

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования

«Брестский государственный технический университет»

Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

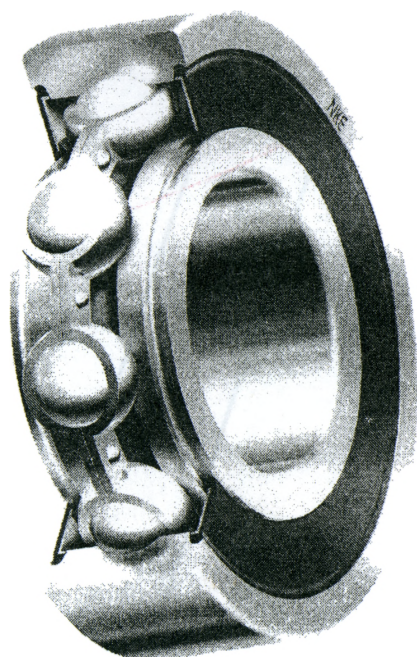
## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе

«Изучение конструкций подшипниковых узлов»

по курсу «Детали машин»

для студентов технических специальностей



Брест 2011

**УДК 321. 81 (076. 5)**

Методические указания предназначены для студентов технических специальностей при выполнении лабораторной работы «Изучение конструкций подшипниковых узлов» по курсу «Детали машин».

**Составитель:** Ф.М. Санюкевич, профессор, к.т.н.

**Рецензент:** Ю. И. Плющев, доцент, заместитель генерального директора по производству ОАО «Брестмаш»

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы .....	4
2. Подшипниковые узлы и их элементы .....	4
3. Подшипники качения .....	12
3.1. Общие сведения .....	12
3.2. Классификация подшипников качения .....	14
3.3. Система условных обозначений подшипников качения .....	18
3.4. Основные типы подшипников качения .....	18
3.5. Установочные размеры и осевые зазоры в подшипниках .....	28
4. Типовые схемы закрепления (осевого фиксирования) валов в узлах машин .....	30
5. Смазывание подшипников качения. КПД .....	41
6. Монтаж и демонтаж подшипников качения .....	43
7. Примеры конструкций узлов машин с подшипниками качения .....	45
8. Содержание отчета .....	65
Список литературы .....	65

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Изучение элементов подшипниковых узлов и их назначения.

1.2. Изучение системы условных обозначений подшипников качения.

1.3. Изучение конструкций основных типов подшипников качения и области их применения.

1.4. Изучение типовых схем закрепления (осевого фиксирования) валов в узлах машин.

1.5. Ознакомление с видами смазочных материалов и способами смазывания подшипников качения.

1.6. Изучение способов монтажа и демонтажа подшипников качения и конструктивных решений, обеспечивающих правильную установку подшипников и возможность их демонтажа.

1.7. Изучение конструкций узлов машин с подшипниками качения и выполнение индивидуального задания.

## 2. ПОДШИПНИКОВЫЕ УЗЛЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

В общем виде подшипниковые узлы (рис. 2.1, рис. 2.2) состоят из следующих элементов:

а) вала или оси с закрепленными на них подшипниками, которые в свою очередь установлены в корпусе или стакане;

б) крышек подшипников;

в) уплотнительных устройств;

г) деталей для крепления внутренних колец подшипников на валах и наружных колец – в корпусе.

Рассмотрим подробнее основные элементы подшипниковых узлов и их назначение.

**Подшипники качения** являются основными элементами подшипниковых узлов, поэтому их рассмотрим отдельно более подробно (см. далее п.3).

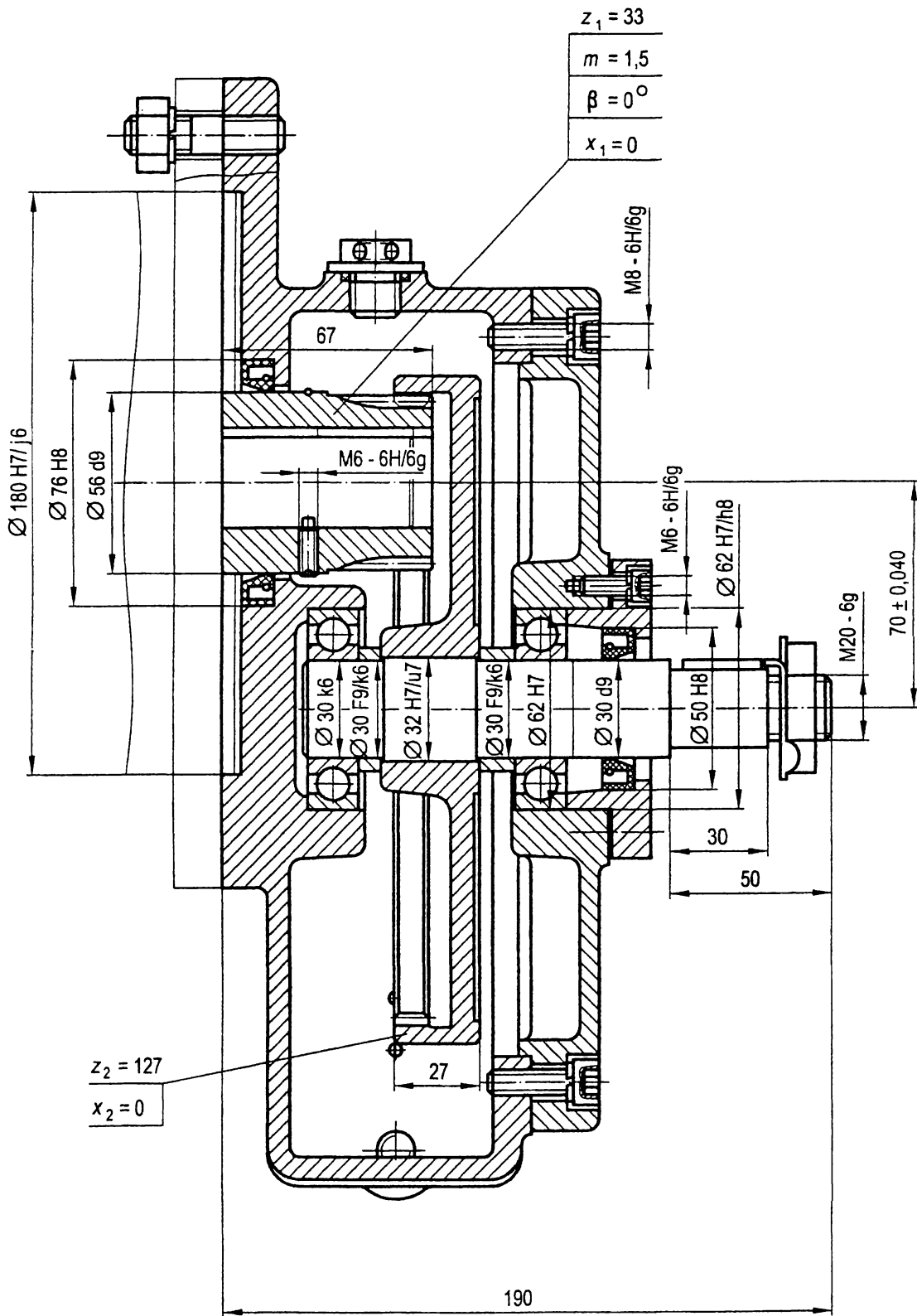


Рисунок 2.1 – Пример конструкции выходного (тихоходного) вала одноступенчатого цилиндрического мотор-редуктора с внутренним зацеплением [4]

**Крышки подшипников** предназначены для закрепления подшипников в корпусе и защиты подшипникового узла от внешней среды. По конструктивному исполнению они бывают двух типов: привёртные (рис. 2.2, а) и закладные (рис. 2.2, б).

