Преподаватель: Пыльченкова Елена Ивановна

Эл.почта elenaokzt@yandex.ru

**Название файла:** 5.12.20 г. Редукторы. Вращающие моменты и мощности на валах

**Задание должно быть выполнено до 7.12.20 г.**

Задание выполнять исключительно в виде фотографий заданий, сделанных от руки

Изучить тему, письменно в тетради/конспекте ответить на следующие вопросы

1. Для чего предназначен редуктор?
2. Характеристики редуктора.
3. Типы редукторов.
4. Из какого материала сделан корпус редуктора?
5. Достоинства и недостатки редуктора.

**Литература:** Электронная библиотека «Юрайт»

1. Техническая механика: учеб. пособие для СПО/ В.М. Зиомковский,  
И.В. Троицкий; под науч. ред. В.И. Вешкурцева. – М.: Издательство Юрайт,

2019. – 288 с – (серия: профессиональное образование).  
Режим доступа.  
[https://biblio-online.ru/viewer/tehnicheskaya-mehanika-442528#page](https://biblio-online.ru/viewer/tehnicheskaya-mehanika-442528#page/15)

## ЗУБЧАТЫЕ РЕДУКТОРЫ

**Назначение редукторов**

Зубчатые редукторы – механизмы, состоящие из одной или нескольких зубчатых передач, размещенных в корпусе, и служащие для уменьшения частоты вращения и увеличения вращающего момента (рис. 1.1). Преимущества зубчатых редукторов: малые габариты, высокий КПД (0,94…0,99), высокая нагрузочная способность, долговечность и надежность, простота в эксплуатации, постоянство передаточного отношения.

Недостатки: необходимость высокой точности изготовления, шум при работе на больших скоростях.

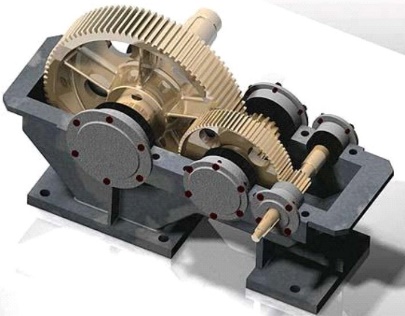


Рис. 1.1. Зубчатый редуктор

Зубчатые редукторы применяются в самых различных отраслях машиностроения, они разнообразны по кинематическим схемам и конструктивному исполнению.

Редукторы общемашиностроительного применения, несмотря на конструктивные различия, близки по основным технико-экономическим характеристикам: невысокие окружные скорости, средние требования к надёжности, точности и металлоемкости при повышенных требованиях по трудоемкости изготовления и себестоимости. Это их отличает от *специальных редукторов*(авиационных, судовых, автомобильных и др.), выполненных с учетом специфических требований, характерных для отдельных отраслей сельского хозяйства.

Внешние (потребительские) характеристики редукторов каждого типа определяются следующим:

- кинематической схемой редуктора,

- передаточным числом *u* (частотой вращения выходного вала),

- вращающим моментом на выходном валу,

- допускаемой консольной нагрузкой на выходном валу,

- силовой характеристикой редуктора,

- коэффициентом полезного действия (КПД).

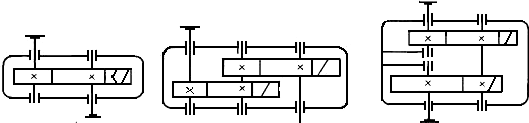
**Типы редукторов**

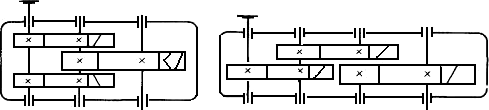
Рассмотрим наиболее распространенные схемы редукторов.

Редукторы, состоящие только из одной передачи, называют *одноступенчатыми* (рис. 1.2, *а*, *е*), их применяют при передаточных отношениях до 6,3…10.

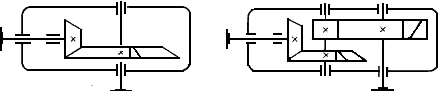
*Многоступенчатые* редукторы могут состоять как из нескольких однотипных передач, так и передач разного вида.

*Двухступенчатые* редукторы целесообразно применять при передаточных отношениях свыше 6,3…12,5. На рис. 1.3 для сравнения показаны схемы одноступенчатого и двухступенчатого цилиндрических редукторов с одинаковым передаточным отношением *i* = 10.



*а б в*

*г д*



*е ж*

Рис. 1.2. Схемы цилиндрических и конических редукторов

Наибольшее распространение имеют горизонтальные двухступенчатые редукторы с цилиндрическими колесами по развернутой схеме (рис. 1.2, *б*). Они имеют небольшую ширину, но несимметричное расположение колес относительно опор вызывает неравномерное распределение нагрузки между подшипниками и появление концентрации нагрузки по длине зубьев.

В редукторах с раздвоенной быстроходной ступенью (рис. 1.2, *г*) опоры расположены симметрично относительно зубчатых колес, благодаря чему достигаются их равномерная загруженность и благоприятное распределение нагрузки по ширине зубчатого венца.

В двухступенчатых цилиндрических редукторах, выполненных по соосной схеме (рис. 1.2, *в*), геометрические оси ведущего и ведомого валов совпадают, благодаря чему редукторы имеют малые габариты по длине, но увеличенные габариты по ширине.

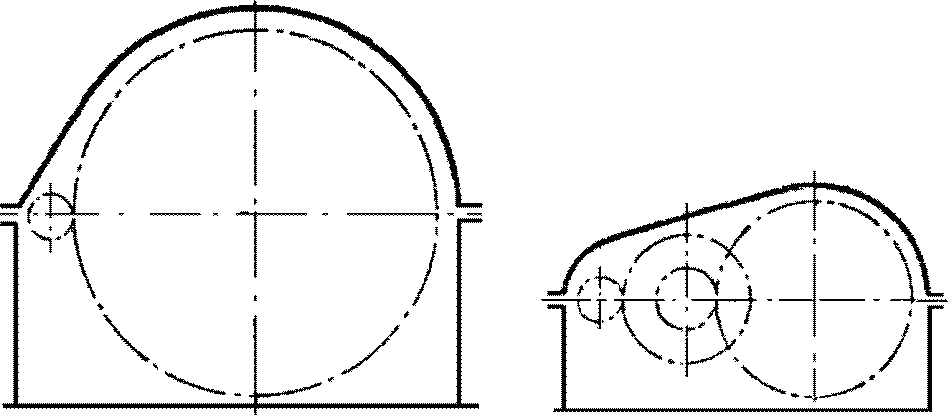


Рис. 1.3. Схемы одноступенчатого и двухступенчатого редукторов

Трехступенчатые редукторы применяют при передаточных отношениях 25…250 (рис. 1.2, д).

