

8. Редукторы

8.1. Назначение

Системы передач образуют редукторы или мультипликаторы.

Мультипликатор это механизм с постоянным передаточным числом, от входа к выходу повышающий угловую скорость и понижающий вращающий момент.

Редуктор это механизм с постоянным передаточным числом, от входа к выходу понижающий угловую скорость и повышающий вращающий момент.

Поскольку конструкции этих механизмов в принципе одинаковы, в дальнейшем изложении будем речь вести о редукторах, имея в виду и редукторы, и мультипликаторы.

Назначение механизма – обеспечение заданной скорости движения выходного вала при требуемых нагрузках и условиях работы.

В случае необходимости регулирования скорости на выходном валу механизма его передаточное число можно сделать ступенчато изменяющимся за счёт пересопряжения некоторых зубчатых колёс. Пересопряжение зубчатых колёс обеспечивается либо переключением муфт, либо осевым смещением некоторых зубчатых колёс. При этом отдельные передачи и весь механизм могут работать как в режиме редуктора, так и в режиме мультипликатора. Такие конструкции называются коробками скоростей.

8.2. Конструкция редукторов

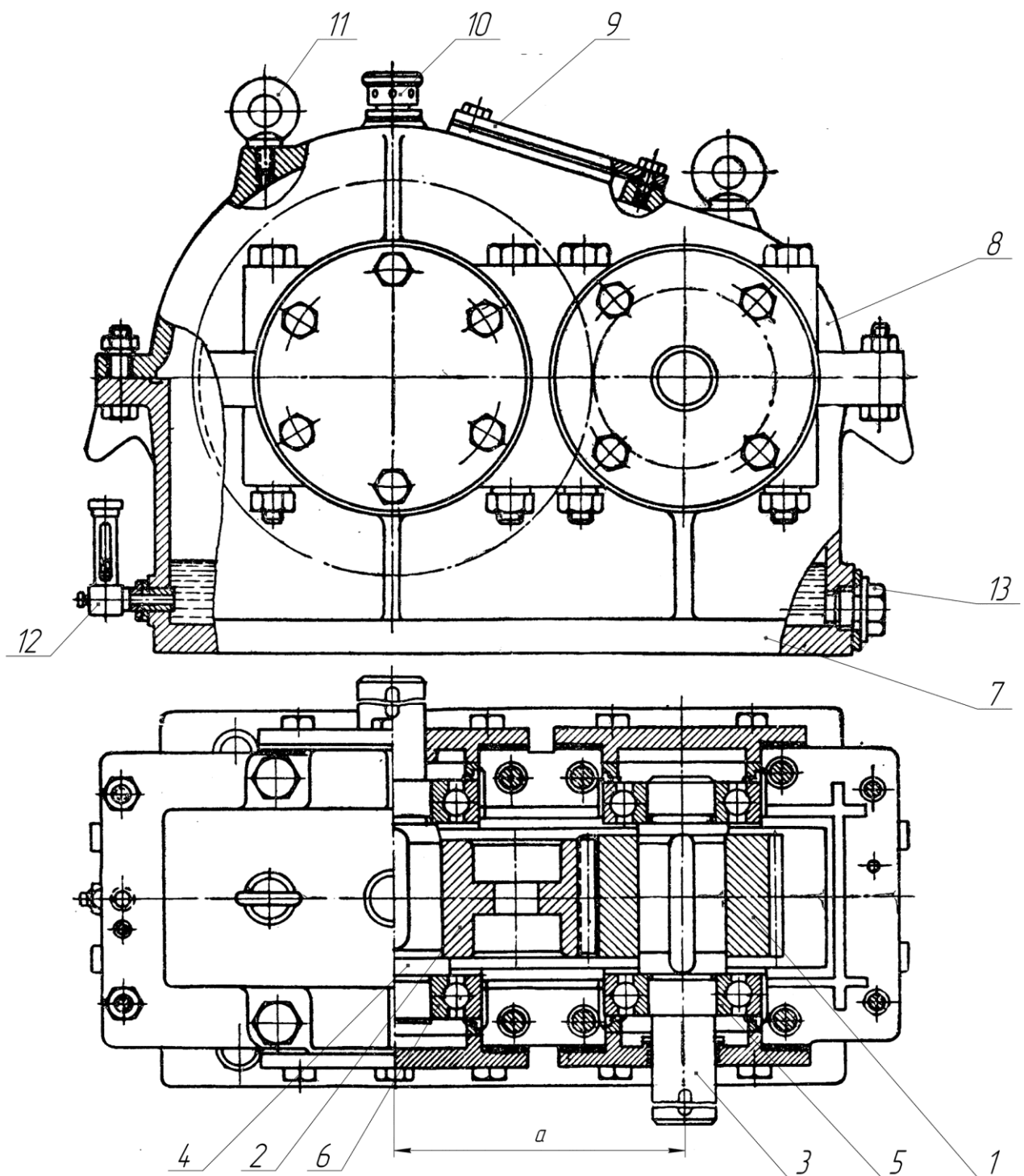
Редукторы состоят из:

- передач зубчатых, червячных, планетарных, волновых в различных комбинациях;
- валов, которые несут детали передач;
- опор валов – подшипников качения или скольжения;
- корпуса, обеспечивающего постоянство положения в пространстве деталей передач, их изоляцию от окружающей среды и хорошие условия для смазки.

Для удобства монтажа корпус редуктора выполняется разъёмным, состоящим из двух – трёх частей. Для обеспечения эксплуатации на корпусе имеются:

- смотровые лючки для контроля состояния рабочих поверхностей зубьев передач;
- рым-болты или другие элементы для транспортировки редуктора;
- маслоуказатель для контроля уровня масла;
- отдушина для сообщения полости редуктора с атмосферой, чтобы поддерживать давление в его полости на уровне атмосферного;
- пробка для слива масла.

В качестве примера на рисунке 8.1. приведен редуктор, на котором показаны все эти элементы.



1 – ведущая шестерня; 2 – ведомое колесо; 3 – ведущий вал; 4 – ведомый вал; 5 – опора ведущего вала; 6 – опора ведомого вала; 7 – корпус редуктора; 8 – крышка корпуса; 9 – смотровой лючок; 10 – отдушина; 11 – рым – болт; 12 – указатель уровня смазки; 13 – пробка для слива масла.

Рис.8.1. Цилиндрический одноступенчатый зубчатый редуктор

8.3. Классификация редукторов

8.3.1. По принципу построения различают:

- рядовые редукторы с последовательным рядом передач, у которых оси вращения зубчатых колёс неподвижны;
- планетарные редукторы, у которых ось хотя бы одного колеса переме-

щается в пространстве.

8.3.2. По типу применяемых в редукторе передач различают редукторы:

- цилиндрические;
- конические;
- червячные;
- комбинированные: коническо-цилиндрические, червячно-

цилиндрические, и т.п.;

8.3.3. По числу ступеней редукторы могут быть:

- одноступенчатые;
- многоступенчатые: двух-, трёх- и т.д., число ступеней всегда на едини-

цу меньше числа валов.

8.3.4. По расположению валов в пространстве:

- горизонтальные – валы расположены в горизонтальной плоскости;
- вертикальные – сами валы горизонтальные, но следуют друг за другом

в вертикальной плоскости;

- редукторы с вертикальными валами – оси вращения таких валов - вертикальные.

8.3.5. По взаимному расположению осей валов:

- развёрнутые: оси валов расположены последовательно друг за другом;
- соосные: оси вращения ведущего и ведомого валов совпадают.

В качестве примера на рисунке 8.2 приведены кинематические схемы некоторых типов редукторов.

8.3.6. Оптимизация конструкций редукторов при проектировании

Оптимальной считается конструкция, которая занимает минимальный объём и создаёт наилучшие условия для обеспечения смазки зубчатых колёс. С этой точки зрения оптимальными (или близкими к ним) будут конструкции двухступенчатых редукторов, у которых равны диаметры зубчатых колёс первой и второй ступеней, а у трёхступенчатых редукторов равны диаметры колёс второй и третьей ступеней.