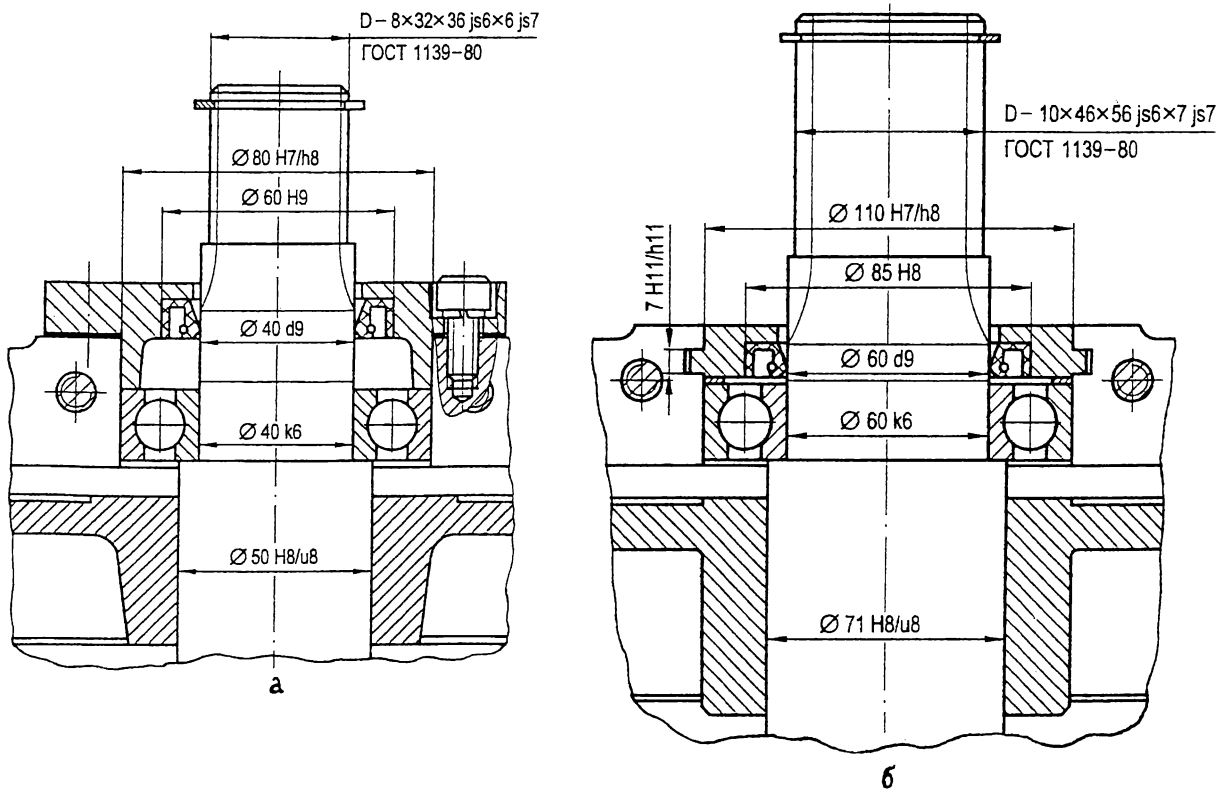


Рисунок 2.2 – Примеры конструкций подшипниковых узлов с привёртными (а) и закладными (б) крышками подшипников

*Привёртные подшипниковые крышки* крепят к корпусу винтами с цилиндрической головкой и шестигранным углублением под ключ (рис. 2.2, а, рис. 2.3, а) или болтами (рис. 2.3, в).

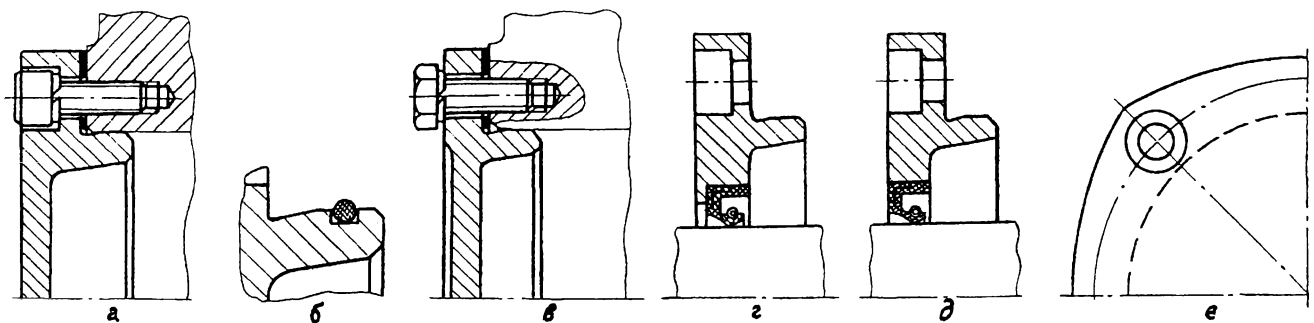
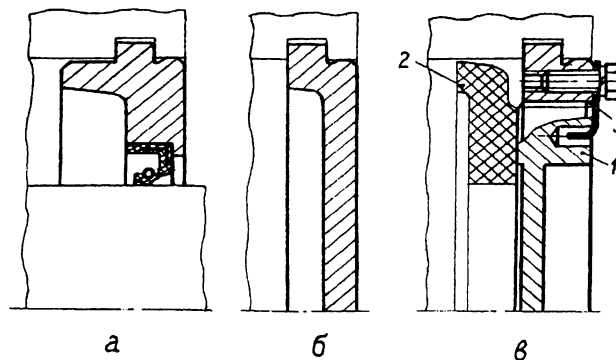


Рисунок 2.3 – Крышки подшипников привёртные



1 – регулировочный винт; 2 – промежуточная нажимная шайба; 3- фиксирующий замок  
Рисунок 2.4 – Крышки подшипников закладные

Опорные поверхности под головки винтов и болтов обрабатывают.

Для того, чтобы смазочное масло не просачивалось через фланцы привертных крышек, иногда цилиндрический участок крышки уплотняют кольцами из маслобензостойкой резины (рис. 2.3, б).

Привертные подшипниковые крышки на рис. 2.3, а, в, выполнены глухими, на рис. 2.3, г, д – с отверстием для выходного конца вала. Крышки с отверстием обычно снабжают внешним уплотнением в виде резиновой армированной манжеты.