При необходимости передачи вращения между валами, оси которых пересекаются, применяют конические редукторы (см. рис. 1.2, е), а при больших передаточных отношениях – двухступенчатые конически цилиндрические (рис. 1.2, ж) или трехступенчатые конически- цилиндрические редукторы.

Для обозначения передач в редукторе используют заглавные буквы русского алфавита по простому правилу: Ц – цилиндрическая, П – планетарная, К - коническая, Ч – червячная, Г – глобоидная, В – волновая. Количество одинаковых передач обозначается цифрой. Оси валов, расположенные в горизонтальной плоскости, не имеют обозначения. Если все валы расположены в одной вертикальной плоскости, то к обозначению типа добавляется индекс В. Если ось быстроходного вала вертикальна, то добавляется индекс Б, а к тихоходному соответственно – Т.

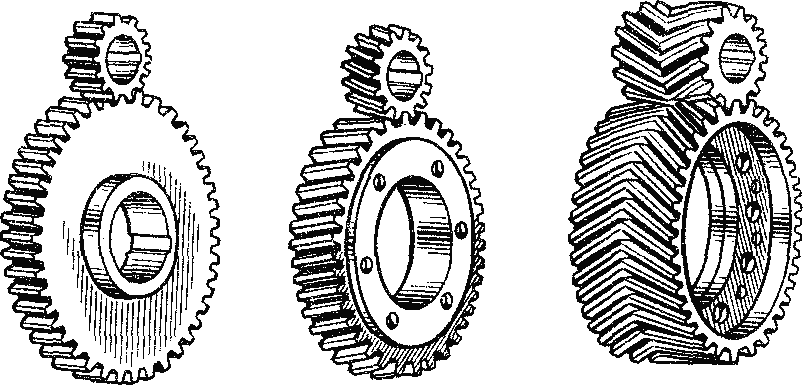
**Зубчатые колеса**

Передача движения в зубчатых редукторах осуществляется колесами цилиндрическими прямозубыми, косозубыми, шевронными (рис. 1.4, а–в) или колесами коническими с прямыми, косыми (тангенциальными), круговыми зубьями (рис. 1.4, г–е).

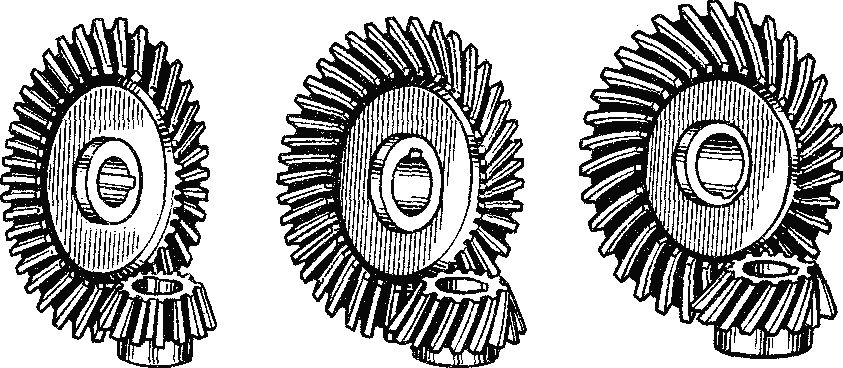
Прямозубые цилиндрические колеса (см. рис. 1.4, а) применяют при небольших (до 6 м/с) скоростях, небольших нагрузках, а также при необходимости осевого перемещения колес (в коробках передач).

Большую нагрузочную способность и плавность работы имеют зубчатые передачи с косозубыми колесами (см. рис. 1.4, б). Осевая сила в зацеплении, вызванная наклоном зубьев, передается через валы на опоры – подшипники. Косозубые колеса выполняют с углами наклона зубьев β = 8º...18º.

В передачах с шевронными колесами (см. рис. 1.4, в) угол наклона зубьев β = 25º…45º, однако осевые силы компенсируются противоположным наклоном зубьев и на подшипники не передаются. Колеса отличаются большей шириной и более трудоемки в изготовлении, их применяют в тяжело нагруженных высокоответственных передачах.



*а б в*

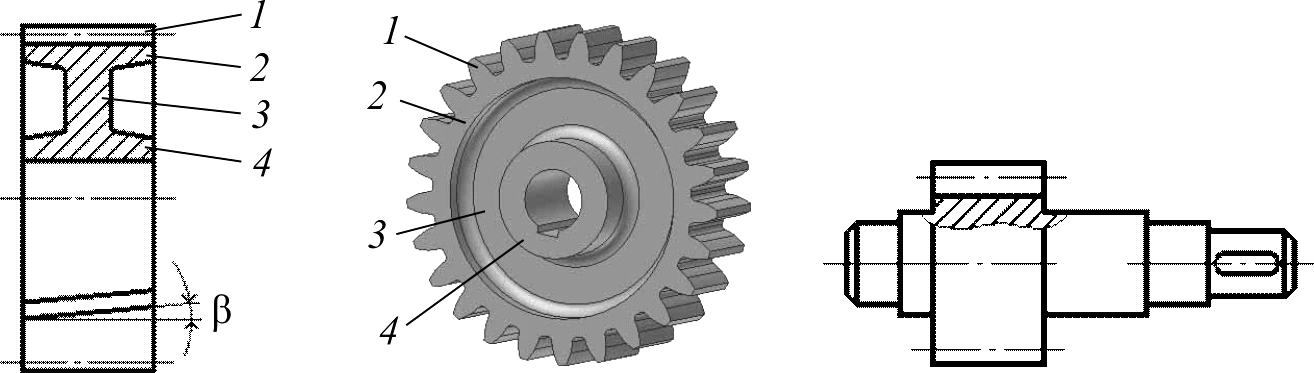


*г д е*

Рис. 1.4. Зубчатые колеса цилиндрические и конические

Конические колеса выполняют с *прямыми* зубьями при окружных скоростях до 3 м/с (см. рис. 1.4, *г*, *д*), при скоростях более 3 м/с – с *круговыми* зубьями (см. рис. 1.4, *е)*, которые являются наиболее технологичными.

Конструктивными элементами колеса являются (рис. 1.5, *а*, *б*):

*1* – *зубчатый венец*; *2* – *обод*; *3* – *диск*; *4* – *ступица*.

