

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

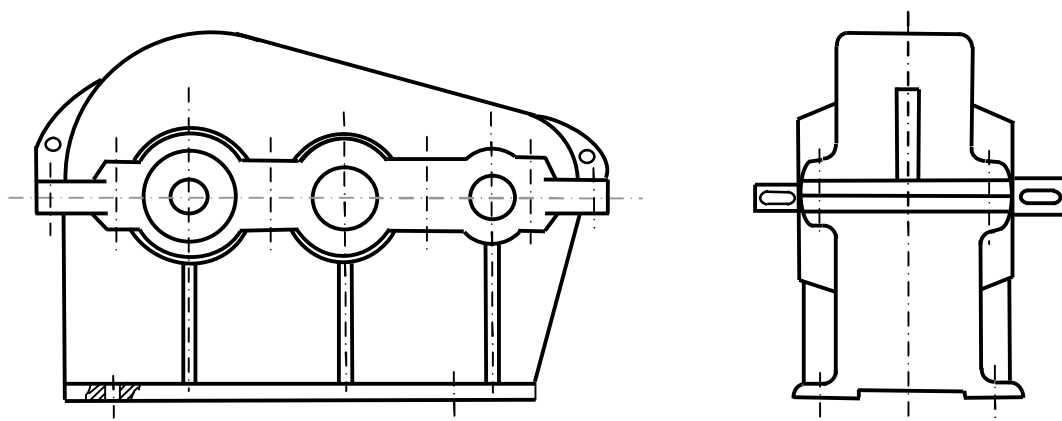
**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА**

Кафедра «Основы конструирования машин»

ИЗУЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

**ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ДЕТАЛИ МАШИН,
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА**

Методические указания для выполнения лабораторной работы
студентами всех инженерных специальностей



Бишкек 2011

«Рассмотрено»
на заседании кафедры
«Основы конструирования машин»

«Одобрено»
Методическим советом
ФТиМ

Прот. № 4 от 02.02.2011 г.

Прот. № 9 от 01.06.2011 г.

УДК 621.81

Составители: Туров В.А., Зыкова Е.П.

Изучение цилиндрического редуктора. Основы конструирования и детали машин, прикладная механика. Методические указания для выполнения лабораторной работы студентами всех инженерных специальностей /КГТУ им. И.Раззакова; сост.: В.А.Туров, Е.П.Зыкова. – Б.: ИЦ «Текник», 2011. – 12 с.

Предназначено для выполнения лабораторной работы по курсу «Детали машин» студентами механических, энергетических и технологических направлений очной и дистантной форм обучения.

Табл.: 3. Ил.: 5. Библиогр.: 4 наим.

Рецензент к.т.н., доц. Садиева А.Э.

Тех. редактор *Субанбердиева Н.Е.*

Подписано к печати 10.08.2011 г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆. Бумага офс. Печать офс.

Объем 0,75 п.л. Тираж 75 экз. Заказ 283. Цена 14 с.

Бишкек, ул. Сухомлинова, 20. ИЦ «Текник» КГТУ им. И.Раззакова, т.: 54-29-43

e-mail: beknur@mail.ru

Лабораторная работа

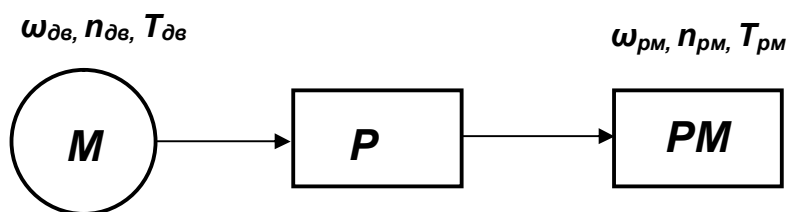
ИЗУЧЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕДУКТОРА

Цели работы:

1. Усвоить следующие понятия: редуктор, КПД редуктора, передаточное число, делительная окружность, окружности вершин и впадин зубьев колеса, межосевое расстояние, модуль и шаг зацепления зубчатых передач.
2. В результате выполнения работы студенты должны понять устройство и знать назначение редуктора и его деталей, знать системы смазки зубчатых передач и подшипников, уметь определять параметры зубчатых передач.