На рис. 2.3, е показана предпочтительная форма фланца привертной крышки.

Привертные подшипниковые крышки применяют как при неразъемной конструкции корпуса, так и при разъемной.

*Закладные подшипниковые крышки* применяют только при разъемной конструкции корпуса, имеющего плоскость разреза по осям валов. Они не требуют крепления резьбовыми деталями, так как их удерживает кольцевой выступ на поверхности крышки, для которого в корпусе выполнена канавка. На рис. 2.4 показаны основные конструкции закладных крышек: с отверстием для выходного конца вала – рис. 2.4, а; глухих – рис. 2.4, б; с резьбовым отверстием под нажимной винт – рис. 2.4, в. Закладные крышки с отверстием, как и привертные, снабжают резиновой армированной манжетой.

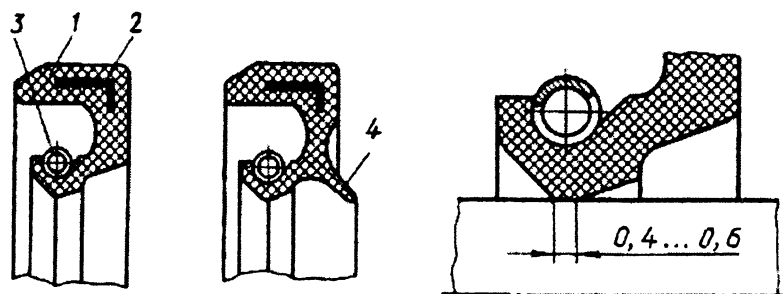
Обычно крышки подшипников изготавливают из чугуна. Однако при регулировании подшипников регулировочными винтами, в случае применения закладных крышек, их изготавливают из стали (рис. 2.4, в).

**Уплотнительные устройства** или просто уплотнения предназначены для защиты подшипниковых узлов от попадания извне пыли и влаги и предохранения от вытекания смазочного материала.

Различают внешние и внутренние уплотнения.

Из *внешних уплотнений* наибольшее распространение получили резиновые армированные манжеты (рис. 2.5).

Корпус 1 манжеты изготовлен из маслобензостойкой резины. Каркас 2 представляет собой стальное кольцо Г – образного сечения и предназначен для придания манжете жесткости, что обеспечивает ее тугую посадку в корпусе без дополнительного крепления. Браслетная пружина 3 прижимает рабочую кромку манжеты к валу. В условиях повышенной загрязненности внешней среды применяют манжеты с дополнительной рабочей кромкой, называемой пыльником.



1 – корпус; 2 – каркас; 3 – браслетная пружина; 4 – дополнительная рабочая кромка (пыльник)

Рисунок 2.5 – Резиновые армированные манжеты

Если уровень масла выше расположения рабочей кромки манжеты, то предусматривают установку *сдвоенных манжет*, заполняя пространство между ними пластичным смазочным материалом (ПСМ).

При окружной скорости более 4 м/с рабочая поверхность вала в месте установки манжеты должна быть шлифованной, а при окружной скорости более 8 м/с – еще и упрочненной ( $\geq 45 \text{ HRC}_3$ ).

Ресурс манжет составляет не менее 3000 часов.

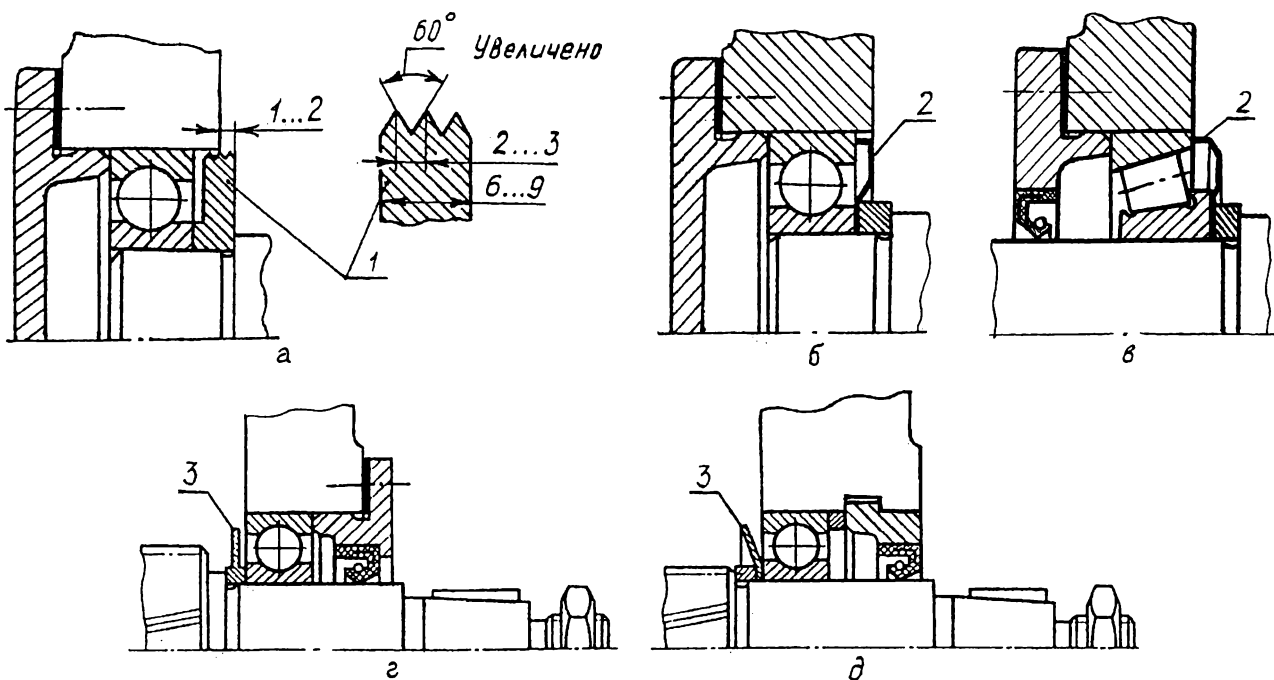
Установка и конструкция *внутренних уплотнений* зависит от способа смазывания подшипников и конструкции подшипникового узла.

При смазывании подшипников пластичным материалом подшипниковые узлы должны быть изолированы от внутренней полости редуктора по причине вытекания разогретой при работе узла пластичной смазки, а также возможного ее вымывания жидким маслом, применяе-

мым для смазывания передач. Герметичность подшипникового узла в данном случае и обеспечивают внутренние уплотнения в виде мазеудерживающего кольца или контактной уплотнительной шайбы.

Внутреннее уплотнение мазеудерживающим кольцом (рис. 2.6, а), называемое иногда мазеудерживающей шайбой, является комбинированным и щелевым одновременно. Кольцо вращается вместе с валом и имеет на наружной поверхности 2...4 канавки треугольного сечения. Зазор между кольцом и корпусом (или стаканом) 0,1...0,3 мм, выход за торец корпуса 1...2 мм. Выступающий за пределы корпуса (стакана) участок кольца отбрасывает жидкое масло, остальная его поверхность с канавками удерживает пластичный смазочный материал от вымывания.