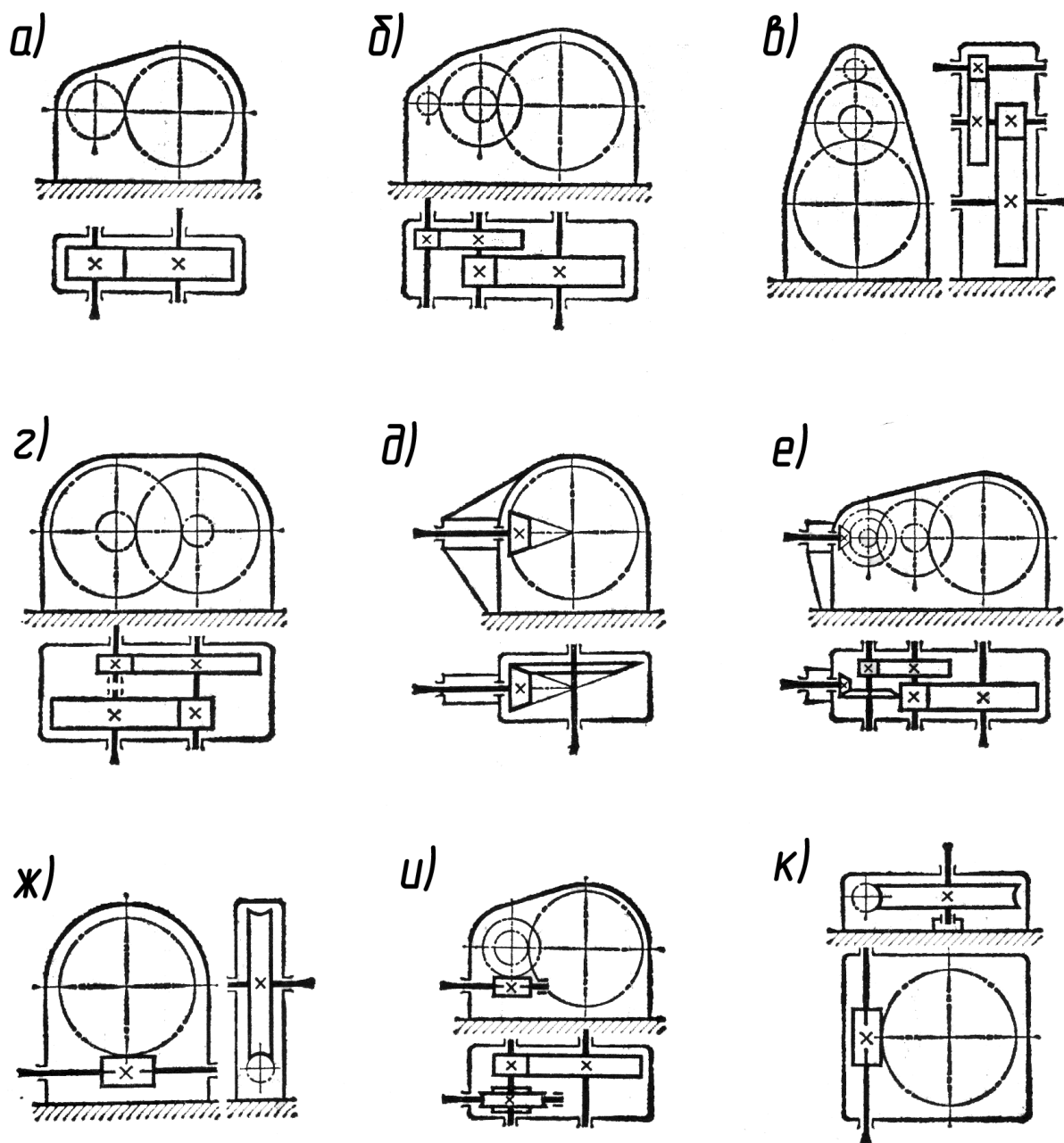
8.4. Смазка передач и подшипников редукторов

В большинстве случаев в редукторах применяется картерная смазка: в корпус редуктора заливается масло из расчёта 0.3...0.7 л/кВт передаваемой мощности в зубчатых редукторах и 0.7...1.0 л/кВт в червячных. При таком способе смазки тихоходные колёса погружаются в масло на 4...5 модулей, но не более чем на 1/3 диаметра колеса. Остальные элементы конструкции редуктора смазываются за счёт масляного тумана, возникающего при работе его передач.

Сорт масла подбирается по вязкости. При выборе смазочных материалов необходимо учитывать величину нагрузки и скорость движения. Вязкость смазки должна быть тем больше, чем больше нагрузка и меньше скорость.

В червячных редукторах для повышения противозадирных свойств в смазку добавляют жиры от 3 до 10%.