Общие сведения

Редуктором называют механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач (или тех и других вместе), выполненный в виде отдельного агрегата и служащий для передачи энергии от двигателя к рабочей машине с понижением угловой скорости ω (частоты вращения n) и повышением вращающего момента T [1,2].



M – двигатель, P - редуктор, PM – рабочая машина.

Редукторы классифицируют по следующим признакам:

- ▶ типу передачи (зубчатые, червячные, зубчато-червячные, червячно-зубчатые, планетарно-зубчатые, волновые);
- ▶ числу ступеней (одноступенчатые, двухступенчатые, трехступенчатые);
- ▶ типу зубчатых колес (цилиндрические, конические, коническо-цилиндрические);
- ▶ относительному расположению валов редуктора в пространстве (горизонтальные, вертикальные, и т.д.);
- ▶ особенностям кинематической схемы редуктора (развернутая, соосная, с раздвоенной ступенью и т.д.).

Выбор схемы редуктора, в первую очередь, зависит от общей компоновки установки (привода), для которой предназначен редуктор, и таких показателей, как требуемое взаиморасположение входного и выходного валов, ограничения по габаритам и весу, требования монтажа и доступность при эксплуатации и ремонте.

Кроме того, на выбор схемы и основных параметров редуктора влияют: передаваемая мощность, общее передаточное число, скорость колес, режим эксплуатации, различия по используемым материалам, технологиям изготовления и т.д.

Редукторы каждого типа характеризуют следующими основными пара-

метрами:

- передаваемой мощностью;
- передаточным отношением – кинематической характеристикой редуктора;
- крутящим моментом и допускаемой консольной нагрузкой на выходном валу – силовой характеристикой редуктора;
- коэффициентом полезного действия.

При малых передаточных числах (обычно до 6,3) применяют одноступенчатые редукторы. Основное распространение в машиностроении имеют двухступенчатые редукторы, для которых характерны передаточные числа от 8 до 40.

Из двухступенчатых редукторов наибольшее распространение имеют трехосные редукторы, выполненные по развернутой схеме (рис. 1, а), реже соосные (рис. 1, б) и коническо-цилиндрические (рис. 1, в), в которых коническая передача – ведомая.

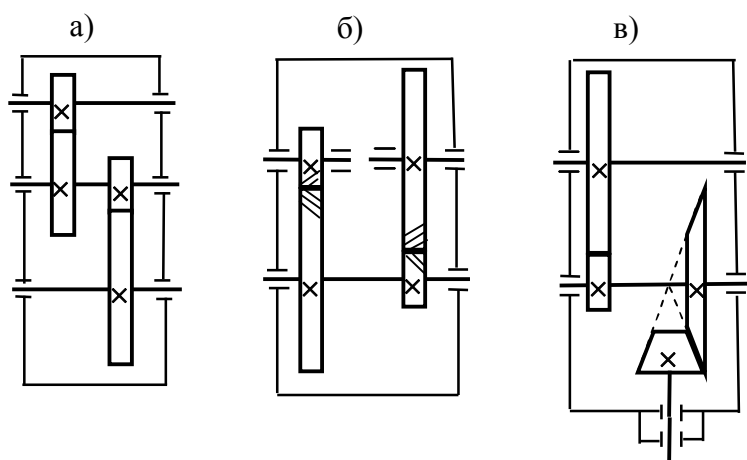


Рис.1. Наиболее распространенные схемы редукторов

Редукторы цилиндрические. Общие сведения [1,2,3,4]

Редуктор состоит из корпуса, отлитого из чугуна, алюминиевого сплава или стали. Корпус также может быть сварной. В корпусе размещены зубчатые колеса, валы, подшипники качения, крышки подшипников.

Каждый из валов установлен в корпусе редуктора на двух подшипниках. Для залива масла в редуктор в его крышке предусмотрено отверстие, закрытое крышкой, а для слива масла – отверстие в нижней части корпуса, закрытое пробкой. Для контроля уровня масла служит маслоуказатель. Смазывание осуществляется из общей масляной ванны: деталей зацеплений – окунанием, а подшипников разбрызгиванием.

В редукторах часто применяют косозубые или шевронные передачи, которые, по сравнению с прямозубыми, обладают повышенной несущей способностью и меньшей шумностью. Шестерни редукторов часто изготавливают заодно с валом из проката или поковок. Колеса выполняют штампованными – в не больших, и литыми – в крупных редукторах.

