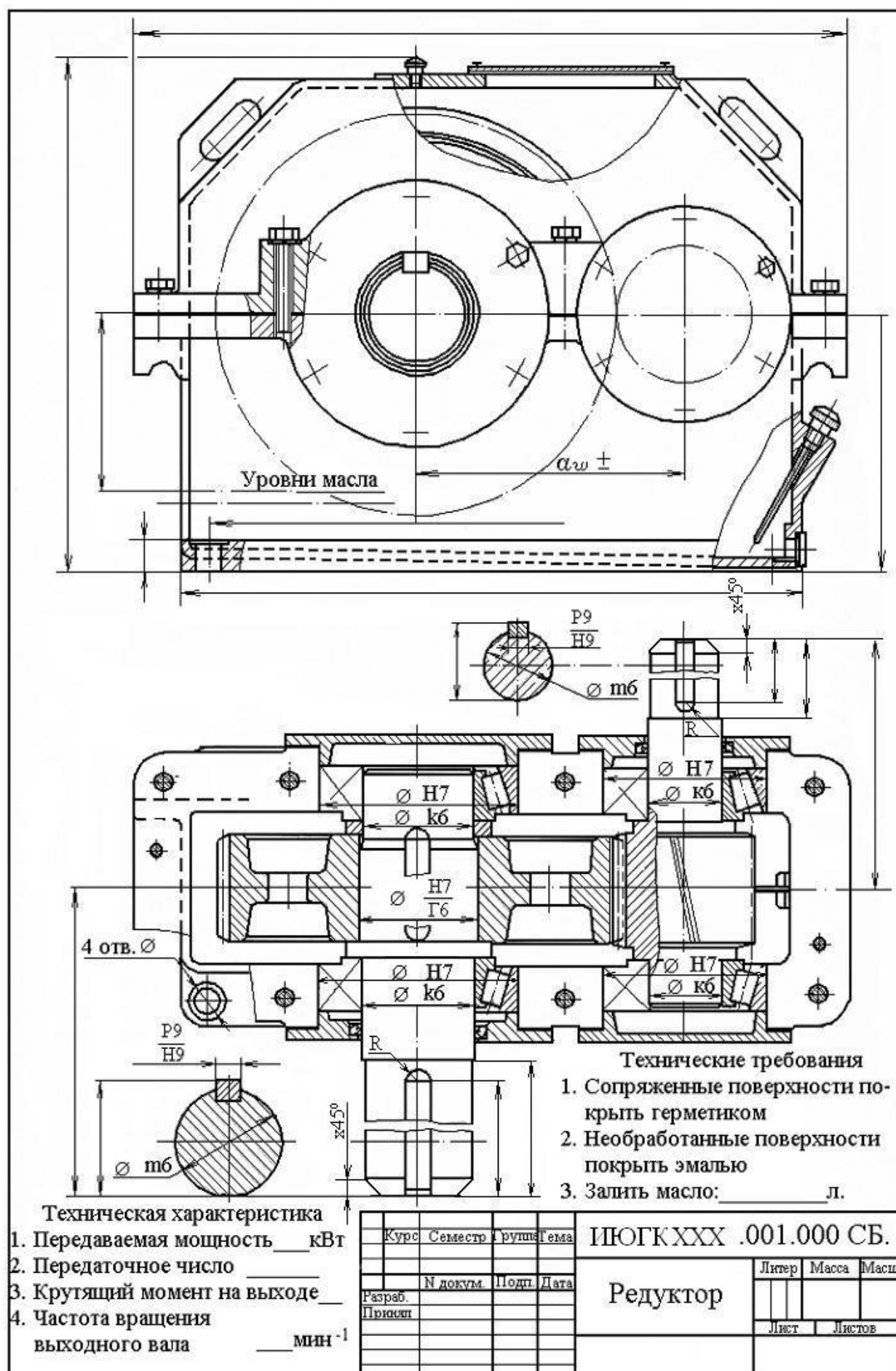


Рисунок Б.1 - Редуктор цилиндрический одноступенчатый

Перв. применение		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		ИЮГК XXX.001.000 Сп		Литер		Лист		Листов	
Формат	Зона	Позиц.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание													
				<u>Документация</u>															
A1			ИЮГК XXX.001.000 Сб	Сборочный чертеж															
			ИЮГК XXX.001.000 Пз	Расчетно - пояснительная записка															
				<u>Детали</u>															
		1		Вал - шестерня	1														
A3		2	ИЮГК XXX.001.002	Колесо зубчатое	1														
A3		3	ИЮГК XXX.001.003	Вал	1														
бч		4		Основание корпуса редуктора	1														
бч		5		Крышка корпуса редуктора	1														
бч		6		Крышка подшипника	1														
бч		7		Крышка подшипника	1														
бч		8		Крышка подшипника	1														
бч		9		Крышка подшипника	1														
бч		10		Крышка смотрового люка	1														
				<u>Стандартные изделия</u>															
		11		Маслоуказатель	1														
		12		Отдушина	1														
		13		Пробка	1														
				Подшипники:															
		14		7 XXX	2														
		15		7 XXX	2														
				Уплотнения манжетные:															
		16		d x D x h	1														
		17		d x D x h	1														
				<u>Стандартные детали</u>															
				Болты ГОСТ 7808 - 70:															
		18		M d x p x l	4														
		19		M d x p x l	4														
		20		M d x p x l	4														
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата															
Разработ.																			
Провер.																			
Н. контр.																			
Утверд.																			

Рисунок Б.2—Спецификация редуктора цилиндрического одноступенчатого

[illegible]