*а б в*

Рис. 1.5. Конструкции зубчатых колес

При небольших диаметрах колеса выполняют за одно целое с валом (*вал-шестерня*) (рис. 1.5, *в*). Такая конструкция отличается жесткостью, прочностью и технологичностью. Недостатком является необходимость изготавливать вал из того же материала, что и шестерню, часто более качественного и дорогого, чем требуется.

Основными материалами для зубчатых колес являются термически обрабатываемые стали, реже применяются чугуны и неметаллические материалы.

**Параметры зубчатой передачи**

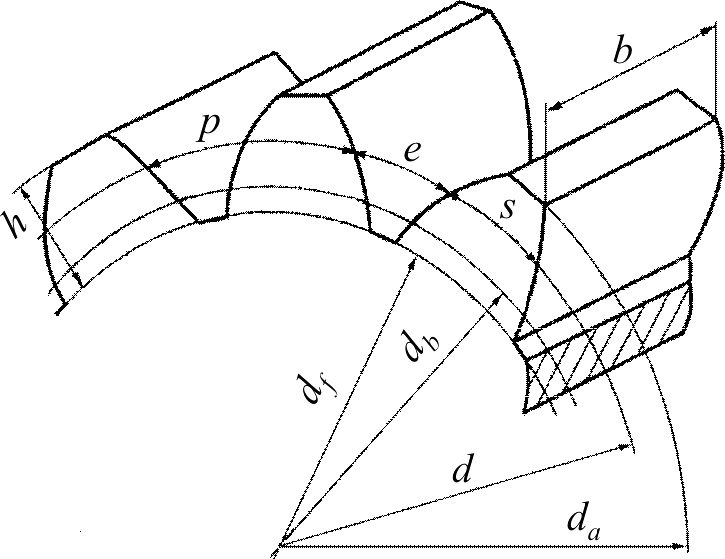
Основные параметры эвольвентного прямозубого колеса (рис. 1.6): *р* – окружной шаг; *d* – диаметр делительной окружности; *da*– диаметр вершин зубьев; *df*– диаметр впадин; *b* – ширина колеса (зубчатого венца); *h* – высота зуба.

Рис. 1.6. Параметры зубчатого колеса

Меньшее колесо зубчатой пары называют *шестерней*, а большее – *колесом*.

Передаточное отношение зубчатой передачи:

*i =* ω1*/* ω2*= z*2*/ z*1,

где ω1, ω2 – угловые скорости соответственно шестерни и колеса;

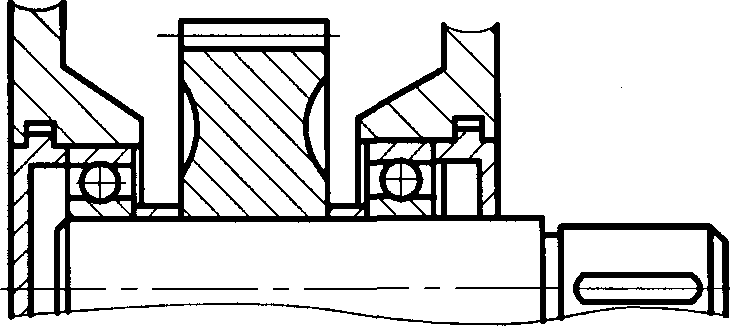
*z*1, *z*2*–* числа зубьев шестерни и колеса.

**Валы**

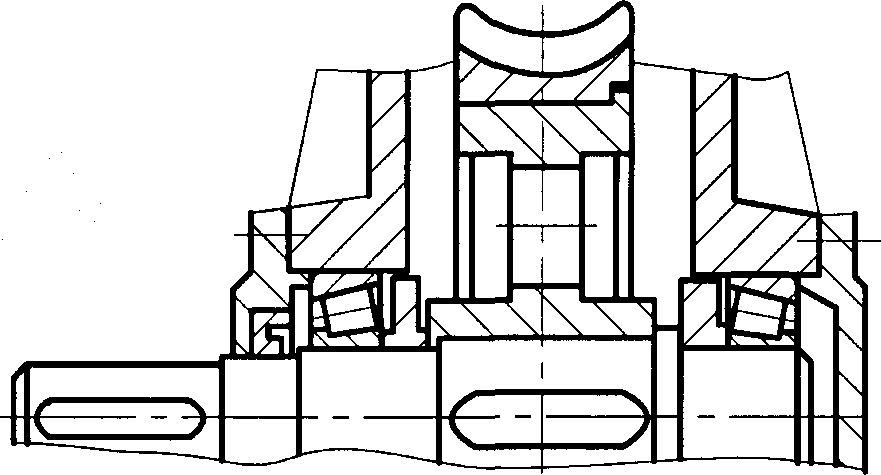
Валы поддерживают закрепленные на них детали и передают вращающий момент. Они могут быть *гладкими* (рис. 1.7, *а*) или *ступенчатыми* (рис. 1.7, *б*).

Ступенчатая форма вала упрощает сборку, позволяет рационально использовать металл за счет уменьшения размеров менее нагруженных участков, обеспечивая равно прочность конструкции. Уступы вала служат для фиксации деталей в осевом направлении.

Гладкие валы имеют один номинальный диаметр, а участки под различные детали отличаются допусками размеров и шероховатостью поверхностей.



а



б

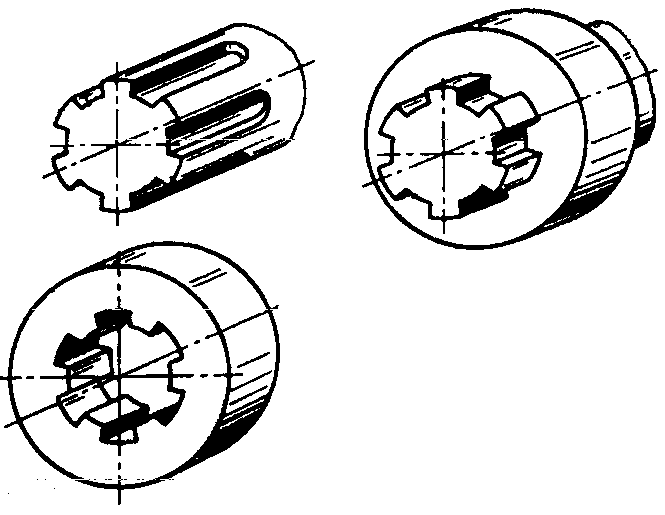
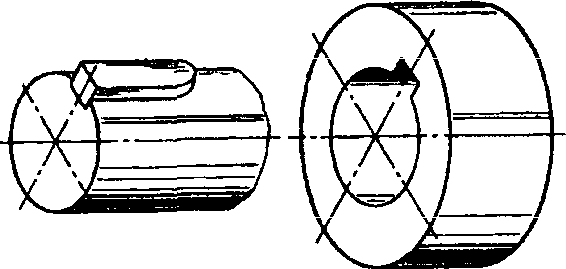
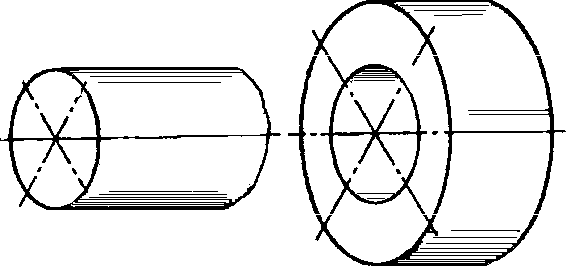
Рис. 1.7. Конструкции валов