При малой скорости зубчатых колёс разбрызгивание смазки не обеспечивает смазки подшипников. Поэтому при окружных скоростях колёс до



а – цилиндрический одноступенчатый редуктор; б – цилиндрический двухступенчатый развёрнутый редуктор; в – вертикальный редуктор; г - цилиндрический соосный редуктор; д – конический одноступенчатый редуктор; е – коническо-цилиндрический трёхступенчатый редуктор; ж – червячный одноступенчатый редуктор; и – червячно-цилиндрический редуктор; к - червячный одноступенчатый горизонтальный редуктор

Рис.8.2. Кинематические схемы редукторов некоторых типов

2...3 м/с подшипники смазывают пластическими смазками. Для этого в расточку корпуса под подшипник со стороны полости редуктора ставятся ма-зеудерживающие шайбы, а в полость подшипника набивается консистентная (пластичная) смазка. Обычно она занимает 2/3 объёма расточки под подшип-ник.

8.5. Стандартные редукторы

8.5.1. Общие сведения

Промышленностью выпускается серийно значительное количество редукторов (более 1.200.000) по различным кинематическим схемам.

Нужно отметить, что в настоящее время в РФ более 40% выпускаемых редукторов – червячные (в США 10...15%, в Германии до 7%). Так как КПД червячных передач низок, столь широкое их использование приводит к большим потерям мощности.

В серийных цилиндрических редукторах используется не только эвольвентное зацепление, но и зацепление Новикова, а в червячных - Архимедовы червяки и глобоидные.

Выпускаются серийно также агрегаты, состоящие из электродвигателя и редуктора – мотор-редукторы. Как правило, это асинхронный четырёхполюсный электродвигатель (т.е. с $n_c = 1500$ об/мин), установленный на соосный, червячный, планетарный или волновой редуктор.

У серийных редукторов и у мотор-редукторов стандартный ряд передаточных чисел, межосевых расстояний, высот осей валов, размеров выходных концов валов, габаритных и присоединительных размеров, моментов на ведомом валу.

Поскольку редукторы выпускаются на продажу, их конструкции далеки от оптимальности. Поэтому, если в технических требованиях на создаваемую машину имеются ограничения по массе или габаритам, пользоваться ими нужно только после обязательной проверки.

8.5.2. Маркировка серийных редукторов

Полное обозначение серийных редукторов состоит из шести частей

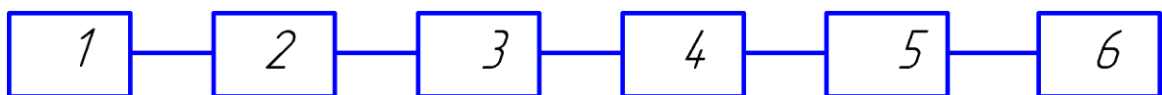


Рис. 8.3. Обозначение серийных редукторов

1 – буквенно –цифровое обозначении типа редуктора и числа ступеней.

Здесь приняты такие обозначения:

- Ц – цилиндрический;
- К –конический;
- Ч – червячный;
- Пз – планетарный ;
- Вз – волновой;
- Н – в редукторе применена передача Новикова.

Цифры после буквы – число ступеней (единица не пишется).

Иногда в обозначении появляется цифра впереди этих букв – это номер модернизации конструкции.

2 – главный параметр редуктора в мм.

В качестве главного параметра принимаются:

- для одноступенчатых цилиндрических и червячных редукторов - межосевое расстояние;

- для планетарных редукторов – делительный диаметр центрального колеса с внутренними зубьями или радиус расположения осей сателлитов;
- для волновых редукторов – начальный диаметр гибкого колеса в недеформированном состоянии;
- для конических одноступенчатых редукторов – делительный диаметр на наружном дополнительном конусе ведомого колеса;
- для любых многоступенчатых редукторов – межосевое расстояние тихоходной ступени.

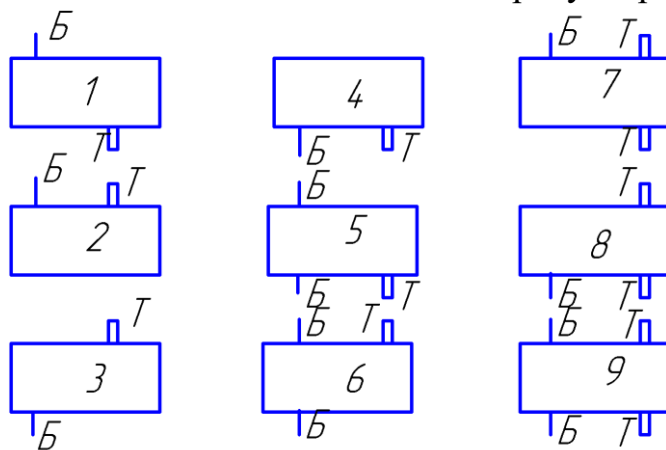
Иногда буква Н ставится после этой цифры.