Продолжение рисунка Б.2

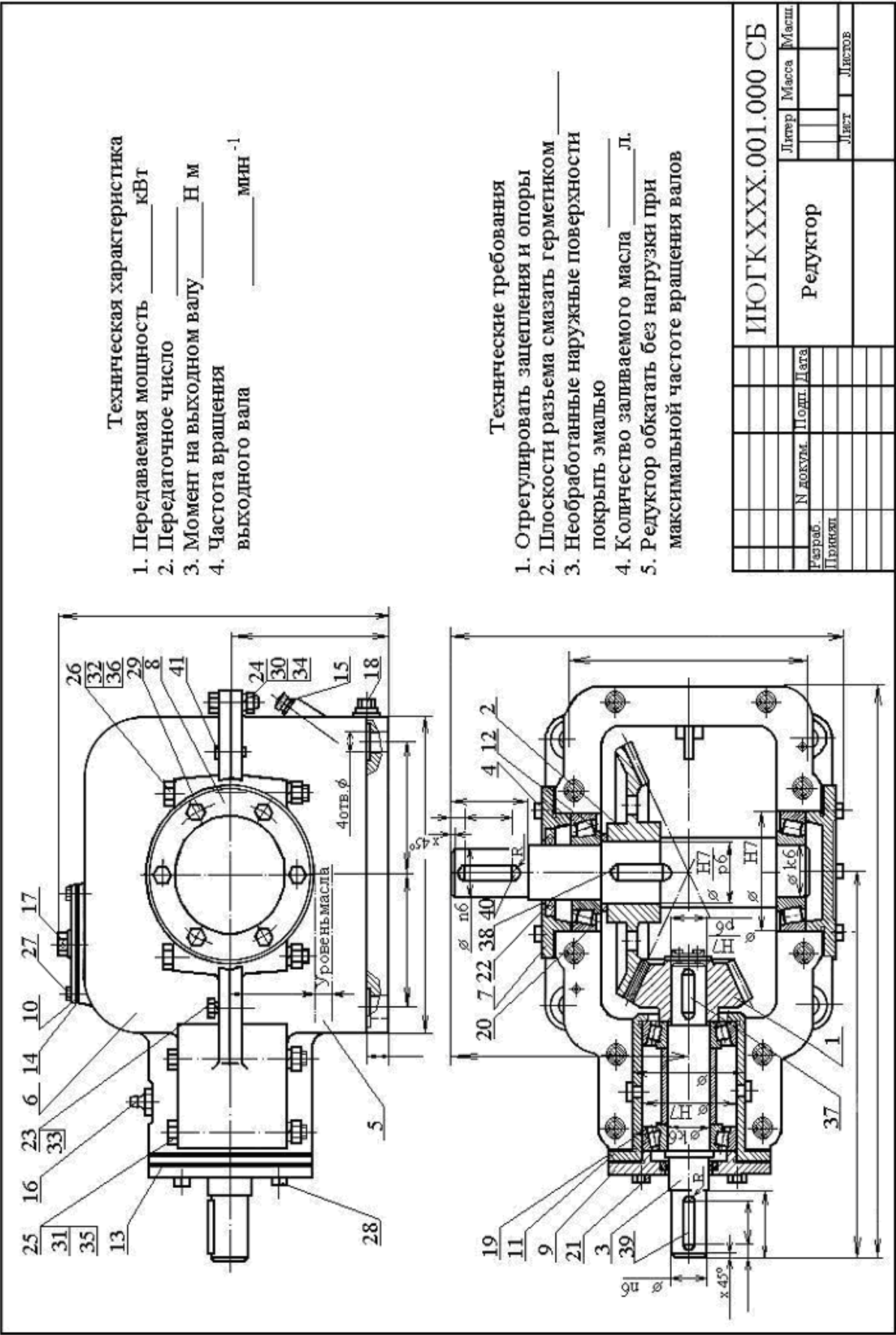


Рисунок Б.3 - Чертеж редуктора конического одноступенчатого

Перв. применение		Формат	Зона	Позид.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						<u>Документация</u>			
	A1			ИЮГК XXX.001.000 С6	Сборочный чертеж				
				ИЮГК XXX.001.000 Пз	Расчетно - пояснительная записка				
					<u>Детали</u>				
			1	ИЮГК XXX.001.001	Колесо зубчатое	1			
	A3		2	ИЮГК XXX.001.002	Колесо зубчатое	1			
	A3		3	ИЮГК XXX.001.003	Вал	1			
	бч		4	ИЮГК XXX.001.004	Вал	1			
	бч		5		Основание корпуса редуктора	1			
	бч		6		Крышка корпуса редуктора	1			
	бч		7		Крышка подшипника	1			
	бч		8		Крышка подшипника	1			
	бч		9		Крышка подшипника	1			
	бч		10		Крышка смотрового люка	1			
			11		Стакан	1			
			12		Втулка	1			
			13		Кольцо уплотнительное	1			
			14		Кольцо регулировочное	2			
					<u>Стандартные изделия</u>				
			15		Маслоуказатель	1			
			16		Масленка	1			
			17		Отдушина	1			
		18		Пробка	1				
				Подшипники:					
		19		7 XXX	2				
		20		7 XXX	2				
				Уплотнения манжетные:					
		21		d x D x h	1				
		22		d x D x h	1				
					ИЮГК XXX.001.000 Сп				
	Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Изн. № подл.	Разработ.					Редуктор	Литер	Лист	Листов
	Провер.							1	2
	Н. контр.								
	Утверд.								

Рисунок Б.4 – Спецификация редуктора конического одноступенчатого

[illegible]