Концевые участки валов делают цилиндрическими или коническими. Посадка деталей на конус обеспечивает легкость сборки и разборки, возможность создания любого натяга. Цилиндрические концы валов проще в изготовлении.

Основными материалами валов являются углеродистые и легированные стали благодаря их прочности, большому модулю упругости, способности к упрочнению.

**Соединение валов с деталями**

Передачу вращающего момента от вала к ступицам деталей осуществляют с помощью соединений вал-втулка: шпоночных (рис. 1.8, *а*), *шлицевых* (рис. 1.8, *б*), *соединений с натягом* (рис. 1.8, *в*), *профильных* и др.



а б в

Рис. 1.8. Соединения вал-втулка

Для закрепления деталей в осевом направлении и передачи осевых усилий применяют *уступы вала* (рис. 1.9, *а*), *распорные втулки* (рис. 1.9, *б*), *пружинные кольца* (рис. 1.9, *в*), штифты, *установочные винты* (рис. 1.9, *г*), *концевые шайбы* (рис. 1.9, *д*), *гайки* (рис. 1.9, *е*) и другие, либо устанавливают дополнительные кольца (рис. 1.9, *ж*).

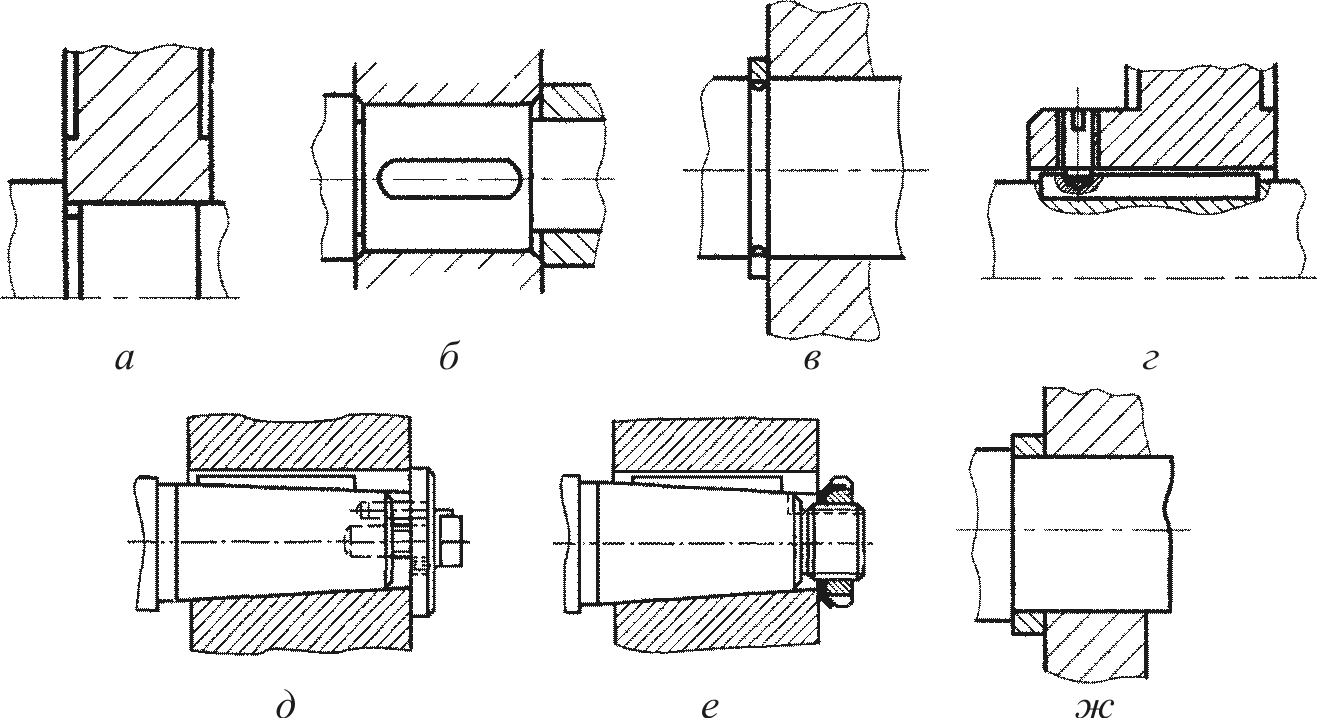


Рис. 1.9. Осевое крепление деталей на валах

**Подшипниковые узлы**

Опорами валов редукторов являются подшипники качения.

Они обеспечивают радиальное и осевое фиксирование валов.

Конструктивное оформление подшипниковых узлов зависит от типа подшипников, схемы их установки, способа смазывания.

По способности фиксировать осевое положение вала различают опоры, *фиксирующие* и *плавающие*. В фиксирующих опорах ограничено осевое перемещение вала в одном или обоих направлениях. В плавающей опоре осевое перемещение вала не ограничено в обоих направлениях.