Материал шестерен и колес – среднеуглеродистая легированная (например, *Сталь – 45 X*) или среднеуглеродистая сталь (например, *Сталь – 45*).

Основные параметры зубчатых колес

Часть зубчатого колеса, содержащая все зубья, называют венцом; часть колеса, насаживаемую на вал, называют ступицей. Делительной окружностью зубчатого колеса называют его окружность, по которой производят деление цилиндрической заготовки на Z равных частей. Делительная окружность диаметром d делит зуб на две части – головку зуба высотой h_a и ножку зуба высотой h_f , высота зуба $h = h_a + h_f$. Расстояние между одноименными точками соседних зубьев, измеренное по дуге делительной окружности, называется окружным шагом и обозначается P . Линейную величину, в π раз меньшую окружного шага, называют модулем зубьев m и измеряют в миллиметрах. $m = P / \pi$.

Диаметр делительной окружности определяют (для колес без смещения зубонарезного инструмента) по формуле:

$$d = mZ,$$

где Z – число зубьев колеса.

Диаметр вершин и диаметр впадин зубьев определяют по зависимостям:

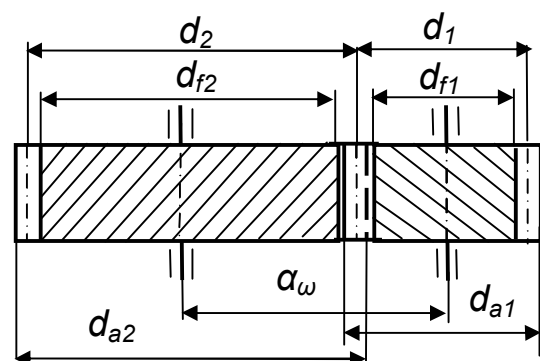
$$d_a = d + 2m = mZ + 2m = m(Z + 2),$$

$$d_f = d - 2,5m = mZ - 2,5m = m(Z - 2,5).$$

Межосевое расстояние a_ω зубчатой передачи – это расстояние между центрами вращения зубчатых колес (рис.2). Величину межосевого расстояния можно выразить через делительные диаметры колес d_1 и d_2 :

$$a_\omega = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

Рис.2



Передаточное число U редуктора можно выразить как отношение числа зубьев (Z_2) ведомого колеса к числу зубьев ведущего (Z_1), диаметров (d) их делительных окружностей или угловых скоростей (ω) ведущего колеса к ведомому, причем, всегда это отношение большей величины к меньшей.

$$U = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2}.$$

Общее передаточное число $U_{общ}$ последовательного ряда зубчатых передач равно произведению передаточных чисел этого ряда.

$$U_{общ} = U_1 \cdot U_2 \cdot \dots \cdot U_n.$$

Конструкция редуктора

В данной лабораторной работе студенты изучают двухступенчатый

цилиндрический косозубый редуктор, выполненный по развернутой схеме, оси валов которого взаимно параллельны, и расположены в одной горизонтальной плоскости (рис. 3).

Вращение от электродвигателя передается на ведущий (быстроходный) вал 1, шестерня 4 с числом зубьев Z_1 выполнена заодно с валом. Такую деталь называют вал – шестерня. Опорами вала служат подшипники 5, которые закрываются крышками: глухой 6 и сквозной 7. В сквозной крышке 7 установлен сальник 8 для предотвращения вытекания масла из редуктора и для защиты его полости от загрязнений извне.

Шестерня 4 находится в зацеплении с зубчатым колесом 9 с числом зубьев Z_2 , насаженным на промежуточный вал 2, образуя быстроходную ступень редуктора. На этом же валу находится и шестерня 10 с числом зубьев Z'_2 , подшипники 11, и две глухие крышки 12.

Зубчатое колесо 13 ведомого (тихоходного вала) 3 зацепляется с шестерней 10 промежуточного вала, образуя тихоходную ступень редуктора. Вращение с ведомого вала через шпонку 30 передается на исполнительный механизм. Подшипники 14 ведомого вала закрыты глухой 15 и сквозной крышкой 16, в которой установлен сальник 17.