Продолжение рисунка Б.4

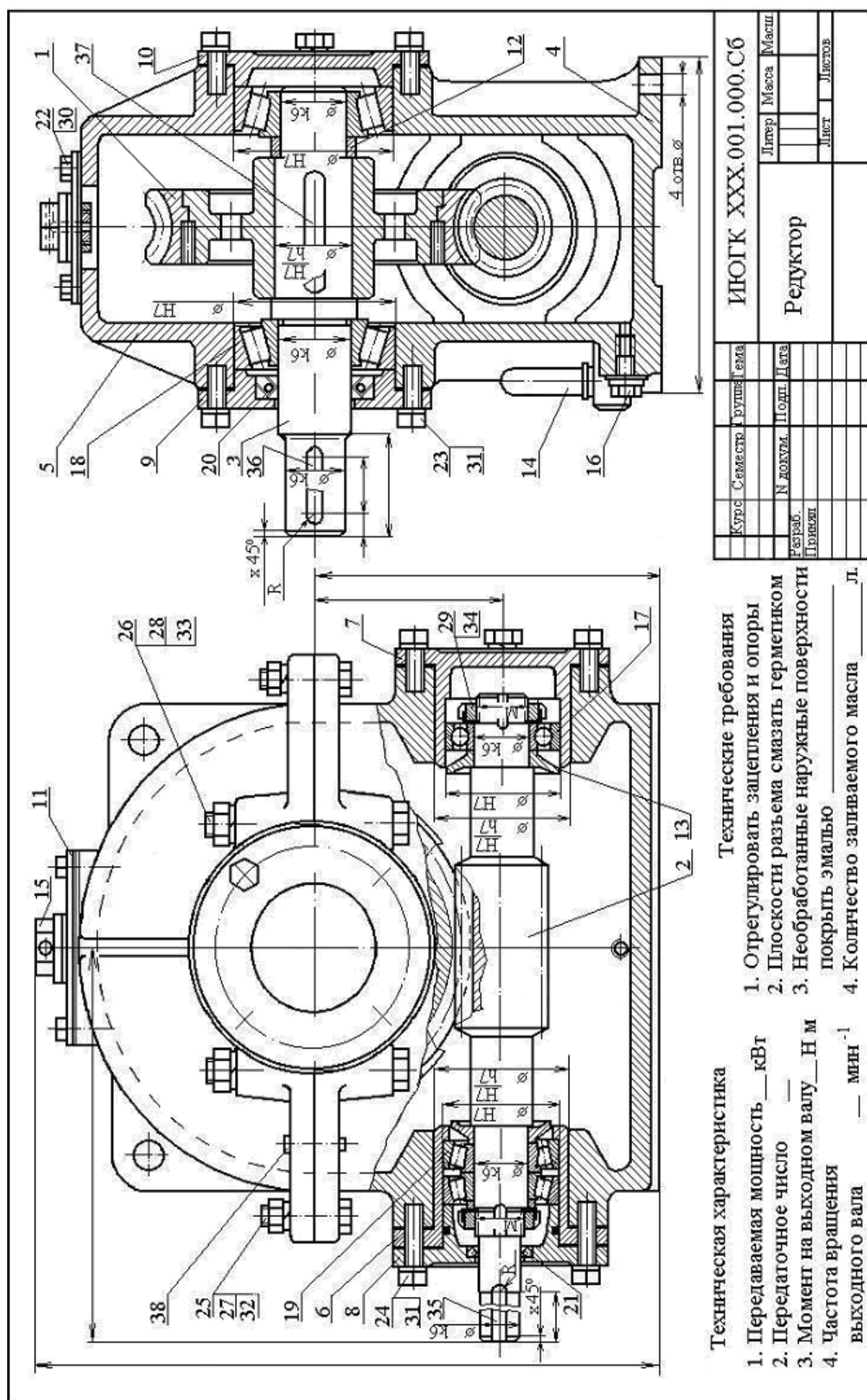


Рисунок Б.5 - Редуктор червячный одноступенчатый

Перв. применение		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Изн. № дубл.		Подп. и дата		Кол.		Примечание			
Формат	Зона	Позиц.	Обозначение			Наименование											
						<u>Документация</u>											
A1			ИЮГК XXX.001.000 Сб			Сборочный чертеж											
			ИЮГК XXX.001.000 Пз			Расчетно - пояснительная записка											
						<u>Сборочные единицы</u>											
A3		1	ИЮГК XXX.001.001 Сб			Колесо червячное			1								
						<u>Детали</u>											
бч		2	ИЮГК XXX.001.002			Червяк			1								
A3		3	ИЮГК XXX.001.003			Вал			1								
бч		4				Основание корпуса редуктора			1								
бч		5				Крышка корпуса редуктора			1								
бч		6				Стакан			1								
бч		7				Крышка подшипника			1								
		8				Крышка подшипника			1								
		9				Крышка подшипника			1								
		10				Крышка подшипника			1								
		11				Крышка смотрового люка			1								
		12				Втулка распорная			1								
		13				Рассекатель			1								
						<u>Стандартные изделия</u>											
		14				Маслоуказатель			1								
		15				Отдушина			1								
		16				Пробка			1								
						Подшипники:											
		17				XXX			1								