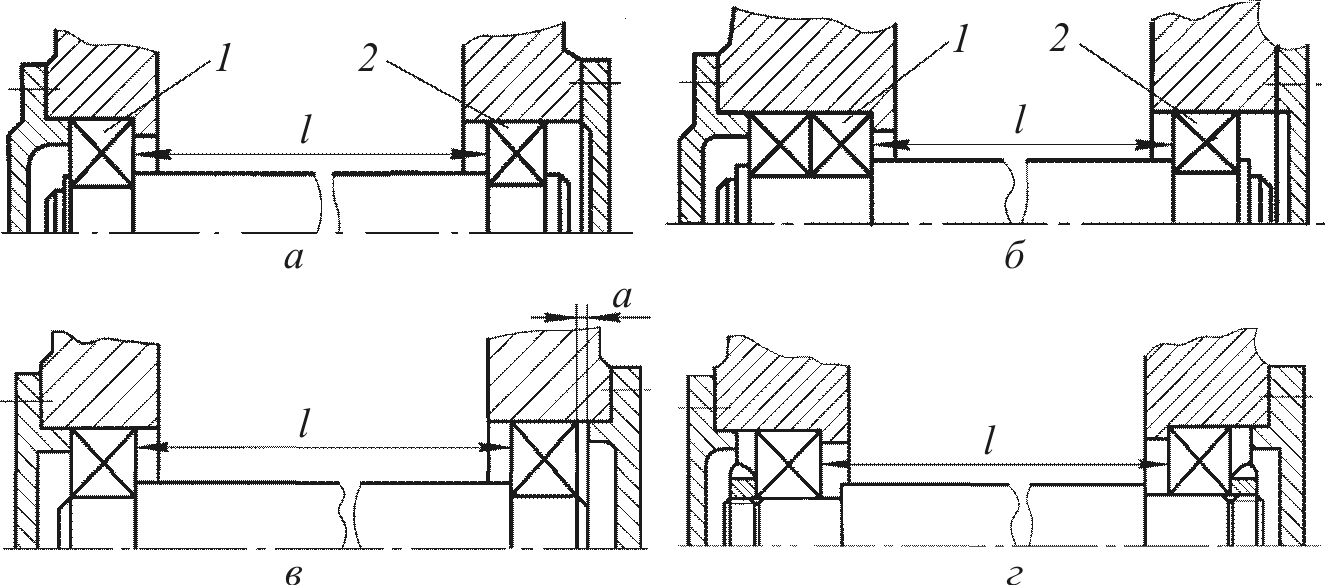
На рис. 1.10, *а*, *б* опоры *1* – фиксирующие, в них подшипники закреплены как на валу, так и в корпусе, опоры *2* – плавающие, внутреннее кольцо подшипников закреплено на валу, а наружное в корпусе не закреплено, что дает возможность подшипнику перемещаться, например, при тепловых деформациях валов.

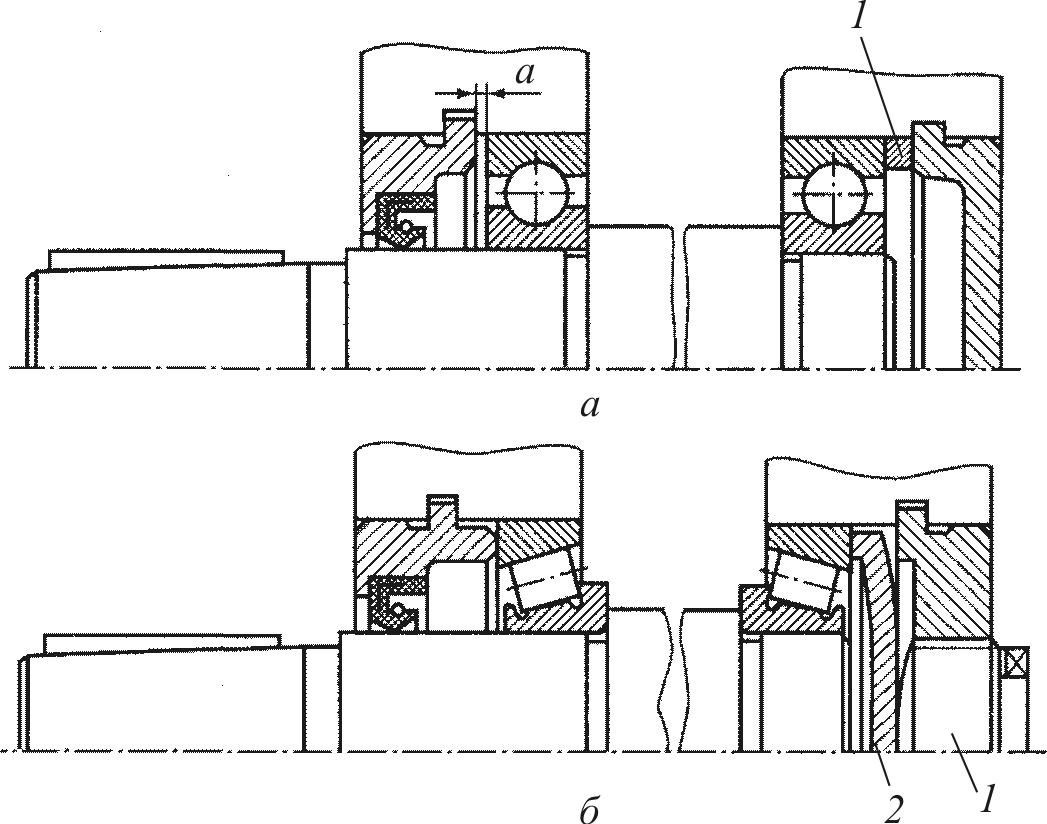
Рис. 1.10. Схемы установки подшипников

На рис. 1.10, *в*, *г* все опоры – фиксирующие, но перемещение валов в них ограничено только в одном направлении. При установке подшипников по схеме *враспор* (рис. 1.10, *в*) удлинение вала вследствие нагрева приводит к уменьшению зазоров в подшипниках. Чтобы не происходило защемления вала в опорах, предусматривают при сборке осевой зазор *а*, устанавливаемый несколько больше ожидаемой тепловой деформации валов и подшипников.

При установке вала по схеме *врастяжку* (см. рис. 1.10, *г*) тепловые деформации приводят к увеличению зазора в подшипниках. Такая схема обычно применяется для длинных валов.

При одних и тех же габаритных размерах узла схемы различаются расстоянием *l* между опорами.

Опорами валов цилиндрических редукторов часто являются

подшипники *шариковые радиальные* (рис. 1.11, *а*) или *роликовые конические радиально-упорные* (рис. 1.11, *б*), установленные *враспор*.