Корпус редуктора выполнен разъемным. Нижнюю часть 18 называют картером, верхнюю 19 – крышкой. Оси всех валов 1,2,3 редуктора лежат в плоскости разъема, что обеспечивает удобную сборку редуктора, т.к. каждый вал может быть установлен в картер в заранее собранном виде. Картер редуктора соединяют с крышкой болтами 20 с гайками 21 и пружинными шайбами 22.

Для точного фиксирования крышки редуктора относительно картера в конструкции редуктора предусмотрены два цилиндрических штифта 23. Их ставят перед обработкой отверстий под подшипники, чтобы обеспечить соосность обрабатываемых отверстий.

Для предотвращения подтекания масла через плоскость разъема эти поверхности перед сборкой покрывают спиртовым лаком или жидким стеклом.

При разборке редуктора для облегчения отделения друг от друга склеившихся корпусных деталей (картера и крышки), используют два отжимных винта (на рис. 3 не показаны), которые ввинчены во фланец крышки и при завинчивании упираются торцами во фланец картера, отжимая крышку от картера.

Для подъема и транспортировки редуктора предусмотрены проушины 24. Для этих же целей в редукторах могут быть использованы крюки и рым-болты. Для контроля уровня масла в приливе редуктора 25 на резьбе установлен маслоуказатель, а для слива отработанного масла предусмотрена резьбовая пробка 26. В крышке редуктора имеется смотровое окно 27, через которое проводят осмотр зацепления и заливают масло.

Вращающий момент от валов на зубчатые колеса передается с помощью шпонок 28 и 29.

В изучаемом редукторе установлены наиболее дешевые радиальные однорядные шариковые подшипники качения 5, 11, 14. Эти подшипники удобны в монтаже и воспринимают не только радиальную, но еще и небольшую осевую нагрузку. Оба подшипника на каждом из валов (пара подшипников) имеют

одинаковые размеры, что облегчает обработку отверстий под подшипники в корпусе редуктора, и сокращает номенклатуру подшипников.