		18				7 XXX			2								
		19				7 XXX			2								
						Уплотнения манжетные											
		20				d x D x h			1								
		21				d x D x h			1								
												ИЮГК XXX.001.000 Сп					
Изм			Лист			№ документа			Подпись			Дата					
Разработ.																	
Провер.																	
Н. контр.																	
Утверд.																	
Изн. № подл.																	

Рисунок Б.6 – Спецификация редуктора червячного одноступенчатого

Перв. применение		Справ. №		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Позиц.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
				Стандартные детали					
				Болты ГОСТ 7808 - 70:					
		22		M d x p x l	4				
		23		M d x p x l	12				
		24		M d x p x l	4				
		25		M d x p x l	2				
		26		M d x p x l	4				
				Гайки 15521 - 70					
		27		M - 6H.5	2				
		28		M - 6H.5	4				
		29		Гайка M -7H.0.5.05 ГОСТ 11871-88	2				
		30		Шайба d.01.05 ГОСТ 11371-78	4				
				Шайбы ГОСТ 6402 - 70:					
		31		d 65Г. 02	16				
		32		d 65Г. 02	2				
		33		d 65Г. 02	4				
		34		Шайба d 08 кп.05 ГОСТ 11872 -89	2				
				Шпонки ГОСТ 23360 -78					
		35		b x h x l	1				
		36		b x h x l	1				
		37		b x h x l	1				
		38		Штифты d x l ГОСТ 3129 -70	2				

Продолжение рисунка Б.6

ПРИЛОЖЕНИЕ В.