Контактные уплотнительные шайбы (рис.2.6,б,в) устанавливают между подшипником и дополнительным кольцом, которое упирается в буртик вала. Кольцо перекрывает канавку на валу, обеспечивая точное центрирование контактной уплотнительной шайбы, которая с достаточным усилием прижата к торцу наружного кольца подшипника и скользит относительно его, вращаясь вместе с валом. Толщина уплотнительных шайб в зависимости от их диаметрального размера составляет 0,3...0,6 мм, их применяют при скорости скольжения до 6 м/с. При смазывании подшипников из общей масляной ванны в некоторых конструкциях узлов шестерня или червяк оказываются погруженными в масло. Выжимаясь из зубчатого зацепления или винтовой нарезкой червяка оно направляется вместе с продуктами износа в расположенный рядом подшипник. В этом случае подшипник от чрезмерного залива маслом закрывают со стороны полости корпуса маслоотражательной шайбой толщиной 1...3 мм (рис. 2.6, г, д). В технической литературе маслоотражательные шайбы иногда называют маслозащитными.



1 – мазеудерживающее кольцо (шайба); 2 – контактная уплотнительная шайба; 3 – маслоотражательная шайба  
Рисунок 2.6 – Внутренние уплотнения подшипниковых узлов

Следует отметить, что в узлах машин широко используются также подшипники со встроенными защитными шайбами и уплотнениями, которые выпускают подшипниковые заводы.

Подшипники с защитными шайбами с одной или обеих сторон используют при работе в незагрязненных или слабо загрязненных помещениях с целью защиты рабочей зоны подшипника от пыли и грязи. Для работы в загрязненных помещениях используют подшипники со встроенными уплотнениями: односторонним или двухсторонним.

Подшипники с двумя защитными шайбами или уплотнениями (закрытого типа) поставляются заполненными пластичным смазочным материалом (Литол – 24, ЦИАТИМ – 221 и др.), что облегчает техническое обслуживание подшипникового узла, особенно если он расположен в труднодоступном для смазывания месте. Специальных дополнительных уплотнений эти подшипники не требуют.



Примеры конструкций подшипниковых узлов с внешними и внутренними уплотнениями приведены на рис. 2.7....2.11 [4].

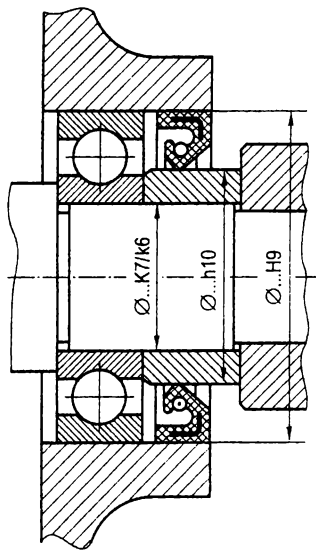


Рисунок 2.7 – Манжета, установленная в корпус

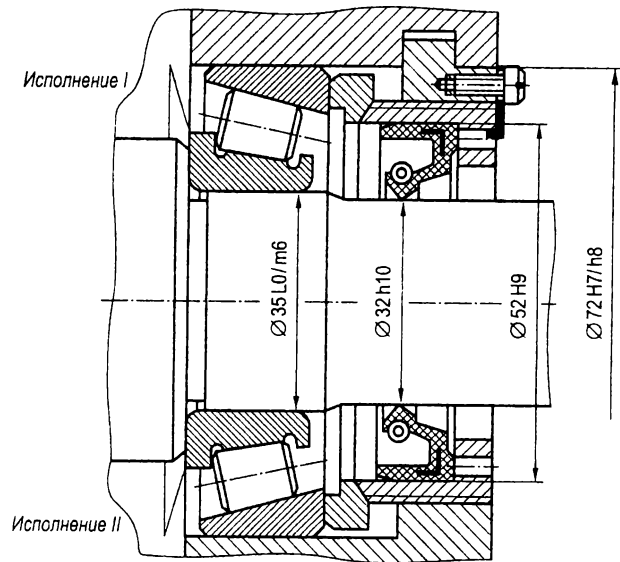


Рисунок 2.8 – Манжета, установленная в регулирующее устройство

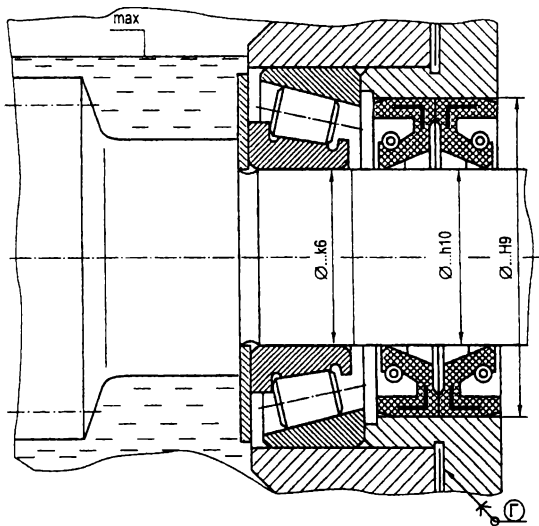
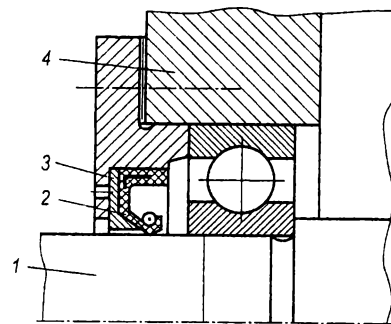
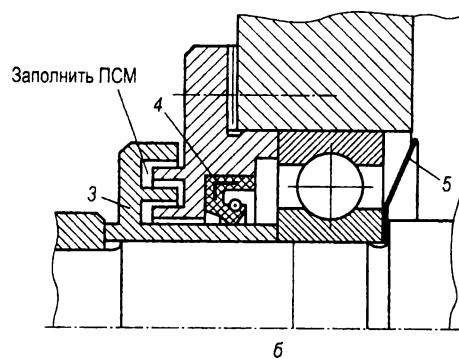
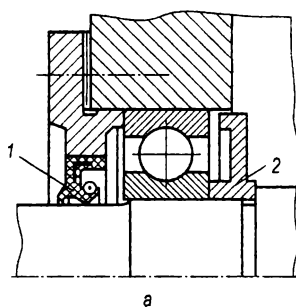


Рисунок 2.9 – Установка двояных манжет



1 – вал; 2 – манжета; 3 – опорный конус; 4 – корпус  
Рисунок 2.10 – Манжета с опорным конусом при повышенном давлении (> 0,05 МПа) внутри корпуса



а – манжета с пыльником; б – комбинированное; 1 – манжета; 2 – мазеудерживающая шайба; 3 – лабиринтное уплотнение; 4 – манжетное уплотнение; 5 – штампованный маслоотражатель  
Рисунок 2.11 – Уплотнения, используемые при значительном загрязнении окружающей среды

В качестве деталей для регулирования осевых зазоров в регулируемых подшипниках используют:

а) набор тонких (толщиной  $\approx 0,1$  мм) металлических прокладок, устанавливаемых под фланец привертной крышки (на рис. 2.12, а они зачернены);

б) компенсаторное кольцо, устанавливаемое между торцами наружного кольца подшипника и закладной крышки (рис. 2.2);

в) регулировочный винт с мелким шагом резьбы, вворачиваемый в закладную крышку или корпус и взаимодействующий на самоустанавливающуюся шайбу, в результате чего обеспечивается смещение в осевом направлении наружного кольца подшипника при его регулировании (рис. 2.8);

г) круглую шлицевую гайку со стопорной многолапчатой шайбой (рис. 2.13), используемую для перемещения внутреннего кольца подшипника при его регулировании данным способом.