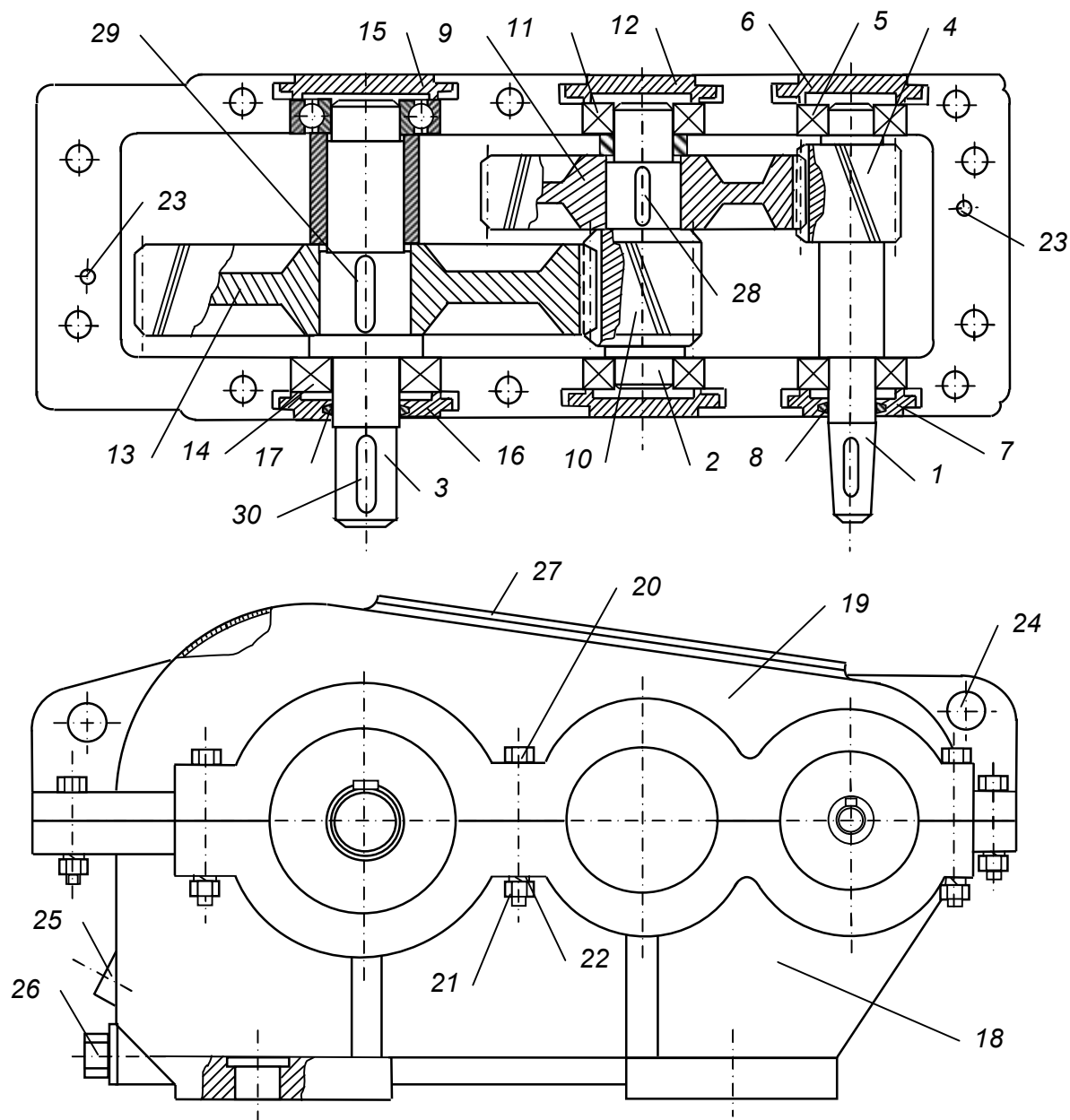


Рис. 3. Редуктор цилиндрический двухступенчатый

Радиальные шариковые подшипники применяют при отношении $F_a/F_r \leq 0,35$ (F_a, F_r – осевая и радиальная нагрузки в зубчатом зацеплении).

Крышки, закрывающие подшипники, выполняют привертными (торцевыми) или закладными. Привертные (рис.4, а) удобны в эксплуатации, так как обеспечивают доступ к подшипникам для осмотра и их смазки без разборки редуктора, но имеют большой вес и требуют специального крепления к корпусу. Закладные (рис.4,б) упрощают конструкцию, улучшают внешний вид, снижают вес редуктора, но усложняют расточку отверстия ввиду необходимости протачивать канавки для кольцевых выступов крышки и менее удобны в эксплуатации, так как для смазки подшипников необходимо разобрать редуктор. В изучаемом редукторе установлены закладные крышки 6, 12 и 15 (рис. 3).



Рис. 4. Крышки подшипниковых узлов: а) привертная (торцевая), б) закладная

Смазка колес и подшипников

Смазка в редукторе предназначена для: уменьшения потерь на трение в зубчатом зацеплении; предохранения от коррозии; охлаждения поверхностей в процессе трения; уменьшения шума и износа.

В изучаемом редукторе для зубчатых колес применена смазка окунанием, используемая при окружных скоростях колес до 12 м/с. Тихоходные колеса одноступенчатых цилиндрических редукторов погружают в масло на глубину, равную по размерам двум-трем модулям, в двухступенчатых - на глубину, равную четырем-пяти модулям. Предельная глубина погружения равна одной трети радиуса тихоходного колеса.

При картерной смазке колес подшипники качения смазываются брызгами масла, если скорость колес $V \geq 4$ м/с. При меньших скоростях применяют самостоятельную смазку подшипников консистентными мазями. Обильная смазка подшипников вредна, так как возрастает сопротивление вращению, поэтому подшипники, расположенные около быстро вращающихся шестерен, защищены маслоотражательными шайбами. При смазке консистентными маслами (например, солидолом) подшипники изолируют от картерной смазки.

Для осмотра зацепления и заливки масла в крышке редуктора 27 предусмотрено смотровое окно, закрытое крышкой. В нижней части картера имеется отверстие с резьбой, предназначенное для слива отработанного масла. Сливное отверстие закрыто резьбовой пробкой 26 с прокладкой из маслостойкой резины. Контроль уровня масла осуществляют с помощью жезлового маслоуказателя.

Порядок выполнения работы

Изучить данное методическое руководство.

1. Ознакомиться с конструкцией редуктора.
2. Замером определить некоторые конструкционные, габаритные и присоединительные размеры редуктора в соответствии с рис. 5.