3 – передаточное число редуктора.

Передаточные числа редукторов регламентируются стандартом и представляют собой два ряда чисел: первый ряд- 1; 1.25; 1.5; 2; 2.5..., второй ряд 1.125; 1.375; 1.75...

4 – вариант сборки редуктора.

Из одних и тех же деталей редуктор можно собрать по-разному. Отличительным признаком здесь является



расположение выходных концов быстроходного Б и тихоходного Т валов. Например, одноступенчатый цилиндрический редуктор имеет девять вариантов сборки (рис.8.4). Каждая схема сборки имеет свой номер. Схемы сборки обычно приводятся в описании редуктора или нормали на него. Этот номер и указывается в обозначении редуктора.

Рис.8.4. Схемы сборки одноступенчатого цилиндрического редуктора

5 – форма выходного конца вала: К – конический; Ц – цилиндрический.

Иногда здесь указывают форму и входного, и выходного концов валов.

6 – климатическое исполнение по ГОСТ15150-69:

- У- для умеренного климата;
- Т – для тропического климата;
- О – общеклиматическое;
- Хл – для холодного климата;
- М – морское исполнение.

Вся территория страны разбита на зоны, поэтому здесь, кроме климатического исполнения, указывается зона эксплуатации.

Таким образом, обозначение редуктора КЦ2-125Н- 71-41 - К_{вх}Ц_{вых}-У1 расшифровывается следующим образом: редуктор коническо - цилиндрический (КЦ), двухступенчатый (2), межосевое расстояние тихоходной ступени - 125мм, передачи с зацеплением Новикова (Н), передаточное число редуктора - 71, вариант сборки - 41, выступающий конец входного вала – конический, выступающий конец выходного вала – цилиндрический, редуктор предназначен для умеренного климата, зона 1.

8.5.3. Выбор серийных редукторов

Серийные редукторы подбираются по передаточному числу, максимальному вращающему моменту на тихоходном валу, допускаемым радиальным усилиям на выступающих концах ведущего и ведомого валов при принятом режиме эксплуатации. Необходимо выполнение условий

$$T_{\text{ном}} \geq K_{\text{реж}} T_{\text{мах}}; \quad R_{\text{ном}} \geq K_{\text{реж}} R_{\text{мах}},$$

где $T_{\text{ном}}$ и $R_{\text{ном}}$ - номинальные вращающий момент и радиальная нагрузка на выступающие концы валов, приводятся в характеристике редуктора для определённой продолжительности включения (ПВ%);

$T_{\text{мах}}$ и $R_{\text{мах}}$ - требуемые нагрузки на редуктор;

Коэффициент режима работы

$$K_{\text{реж}} = K_{\text{дв}} K_{\text{ПВ}} K_{\text{с}} K_{\text{н}} K_{\text{рев}} (K_{\text{ч}})$$

где $K_{\text{дв}}$ - коэффициент, зависящий от вида двигателя;

$K_{\text{ПВ}}$ - коэффициент, зависящий от продолжительности включения привода (режима работы);

$K_{\text{с}}$ - коэффициент, зависящий от продолжительности работы в течение суток;

$K_{\text{н}}$ - коэффициент, зависящий от характера нагрузки и числа пусков в течение часа работы;

$K_{\text{рев}}$ - коэффициент, учитывающий реверсивность нагрузки;

$K_{\text{ч}}$ - коэффициент, который вводится специально для червячных редукторов, он учитывает расположение червяка относительно колеса.

Значения указанных коэффициентов принимаются по таблицам, приведенным в характеристике редуктора.

Если необходимые условия не выполняются, то нужно переходить к большему типоразмеру редуктора.

При подборе редуктора нужно помнить, что серийные редукторы допускают кратковременную двухкратную перегрузку, а радиальная нагрузка приложена в середине посадочного места выступающего конца вала.

Контрольные вопросы

8.1. Элементы конструкций редукторов.

8.2. Классификация редукторов. Кинематические схемы различных конструкций.

8.3. Назначение редукторов и мультипликаторов.

8.4. Смазка передач и подшипников редукторов.

8.5. Маркировка серийных редукторов

8.6. Выбор серийных редукторов.