**В качестве деталей для крепления внутренних колец подшипников на валах используют:**

а) концевую шайбу с винтом и штифтом, фиксирующую шайбу от поворота относительно вала (рис. 2.12);

б) круглую шлицевую гайку со стопорной многолапчатой шайбой (рис. 2.13);

в) кольцо пружинное упорное наружное эксцентрическое (рис. 2.14, а).

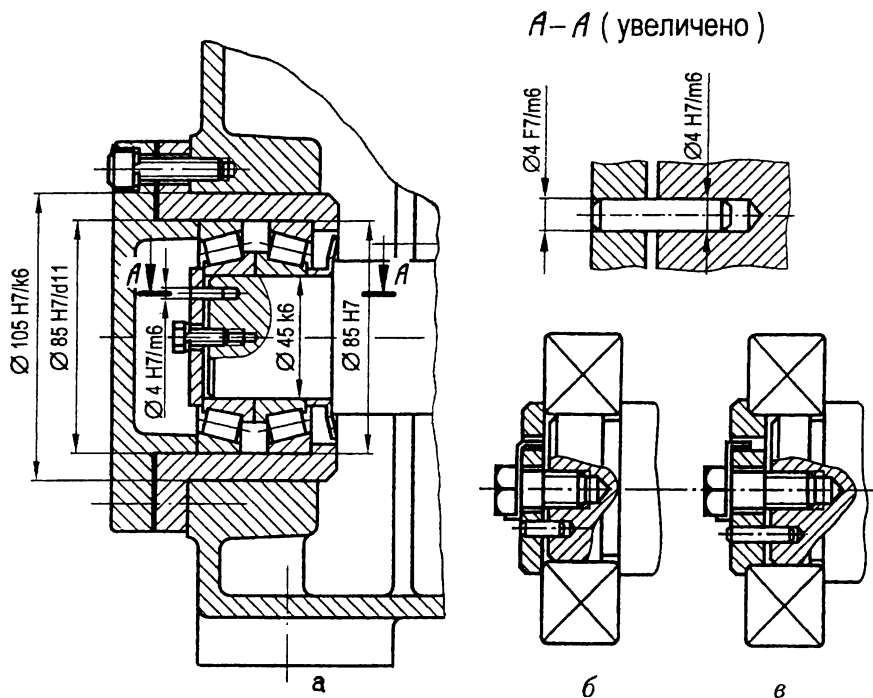


Рисунок 2.12 – Пример конструкции подшипникового узла с деталями для регулирования осевого зазора в подшипниках и крепления их внутренних и наружных колец

**Крепление наружных колец подшипников в корпусе** может быть осуществлено с помощью следующих *деталей*:

а) крышкой подшипника: привертной или закладной;

б) пружинным упорным внутренним эксцентрическим кольцом (рис. 2.14, б);

в) пружинным упорным наружным эксцентрическим кольцом, устанавливаемым в канавку, выполненную на наружном кольце подшипника (рис. 4.4);

г) упорным заплечиком, выполненным в корпусе или стакане (рис. 2.12, а);

д) тремя установочными винтами и кольцом (см. крепление левого радиального шарико-подшипника быстроходного вала-шестерни цилиндрично-червячного редуктора на рис. 4.5).

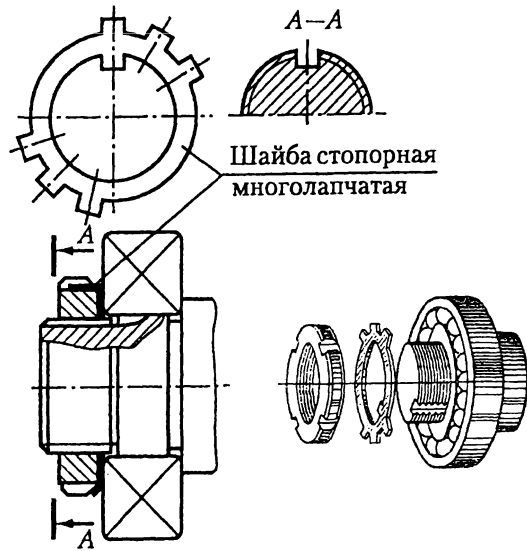


Рисунок 2.13 – Круглая шлицевая гайка со стопорной многолапчатой шайбой

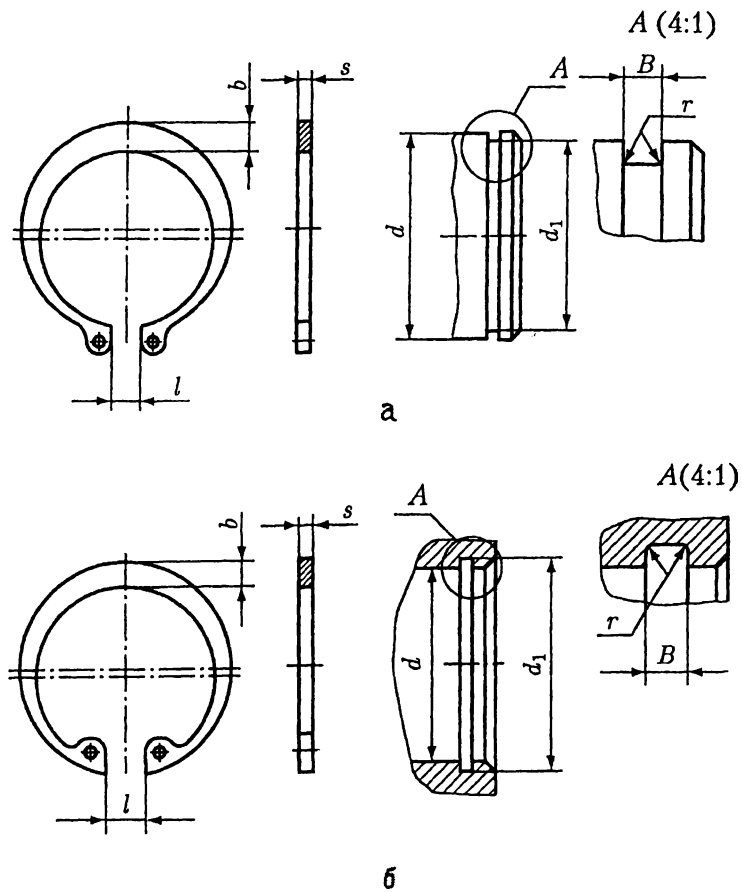


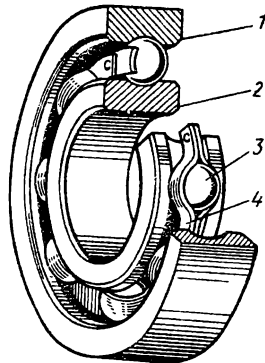
Рисунок 2.14 – Кольца пружинные упорные эксцентрические наружные (а), внутренние (б) и канавки для них

### 3. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

#### 3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Подшипники качения служат в качестве опор вращающихся валов и осей и используют элементы качения: шарики и ролики.