Конструкционными размерами являются: межосевые расстояния передач, размеры шестерен и зубчатых колес, расстояние от основания корпуса до плоскости разъема.

Под габаритными понимают три наибольших размера редуктора по длине,

высоте, ширине. Эти размеры нужны для размещения редуктора в приводном устройстве.

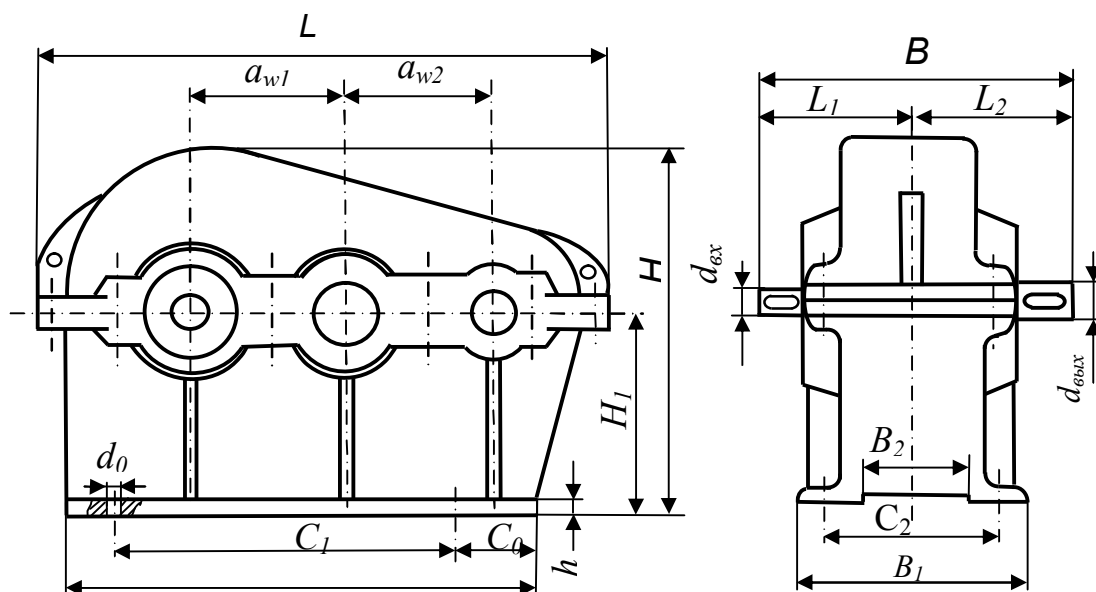


Рис. 5

К присоединительным размерам относят: размеры установочной плоскости, которой редуктор ставится на плиту или раму, размеры и размещение отверстий под винты для крепления редуктора, размеры выходных концов быстроходного и тихоходного валов и размеры, определяющие их расположение относительно друг друга и относительно установочной плоскости.

3. Для быстроходной и тихоходной ступеней подсчитать число зубьев шестерен (Z_1, Z_2) и колес (Z_2, Z_3), измерить ширину колес b_2 и b_3 , и межосевые расстояния $a_{\omega 1}$ и $a_{\omega 2}$.

4. Провести геометрический расчет передач редуктора, для чего необходимо определить: а) передаточные числа

$$U_1 = \frac{Z_2}{Z_1}, U_2 = \frac{Z_3}{Z'_2} \text{ и } U_{\text{общ}} = U_1 \times U_2;$$

б) коэффициенты ширины колес

$$\psi_1 = \frac{b_1}{a_{\omega 1}}, \psi_2 = \frac{b_2}{a_{\omega 2}};$$

в) модули зацепления:

$$m_1 = \frac{2a_{\omega 1}}{Z_1 + Z_2} \text{ и } m_2 = \frac{2a_{\omega 2}}{Z'_2 + Z_3}.$$

Учитывая, что угол наклона зубьев в косозубых передачах небольшой ($\beta = 8^\circ \dots 15^\circ$), величину модуля зацепления округляют до значения из стандартного ряда СТ СЭВ 310-76 (табл.1).

Таблица 1

1 ряд	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
2 ряд	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	-	7	9

Величины модуля m первого ряда предпочтительнее.