ВИДЫ И СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Система основных условных обозначений подшипников предусмотрена ГОСТ 3189 – 75. Условные обозначения наносятся на торцевые поверхности ко- лец и состоят из ряда цифр.

Две первые цифры, считая справа, представляют собой условное обозначение по внутреннему диаметру подшипника:

- для подшипников диаметром до 9 мм первая цифра справа указывает фактический размер внутреннего диаметра в мм;
- в диапазоне от 10 мм до 17 мм обозначения 00, 01, 02, 03 относятся к внутренним диаметрам 10 мм, 12 мм, 15 мм, 17 мм соответственно;
- в диапазоне от 20 мм до 495 мм эти цифры представляют собой частное от деления внутреннего диаметра (в мм) на число пять;
- для подшипников, внутренние диаметры которых равны 22 мм, 28 мм, 32 мм, 500 мм и более, цифры представляют собой номинальную величину этого диаметра с добавленной слева косой чертой.

Третья и седьмая цифры справа означает серии по габаритным размерам (Таблица В.1)

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипников по телам качения и нагрузочной способности:

- 0 – шариковый, радиальный (рисунок В.1);
- 1 – шариковый радиальный, сферический, двухрядный, самоустанавливающийся (рисунок В.2);
- 2 – роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами (рисунок В.3);
- 3 – роликовый радиальный, двухрядный, самоустанавливающийся с бочкообразными роликами (рисунок В.4);
- 4 – роликовый радиальный с длинными цилиндрическими (игольчатыми) роликами (рисунок В.5);
- 5 – роликовый радиальный с витыми роликами (рисунок В.6);
- 6 – шариковый радиально– упорный (рисунок В.7);
- 7 – роликовый радиально – упорный с коническими роликами (рисунок В.8);
- 8 – шариковый упорный, шариковый упорно- радиальный (рисунок В.9);
- 9 – роликовый упорный, роликовый упорно- радиальный (рисунок В.10).

Пятая и шестая цифры справа характеризует конструктивные особенности подшипников.

Класс точности подшипника обозначают цифрами 0; 6; 5; 4; 2, которые проставляются слева от основной части условного обозначения после разделительного знака «–».

Нули, стоящие левее последней значащей цифры, не проставляют.

Пример условного обозначения подшипника № 2007114 -

подшипник роликовый, конический, однорядный, особо легкой серии по диаметру, широкой серии по ширине с внутренним диаметром 70 мм, ГОСТ 333- 79

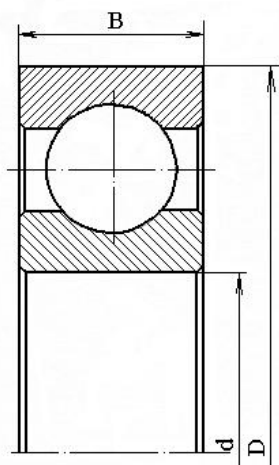


Рисунок В.1 – Подшипник шариковый радиальный

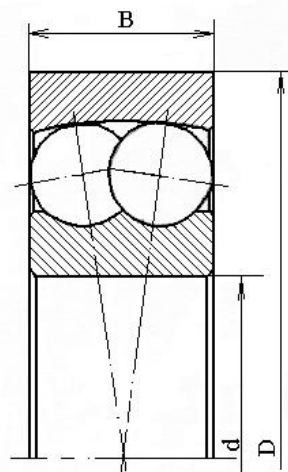


Рисунок В.2– Подшипник шариковый радиальный, сферический, двухрядный, самоустанавливающийся

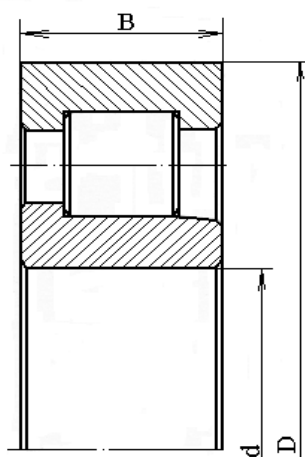


Рисунок В.3 – Подшипник роликовый радиальный, с короткими цилиндрическими роликами