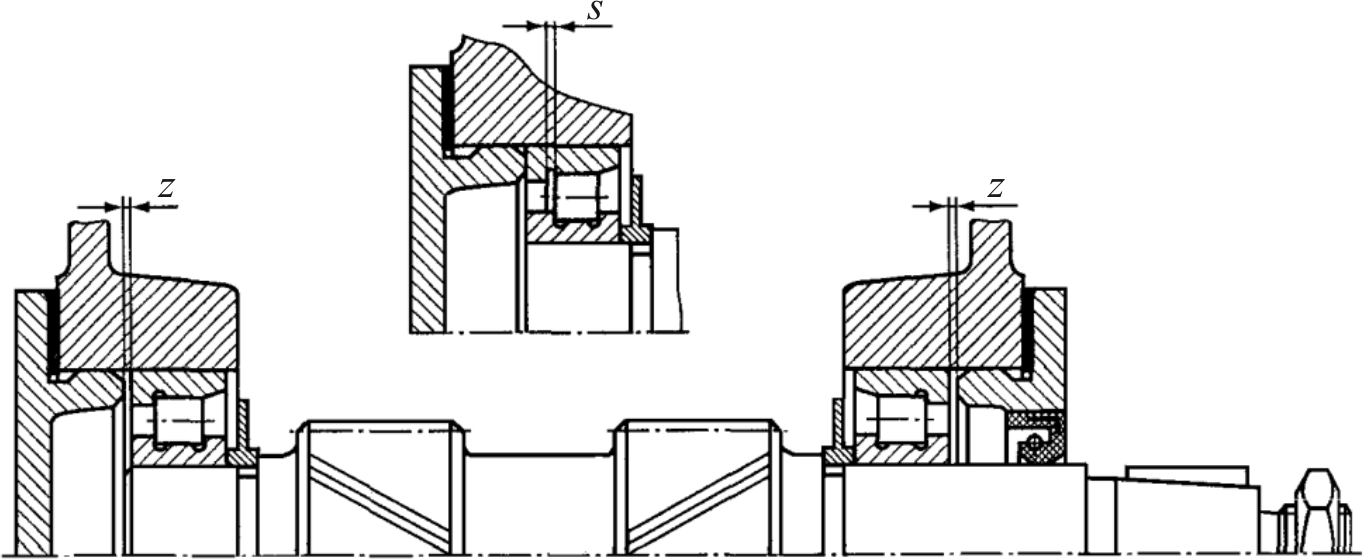
Рис. 1.11. Установка подшипников враспор

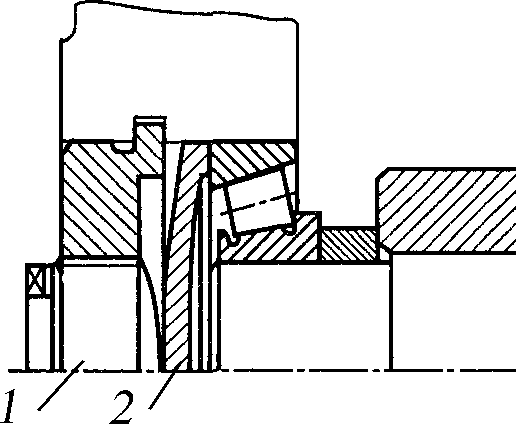
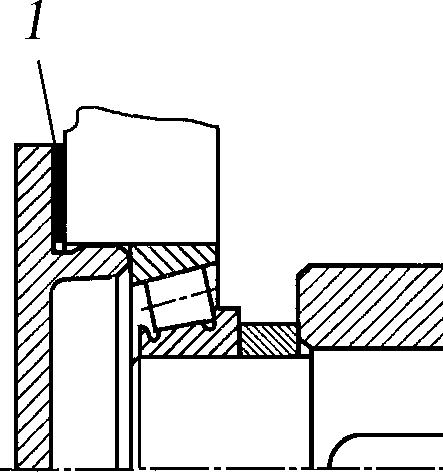
Рис. 1.12. Вал шевронной передачи на плавающих опорах

В редукторах с шевронной передачей один из валов устанавливается на плавающих опорах. В качестве плавающих опор применяют подшипники радиальные *шариковые* или *роликовые*. На рис. 1.12 наружные кольца радиальных роликовых подшипников имеют свободу осевого перемещения на величину зазора *z*. Между роликами и бортом наружного кольца имеется осевой зазор *s*, который в процессе работы изменяется в пределах, определяемых точностью изготовления зубчатых колес.

В редукторах с конической передачей для точной фиксации зубчатых колес в осевом направлении валы рекомендуется устанавливать на *радиально-упорных конических роликовых подшипниках* (рис. 1.14).

**Регулирование подшипников**

Регулирование подшипников заключается в создании оптимальных зазоров между кольцами и телами качения.



*а б*

Рис. 1.13. Регулирование подшипников перемещением наружных колец

Наличие зазоров в подшипниках обеспечивает легкое вращение вала, предотвращает защемление тел качения в результате температурных деформаций, а отсутствие зазоров увеличивает сопротивление вращению, но повышает жесткость опор и точность вращения вала, а также улучшает распределение нагрузки между телами качения, повышая несущую способность подшипника.

Регулирование подшипников осуществляется при монтаже перемещением одного из колец относительно другого в осевом направлении и зависит от схемы установки подшипников и способа крепления колец.

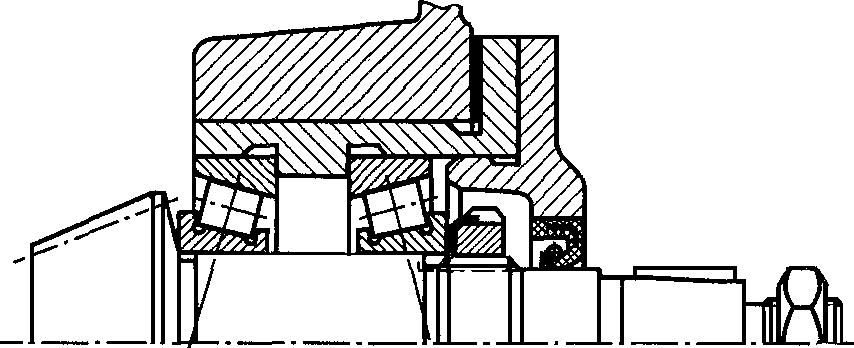
*Осевое перемещение наружных колец* можно производить набором тонких металлических прокладок *1*, устанавливаемых под фланец крышки (рис. 1.13, *а*), или винтом *1* и шайбой *2* (рис. 1.13, *б*).

Рис. 1.14. Регулирование подшипников перемещением внутренних колец

*Осевое перемещение по валу внутренних колец* производится, например, с помощью шлицевой гайки (см. рис. 1.14).

**Корпус редуктора**

Корпус является опорой деталей узлов редуктора, служит для защиты от загрязнения и создания масляной ванны (рис. 1.15).