Типовая конструкция подшипника качения показана на рис. 3.1. Подшипник состоит из наружного 1 и внутреннего 2 колец, между которыми расположены тела качения 3. Для предохранения тел качения от соприкосновения между собой их отделяют друг от друга сепаратором 4, который существенно уменьшает потери на трение.



1 – наружное кольцо; 2 – внутреннее кольцо; 3 – тела качения; 4 – сепаратор

Рисунок 3.1 – Подшипник качения

Кольца подшипников имеют желоба (канавки), служащие направляющими для тел качения.

В ряде конструкций одно или оба кольца (иногда сепаратор) могут отсутствовать. В данном случае тела качения катятся по дорожкам, выполненным на валу или в корпусе.

Основные **достоинства** подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения:

- а) меньшие моменты трения, особенно при пуске;
- б) полная взаимозаменяемость, готовность к эксплуатации без дополнительной подгонки или приработки;
- в) меньшие осевые габаритные размеры;
- г) простота обслуживания и малый расход смазочного материала (например, подшипники с защитными шайбами заполняют пластичным смазочным материалом при изготовлении, и этого запаса хватает на весь срок работы);
- д) малая стоимость в связи с массовым производством;
- е) меньший расход цветных металлов.

**Недостатки** подшипников качения:

- а) большие радиальные габаритные размеры;
- б) большие контактные напряжения, ограничивающие ресурс;
- в) малая жесткость;
- г) большое сопротивление вращению, шум и низкий ресурс при высоких частотах вращения;
- д) чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам.

Кольца и тела качения изготавливают из специальных шарикоподшипниковых высокоуглеродистых хромистых сталей марок ШХ15 и ШХ15СГ (здесь 15-0,15% хрома; среднее содержание углерода 1...1,1%). Сталь ШХ15СГ содержит дополнительно кремний и марганец. Находят применение и цементуемые легированные стали 18ХГТ, 20Х2Н4А и др. Кольца имеют твердость 61...65 HRC<sub>э</sub>, тела качения – 63...67 HRC<sub>э</sub>.

Кольца и тела качения подшипников, работающих при повышенных температурах (до 500°C) или в агрессивных средах, изготавливают соответственно из теплопрочных или коррозионно-стойких сталей. Для подшипников, к которым предъявляются повышенные требования по ресурсу и надежности, применяют стали, подвергнутые специальным переплавам, умень-

шающим содержание неметаллических включений (ШХ15-Ш), а также двойной переплав: электрошлаковый и вакуумно-дуговой (ШХ15-ШД).

Сепараторы изготавливают в большинстве случаев из мягкой углеродистой стали марок 08 кп, 10 кп. Сепараторы высокоскоростных подшипников выполняют массивными из текстолита, фторопласта, латуни, бронзы (материалы перечислены в порядке увеличения быстроходности).

Все большее распространение получают подшипники с шариками из керамики (нитрид кремния  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). Этот материал обладает значительно более высокой, чем применяемые стали, теплопрочностью и контактной долговечностью. Плотность нитрида кремния составляет около  $3,2 \text{ г/см}^3$  (закаленной стали ШХ15  $7,8 \text{ г/см}^3$ ). Благодаря этому при высокой частоте вращения развиваются меньшие центробежные силы. Коэффициент трения пары «нитрид кремния - сталь» меньше, чем пары «сталь - сталь». Поэтому тепловыделение при работе таких подшипников меньше, чем стальных. Кроме этого, нитрид кремния обладает высокой коррозионной устойчивостью, свойством электроизоляции, отсутствием магнитных свойств и стабильностью размеров.

Подшипники, имеющие кольца из стали, а шарики из нитрида кремния, разработала и выпускает фирма SKF (Швеция). Применение их в опорах шлифовального электрошпинделя при скоростном параметре  $nd_m = 2108000$  (здесь  $n$  – частота вращения,  $d_m$  – средний диаметр подшипника) позволило увеличить их долговечность в четыре раза в сравнении со стальными подшипниками [1].

Подшипники качения имеют международную стандартизацию и выпускаются в широком диапазоне габаритных размеров и массы. Известны миниатюрные подшипники с внутренним диаметром  $d = 0,6 \text{ мм}$ , наружным диаметром  $D = 2 \text{ мм}$ , шириной  $B = 0,8 \text{ мм}$  и массой  $0,015 \text{ г}$ , а также особо крупные, у которых соответственно  $d = 12 \text{ м}$ ,  $D = 14 \text{ м}$ ,  $B = 0,45 \text{ м}$  и масса  $130 \text{ т}$ . Кроме стандартных подшипников, по специальному обоснованию изготавливают нестандартные подшипники.

Машиностроительные предприятия стран СНГ используют подшипники, производимые как заводами этих стран, так и зарубежными производителями (инофирмами). Наибольшим спросом пользуются по-прежнему подшипники заводов стран СНГ. Однако ими производится не вся номенклатура, используемая приборо- и машиностроением. Кроме того, многие подшипники зарубежных фирм отличаются более высокой надежностью и долговечностью [1]. В Беларуси производство подшипников качения налажено на двух заводах: ОАО «Минский подшипниковый завод» и АП «Гомельский подшипниковый завод».

Из зарубежных производителей наиболее известными являются фирма SKF (Швеция), имеющая 80 подшипниковых заводов и представительств в большинстве стран мира, фирмы FAG и INA (Германия), фирма Timken (США).

К новому поколению можно отнести подшипники со встроенным датчиком, позволяющим получать следующие сведения: частоту, скорость и направление вращения, угол поворота наружного кольца относительно внутреннего и ускорение. Они находят применение в движущихся средствах, рулевых механизмах, электродвигателях, коробках передач, эскалаторах, системах управления различными механизмами, системах контроля наматывания в рулоны или разворачивания из них различных материалов, например, бумаги или металлической ленты и пр. Потребление этих подшипников «с интеллектом» исчисляется миллионами. Данные по таким подшипникам фирмы SKF приведены в справочнике-каталоге [1].