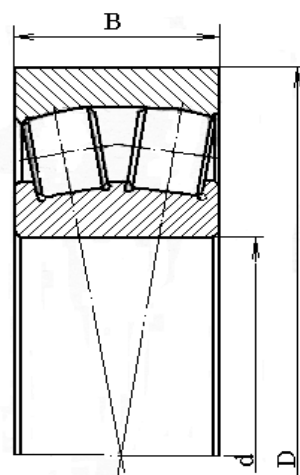


Рисунок В.4 – Подшипник роликовый радиальный, двухрядный, самоустанавливающийся с бочкообразными роликами

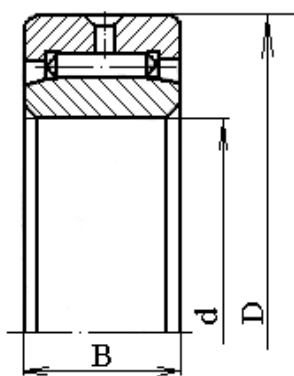


Рисунок В.5 – Подшипник роликовый радиальный с длинными цилиндрическими роликами

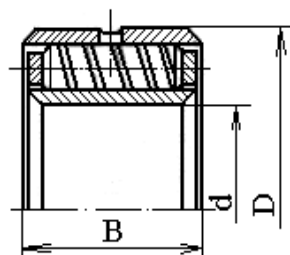


Рисунок В.6 – Подшипник роликовый с витыми роликами

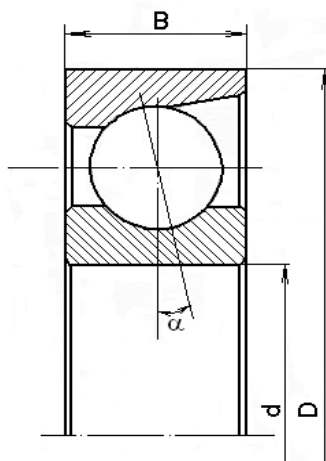


Рисунок В.7 – Подшипник шариковый радиально - упорный

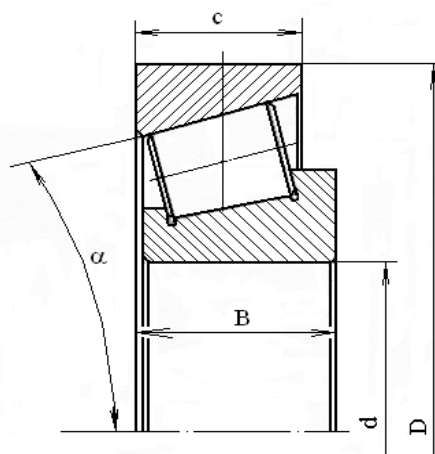


Рисунок В.8 – Подшипник роликовый радиально - упорный с коническими роликами

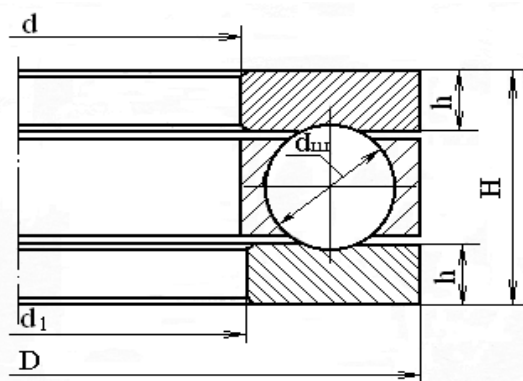


Рисунок В.9 – Подшипник шариковый упорный, однорядный

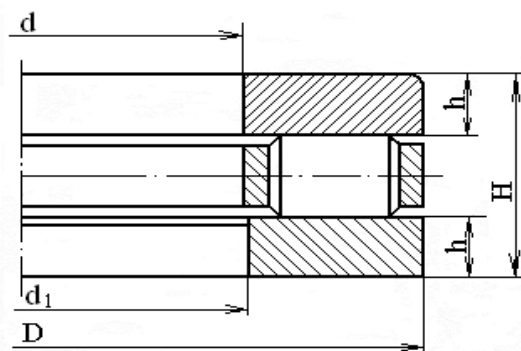


Рисунок В.10 – Подшипник роликовый упорный, однорядный

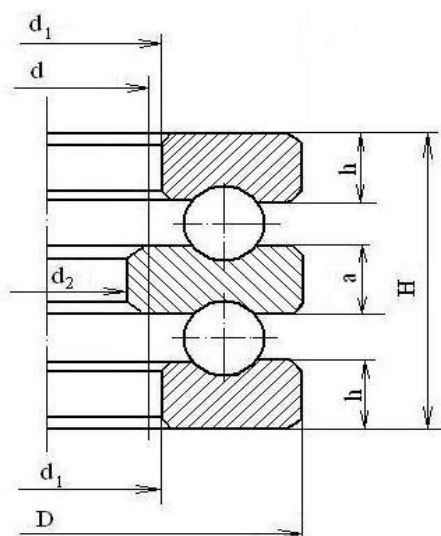


Рисунок В.11 – Подшипник шариковый упорный двухрядный

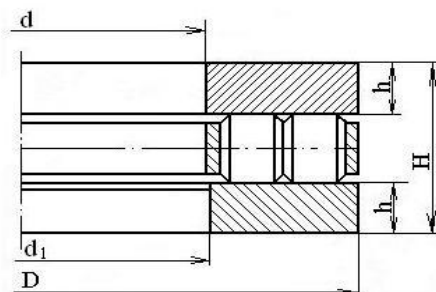


Рисунок В.12 – Подшипник роликовый упорный двухрядный

Таблица В.1 – Обозначение серий подшипников по габаритным размерам

Серия по диаметру		Характеристика ширины	Обозначение серий в типоразмере	
			3-я цифра справа	7-я цифра справа
Сверхлегкая	8	Узкая	8	7
		Нормальная	8	1
		Широкая	8	2
		Особо широкая	8	3
	8		4	
	9	Узкая	9	7
		Нормальная	9	1
		Широкая	9	2
		Особо широкая	9	3
			9	4
			9	5
	9		6	
Особо легкая	1	Узкая	1	7
		Нормальная	1	0
		Широкая	1	2
		Особо широкая	1	3
			1	4
			1	5
	1		6	
	7	Узкая	7	7
		Нормальная	7	1
		Широкая	7	2
Особо широкая		7	3	
Легкая	2 или 5*	Особо узкая	2	8
		Узкая	2	0
		Нормальная	2	1
		Широкая	5	0
		Особо широкая	2	3
Средняя	3 или 6*	Особо узкая	3	8
		Узкая	3	0
		Нормальная	3	1
		Широкая	6	0
		Особо широкая	3	3
Тяжелая	4	Узкая	4	0
		Широкая	4	2
Мелкогабаритная	0	Разные	0	0