г) углы наклона зубьев

$$\beta_1 = \arccos \frac{m_1(Z_1 + Z_2)}{2a_{\omega 1}} \text{ и } \beta_2 = \arccos \frac{m_2(Z'_2 + Z_3)}{2a_{\omega 2}};$$

д) диаметры окружностей вершин зубьев колес

$$d_{a1} = m_1 \left(\frac{Z_1}{\cos \beta_1} + 2 \right), \quad d_{a2} = m_1 \left(\frac{Z_2}{\cos \beta_1} + 2 \right);$$

$$d'_{a2} = m_2 \left(\frac{Z'_2}{\cos \beta_2} + 2 \right), \quad d_{a3} = m_2 \left(\frac{Z_3}{\cos \beta_2} + 2 \right)$$

и диаметры делительных окружностей

$$d_1 = d_{a1} - 2m_1, \quad d_2 = d_{a2} - 2m_1;$$

$$d'_2 = d'_{a2} - 2m_2, \quad d_3 = d_{a3} - 2m_2.$$

Полученные замером и расчетом параметры редуктора занести в таблицы 2 и 3, соответственно, предварительно переписав их в отчет по лабораторной работе.

Таблица 2

Результаты замеров основных параметров редуктора

Наименование параметров	Обозначение	Ед. измер.	Результаты замеров
длина	L	мм	
ширина	B	мм	
высота	H	мм	
диаметр	d_{BX}	мм	
длина	l_1	мм	
диаметр	$d_{ВВХ}$	мм	
длина	l_2	мм	
числа зубьев колес:	Z_1	-	
	Z_2		
	Z'_2		
	Z_3		
ширина шестерен	b_1	мм	
	b'_2	мм	
межосевые расстояния	$a_{\omega 1}$	мм	
	$a_{\omega 2}$	мм	
ширина колес	b_2	мм	
	b_3	мм	
расстояние от опорной поверхности нижнего фланца до оси колес	H_1	мм	
толщина нижнего фланца	h	мм	
размеры опорной поверхности нижнего фланца	B_1	мм	
	B_2	мм	
расстояние между осями под фундаментные болты	C_1	мм	
	C_2	мм	
диаметр отверстия под фундаментный болт	d_o	мм	

Результаты расчета параметров редуктора

Наименование параметров	Обозначение	Ед. измер.	Результаты вычислений
передаточное число первой ступени	U_1	-	
передаточное число второй ступени	U_2	-	
общее передаточное число редуктора	$U_{общ}$	-	
модуль зацепления первой ступени	m_1	мм	
модуль зацепления второй ступени	m_2	мм	
делительный диаметр шестерни	d_1	мм	
диаметр вершин	d_{a1}	мм	
диаметр впадин	d_{f1}	мм	
делительный диаметр колеса	d_2	мм	
диаметр вершин	d_{a2}	мм	
диаметр впадин	d_{f2}	мм	
делительный диаметр	d'_2	мм	
диаметр вершин	d'_{a2}	мм	
диаметр впадин	d'_{f2}	мм	
делительный диаметр	d_3	мм	
диаметр вершин	d_{a3}	мм	
диаметр впадин	d_{f3}	мм	

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют редуктором?
2. Сколько ступеней в данном редукторе и как они называются?
3. Как называется нижняя и верхняя части редуктора?
4. Перечислите основные параметры цилиндрических редукторов.
5. По каким признакам классифицируют редукторы?
6. Как определить передаточное число одной передачи, последовательного ряда зубчатых колес?
7. Что такое делительная окружность, окружности вершин и впадин зубьев колеса?
8. Для чего в редукторе предназначены штифты?
9. В каком случае применяются радиальные шариковые подшипники?
10. Сравнительная оценка привертных (торцевых) и закладных крышек.
11. Как смазываются в редукторах детали зацепления и подшипники?
12. На какую глубину погружают в масло зубчатые колеса?
13. Когда применяют картерную смазку?
14. Как контролируют уровень масла в редукторах?
15. С помощью каких средств предусмотрен захват при подъеме и транспортировке редуктора?
16. Каково назначение пробки в нижней части редуктора и крышки в верхней части? Как заливают масло в редуктор?

Литература

1. Решетов Д.Н. Детали машин. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. Курсовое проектирование. – М.: Высшая школа, 1975.
3. Курсовое проектирование деталей машин. Учеб.пособие для техникумов/ Чернавский С.А. и др. – М.: Машиностроение, 1979.
4. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. – М.: Высшая школа, 1985.