### **3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ**

Подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам;

а) **по форме тел качения** (рис. 3.2 – шариковые (а) и роликовые (б...и). Роликовые подшипники могут быть с роликами: цилиндрическими короткими (б), длинными (в), витыми (г), коническими (д), бочкообразными (е, ж), вогнутыми (з) и игольчатыми (и);

б) **по направлению воспринимаемой нагрузки:**

- радиальные (воспринимают только радиальную нагрузку или радиальную и небольшую осевую);

- радиально-упорные (воспринимают комбинированную нагрузку – радиальную и осевую);

- упорные (воспринимают только осевую нагрузку);

- упорно-радиальные (воспринимают комбинированную нагрузку – осевую и небольшую радиальную);

в) по числу рядов тел качения – одно-, двух- и четырехрядные;

г) по основным конструктивным признакам – самоустанавливающиеся (например, сферические подшипники самоустанавливаются при перекосе осей вала и отверстия в корпусе до  $2,5^\circ$ ) и несамоустанавливающиеся – все остальные (допустимый взаимный перекос колец от 1 до  $8'$ ); с цилиндрическим или коническим отверстием внутреннего кольца; сдвоенные и др.

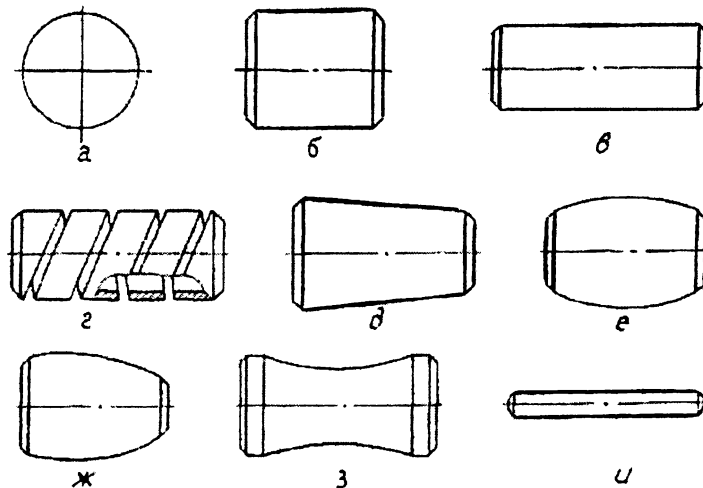


Рисунок 3.2 – Тела качения подшипников

### 3.3. СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Условное обозначение подшипника качения состоит из основного обозначения и дополнительных обозначений (перед основным и после основного), например:

5-3180206ЕС17, где 3180206 – основное обозначение; 5 – дополнительное обозначение, представляемое через знак «тире» слева от основного; ЕС17 – дополнительное обозначение, представляемое справа от основного.

#### 3.3.1. Основное обозначение подшипников качения с диаметром отверстий от 20 до 495 мм включительно

Схема расположения цифр в основном обозначении данных подшипников приведена на рис. 3.3, количество цифр – от двух до семи. Нули, стоящие левее последней значащей цифры, опускаются.

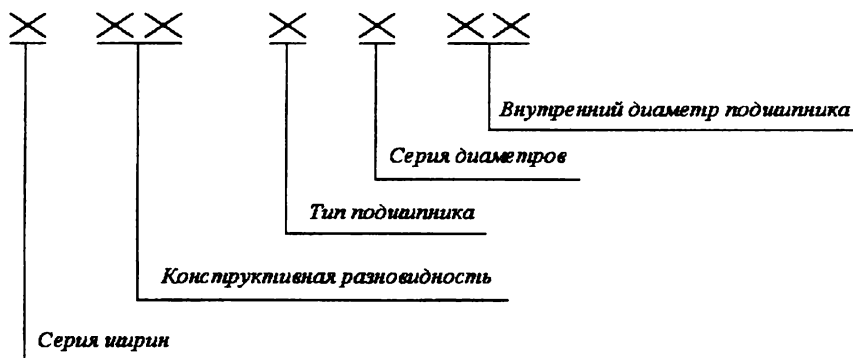


Рисунок 3.3 – Расположение цифр в основном условном обозначении подшипников с внутренними диаметрами от 20 до 500 мм (исключая подшипники с диаметрами 22, 28, 32 и 500 мм)

**Две первые цифры справа** образуют число, которое обозначает диаметр  $d$  отверстия внутреннего кольца подшипника. Для подшипников с  $d = 20 \dots 495$  мм внутренний диаметр определяют умножением этого числа на 5. Так, подшипник 7209 имеет  $d = 45$  мм, а подшипник 315  $d = 75$  мм.

**Третья цифра справа** обозначает серию диаметров и **совместно с седьмой цифрой**, обозначающей серию ширин, определяет размерную серию подшипника (рис. 3.4).

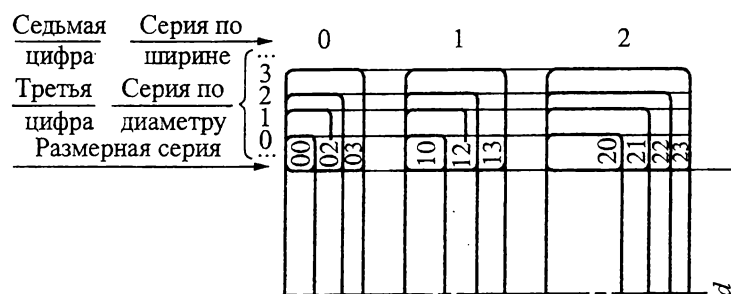


Рисунок 3.4 – Размерная серия подшипника [3]

В порядке увеличения наружного диаметра подшипника (при одном и том же диаметре отверстия) серии бывают: 1,2,3,4 и др. Так, подшипник 7209 – серии диаметров 2, а подшипник 315 – серии диаметров 3. Серии диаметров 2 и 3 получили наибольшее распространение и рекомендуются при выполнении курсовых проектов.

**Четвертая цифра справа** обозначает тип подшипника:

Шариковый радиальный однорядный.....	0
Шариковый радиальный сферический двухрядный.....	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами .....	2
Роликовый радиальный сферический двухрядный.....	3
Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами.....	4
Роликовый радиальный с витыми роликами .....	5
Шариковый радиально-упорный однорядный.....	6
Роликовый радиально-упорный с коническими роликами (конический).....	7
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный .....	8
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный.....	9

Приведенный для примера подшипник 7209 является роликовым радиально-упорным коническим, а подшипник 315 – шариковым радиальным однорядным (в обозначении подшипника 315, кроме цифры 0, обозначающей тип подшипника, все остальные цифры, стоящие левее её, будут тоже нули, и по этой причине все четыре нуля, стоящие левее последней значащей цифры 3, не проставляются).

**Пятая** или **пятая и шестая цифры справа** обозначают конструктивную разновидность подшипников (наличие защитных шайб или уплотнений, канавки на наружном кольце под упорное кольцо, значение номинального угла контакта в радиально-упорных подшипниках, наличие упорного борта на наружном кольце, отсутствие сепаратора, исполнение с коническим отверстием во внутреннем кольце или установка его на закрепительной втулке и др.)