Для удобства сборки корпус выполняют разъемным. Плоскость разъема проходит через оси валов. Для обеспечения плотности стыка при сборке ее покрывают тонким слоем *герметика*.

Конструктивным элементом корпуса являются *фланцы*. Для соединения корпуса и крышки их располагают по контуру плоскости разъема редуктора. Фланец имеет ширину, достаточную для свободного размещения головки болта (винта) и поворота ее гаечным ключом.

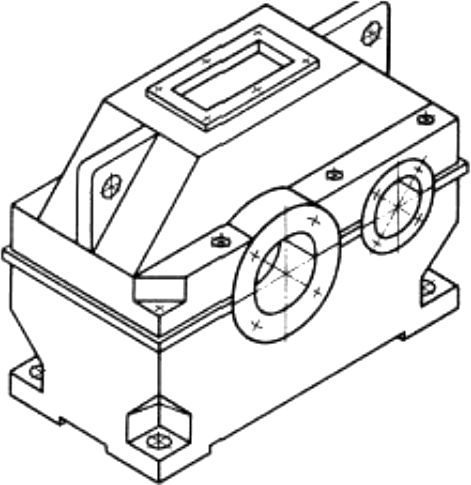


Рис. 1.15. Корпус редуктора

Для размещения подшипников в корпусе предусмотрены *приливы* (*бобышки*). Они вместе с *ребрами* обеспечивают необходимую жесткость корпуса.

Точное положение крышки относительно корпуса достигается с помощью *штифтов*, расположенных на возможно большом расстоянии один от другого.

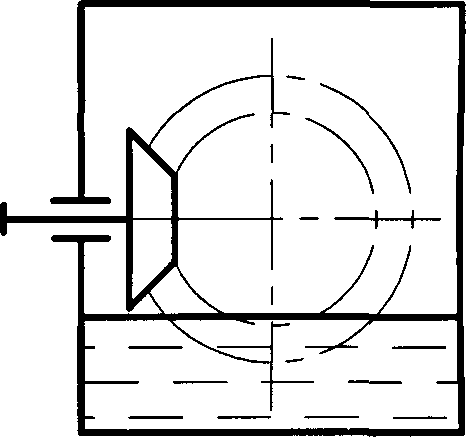
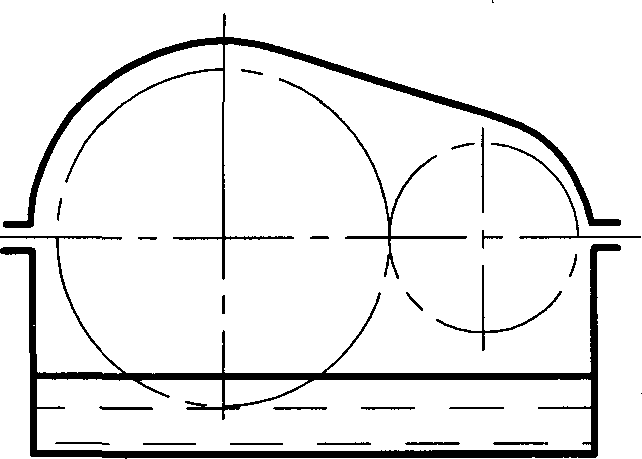
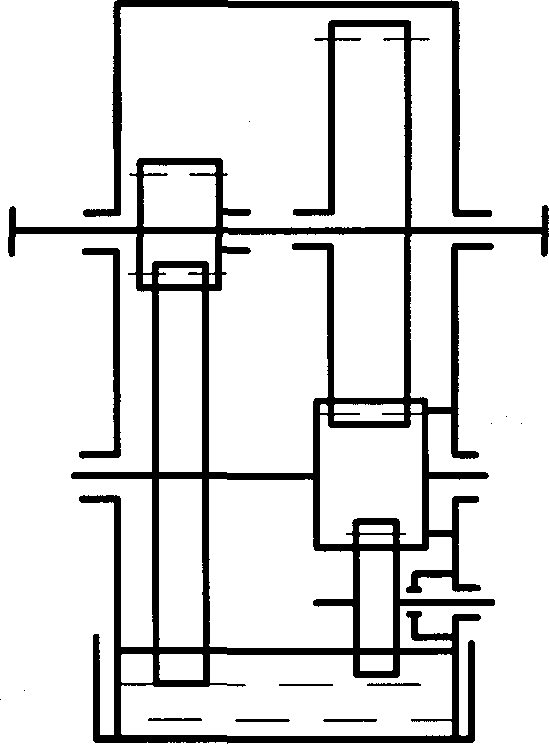
Корпуса редукторов изготовляют литыми из чугунов СЧ15, СЧ20, а при необходимости ограничения массы – из алюминиевых сплавов. В единичном и мелкосерийном производстве корпуса могут быть выполнены сварными из стали.

**Смазывание зубчатых колес и подшипников**

Смазывание применяют для снижения трения, уменьшения износа, отвода тепла и продуктов износа от трущихся поверхностей, защиты от коррозии, снижения шума и вибраций.

В редукторах общего назначения применяют *картерный* способ смазывания (рис. 1.16), при котором масло, залитое в корпус, вращающимися колесами разбрызгивается, при этом обеспечивается смазывание зацепления и подшипников.

Картерный способ используется при окружных скоростях колес до 15 м/с. Глубина погружения в масло быстроходного колеса составляет (0,75…2) *h*, но не менее 10 мм и не более 0,25*d*2, где *h* – высота зуба, *d*2 – диаметр колеса. Колеса конических передач погружают в масло на всю высоту зуба по всей длине (см. рис. 1.16, *б*). Для смазывания зубчатых колес, расположенных выше уровня масла, применяют специальные смазывающие колеса, свободно вращающиеся на осях (см. рис. 1.16, *в*).

*а б в*

Рис. 1.16. Картерный способ смазывания

При больших окружных скоростях центробежная сила сбрасывает масло с зубьев, и зацепление работает при недостаточном смазывании, вследствие чего возникает необходимость использовать *струйную циркуляционную* смазку через специальные сопла или разбрызгиватели. Этот способ требует сложного устройства смазочной системы и применяется в экономически обоснованных случаях.

Надежное смазывание подшипников разбрызгиванием возможно при окружных скоростях колес более 3 м/с. При меньших скоростях применяют пластичные смазки, которыми заполняют пространство внутри подшипникового узла.

Объем масла назначают из расчета 0,4…0,8 л масла на 1 кВт передаваемой мощности. Вязкость масла выбирают тем выше, чем больше нагрузка и меньше скорость.

**Конструкция редуктора**

Рассмотрим конструкцию одноступенчатого цилиндрического редуктора (рис. 1.20).