Примечания:				
1. Цифры 5 и 6, отмеченные *, характеризуют серию по диаметру и ширине.				
2. Для упорных подшипников цифра 5 на третьем месте при цифре 0 на седьмом месте обозначает особо тяжелую серию.				

Таблица В.2 – Дополнительные условные обозначения подшипников
(справа от основного обозначения) и их отличительные признаки

Отличительные признаки подшипников	Дополнительные условные обозначения подшипников
Материалы деталей: - теплостойкие стали - цементируемые стали - стали со специальными присадками (ванадий, кобальт и др.) - коррозионностойкие стали - твердых сплавы, стекло, керамика и другие редко применяемые материалы. Материалы сепаратора: - безоловянистая бронза - черные металлы - алюминиевые сплавы - пластические материалы (текстолит и др.) - латунь. Специальные требования: - к температуре отпуска деталей (цифра при букве Т соответствует определенной температуре отпуска колец) - к шероховатости поверхности деталей, к радиальному зазору и осевой игре, к технологии изготовления (свинцевание, анодирование, кадмирование) колец из стали ШХ 15 или штампованных сепараторов из стали 10 или 20 - по шуму - по смазочному материалу, заполняющему подшипники шариковые однорядные типа 80000 с двумя защитными шайбами.	Р Х Э Ю Я Б Г Д Е Л Т, Т1, Т2, Т3 и т.д. У Ш С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7, С8

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г.
Титульный лист**

Министерство образования и науки РФ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»**

РЕДУКТОРЫ

**Лабораторные работы
Пояснительная записка**

_____ XXX.000.000 Пз

Разработал _____

Принял _____

Севастополь
20____г.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 2015г. Тираж _____ экз.
Издательство СевГУ