Все детали редуктора размещены в корпусе, который для удобства сборки выполнен разъемным: *2* – основание корпуса, *3* – крышка корпуса. Плоскость разъема расположена горизонтально и проходит через оси валов. Корпус сделан из чугуна с наружным расположением подшипниковых бобышек и фланцев. Для крепления крышки к основанию использованы болты *27*, *28* и гайки *31*, *32.* Пружинные

шайбы *33, 34* препятствуют отвинчиванию гаек.

Штифты *37* необходимы для точной фиксации крышки и корпуса при обработке посадочных отверстий и при последующих сборках.

Шестерня *6* установлена на быстроходном валу *5* и закреплена в окружном направлении с помощью шпонки *40*, а зубчатое колесо *7* на валу *4* – с помощью шпонки *38*. Распорные втулки *14* и *15* препятствуют перемещению колес вдоль вала.

Опорами валов являются радиально-упорные роликовые подшипники *44* и *45*, установленные «враспор». Регулирование зазора в подшипниках осуществляется винтами 1*6* в закладных (врезных) крышках *9* и *10* через нажимные шайбы *12* и *13*. Детали *21*, *30*, *36* служат

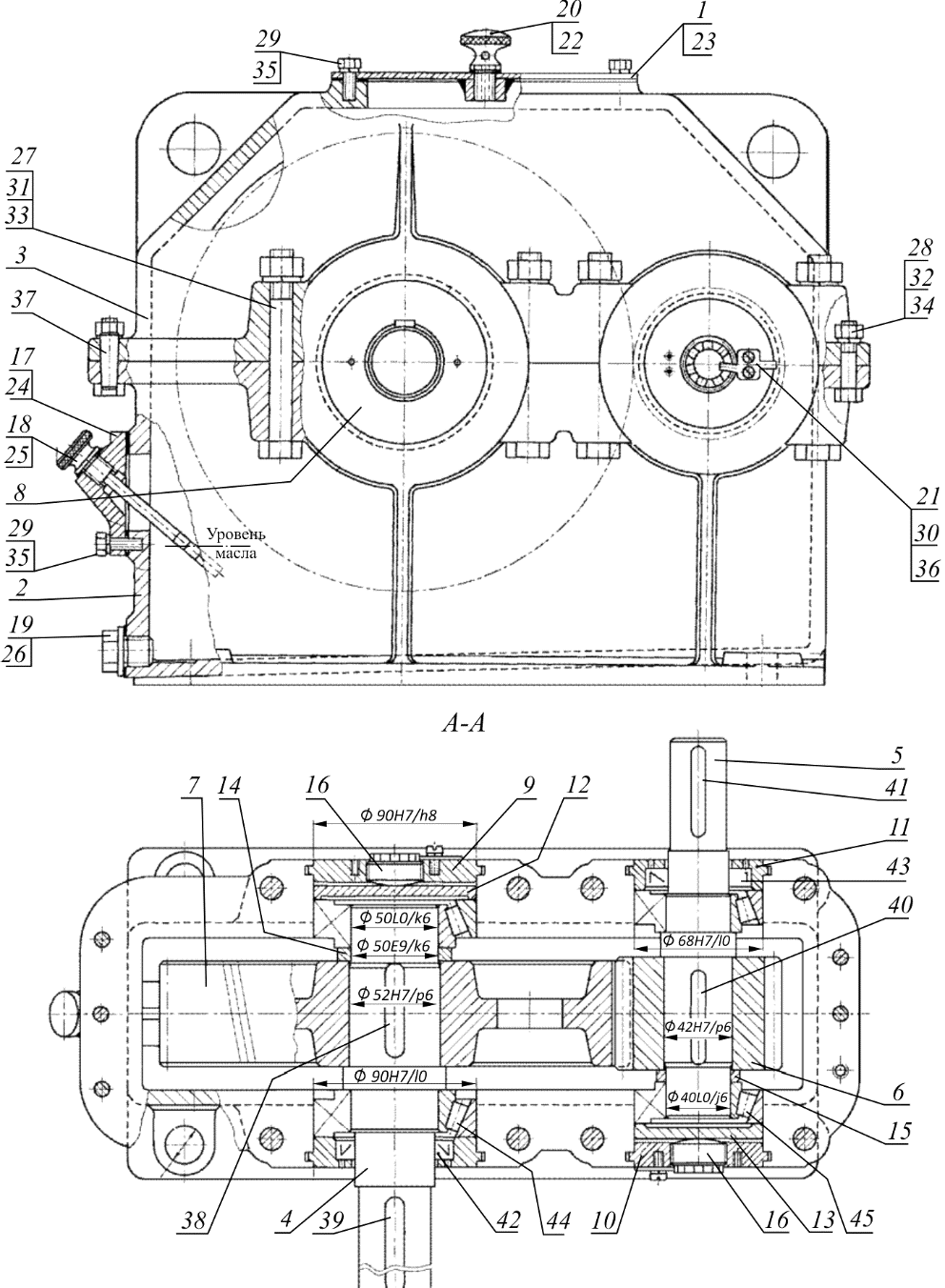


Рис. 1.20. Редуктор цилиндрический одноступенчатый

для стопорения винтов относительно крышек. Подшипниковые узлы со стороны выходных концов валов закрыты закладными крышками *8* и *11* с манжетными уплотнениями *42* и *43*.

Выходные концы валов выполнены цилиндрическими со шпонками *39* и *41*.

В редукторе использована картерная система смазывания.

Для осмотра колес и других деталей и для залива масла предназначено окно, которое закрывается крышкой *1* с уплотнением *23* и фиксируется винтами *29* и пружинными шайбами *35*. В крышке установлена через уплотнение *22* пробка-отдушина *20* с отверстием, соединяющим внутреннюю полость корпуса с внешней средой.

Для контроля уровня масла служит жезловый масло указатель (щуп) *18*, установленный в корпусной детали *17*, крепящейся к корпусу с помощью винтов *29* и пружинных шайб *35*. Соединение уплотняется прокладками *25*.

Отработанное масло сливается через отверстие в нижней части корпуса, закрываемое пробкой *19* с уплотнением *26*. Дно корпуса сделано с уклоном в сторону сливного отверстия.

Крепление редуктора к опоре осуществляется резьбовыми деталями, которые устанавливаются в отверстия фланцев основания корпуса.

Для подъема и транспортирования крышки и редуктора в сборе служат проушины в верхней части корпуса, выполненные в виде ребер с отверстиями.