Если пятая и шестая цифры справа в обозначении подшипника отсутствуют, как например, у подшипников 7209 и 315, или на пятом и шестом местах справа в обозначении стоят нули, как, например, у подшипника 3007205, то такие подшипники относятся к основному конструктивному исполнению (базовый типоразмер).

**Седьмая цифра справа** обозначает серию по ширине и совместно с третьей цифрой справа, обозначающей серию диаметров, определяет размерную серию подшипника. В порядке увеличения ширины подшипника (при одних и тех же наружном диаметре и диаметре отверстия) серии ширин бывают: 0, 1, 2, 3 и др. (см. рис. 3.4). Серия ширин 0 в обозначении подшипника не указывается.

Подшипники разных типов и серий отличаются размерами, массой  $m$ , базовой динамической грузоподъемностью  $C_r$  и предельной частотой вращения  $[n]$  (см. рис. 3.5). Наиболее быстроходными из представленных являются шариковые радиальные однорядные подшипники размерной серии (02). Подшипники размерной серии (04) менее быстроходные, но базовая динамическая грузоподъемность  $C_r$  их выше. Следует отметить, что базовая динамическая грузоподъемность подшипника  $C_r$  – это нагрузка (в Н или кН), которую подшипник может теоретически выдержать при базовом расчетном ресурсе, составляющем 1 млн. оборотов, без появле-

ния признаков усталости не менее, чем у 90% из определенного числа подшипников, подвергающихся испытаниям. Величина  $C_r$  для каждого подшипника приводится в каталогах.

Роликовые радиально-упорные конические подшипники характеризует большая, чем у радиальных однорядных шарикоподшипников равных размеров, базовая динамическая грузоподъемность  $C_r$  и меньшая предельная частота вращения  $[n]$ .

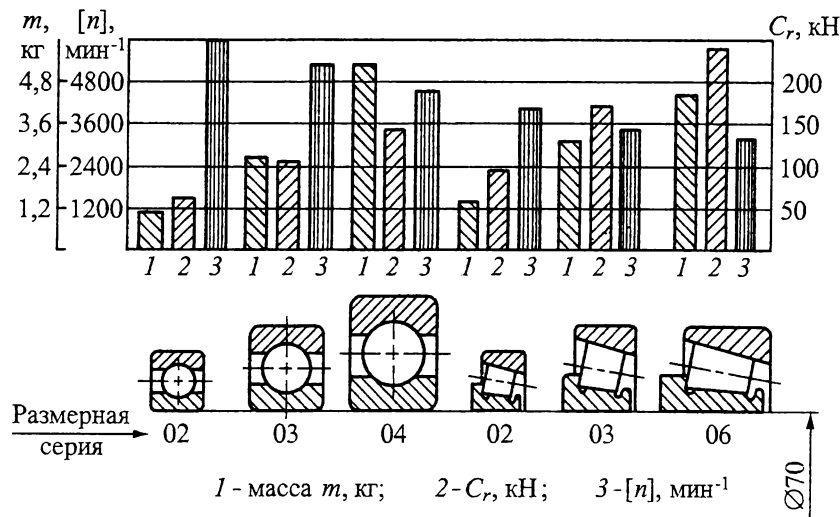


Рисунок 3.5 – Сравнительная характеристика шариковых радиальных однорядных и роликовых радиально-упорных конических подшипников различных размерных серий [3]

### 3.3.2. Дополнительные условные обозначения подшипников качения

**Дополнительное условное обозначение, расположенное слева от основного обозначения подшипника качения.** Слева от основного обозначения проставляют знаки, определяющие класс точности (8, 7, 0, нормальный, 6X, 6, 5, 4, Т, 2), группу радиального зазора (0, 1, 2, 3, ..., 9; для радиально-упорных шариковых подшипников обозначают степень предварительного натяга: 1, 2, 3), ряд моментов трения (1, 2, 3, ..., 9) и категорию подшипника (А, В, С). Знаки располагают в порядке перечисления – справа налево от основного обозначения подшипника и отделяют от него тире, например:

A125-3000205, где 3000205 – основное обозначение подшипника; 5 – класс точности; 2 – группа радиального зазора; 1- ряд момента трения; А – категория подшипника.

Класс точности подшипника регламентирует величины предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей его деталей.

Выше перечислены в порядке повышения точности все классы точности подшипников. Конкретные классы точности в зависимости от типа подшипника установлены ГОСТ 520-2002:

а) для шариковых радиальных и радиально-упорных, а также роликовых радиальных: 8, 7, нормальный, 6, 5, 4, Т, 2;

б) для роликовых радиально-упорных конических: 8, 7, 0, нормальный, 6X, 6, 5, 4, 2;

в) для упорных и упорно-радиальных: 8, 7, нормальный, 6, 5, 4, 2.

Подшипники классов точности 8 и 7 изготавливают по заказу потребителя для применения в неотвественных узлах.

В общем машиностроении применяют подшипники классов точности нормальный и 6.

В изделиях высокой точности или работающих с высокой частотой вращения (шпиндельные узлы скоростных станков, высокооборотные электродвигатели и др.) применяют подшипники классов точности 5 и 4.

Подшипники класса точности 2 используют в гироскопических приборах.

Отметим некоторую особенность обозначения классов точности нормальный и 0.

Для всех подшипников, кроме роликовых радиально-упорных конических, для обозначения класса точности нормальный применяют знак «0».



Для роликовых радиально-упорных конических подшипников для обозначения класса точности 0 применяют знак «0», класса точности *нормальный* – знак «N», класс точности 6X – знак X.

В нашем примере подшипник 7209 – класса точности 0.

Эксплуатационные условия подшипников качения считаются нормальными, когда температура внутреннего кольца больше чем наружного на 5...10 °С. При таких условиях требуемый радиальный зазор в подшипнике обеспечивается пределами нормальных групп зазора, указанных в таблицах стандарта, а в дополнительном условном обозначении подшипника он не указывается.

Показатели по моменту трения относятся только к точным подшипникам специального назначения.

В зависимости от класса точности, наличия требований к уровню вибраций, величине момента трения и других дополнительных технических требований установлены три категории подшипников: А – повышенные регламентированные нормы; В – регламентированные нормы; С – без дополнительных требований.

Соответствие категорий подшипников и их классов точности:

Категория	А	В	С
Класс точности	5, 4, Т, 2	0, нормальный, 6X, 6, 5	8, 7, 0, нормальный, 6

В условном обозначении подшипников категории С знак категории не проставляют. Знак категории не указывают и для подшипников, не отнесенных к категориям А, В и С.

**Дополнительное условное обозначение, расположенное справа от основного обозначения подшипника качения** – возможные знаки, указываемые справа от основного обозначения:

А – подшипник повышенной грузоподъемности;

Е – сепаратор выполнен из пластических материалов (полимеры, текстолит);

Л – сепаратор выполнен из латуни;

Д – сепаратор выполнен из алюминиевого сплава;

Б – сепаратор выполнен из безоловянной бронзы;

М – наличие модифицированного контакта;

К и Н – наличие конструктивных особенностей;

Т, Т1, ..., Т6 – специальная термообработка деталей подшипника для работы при повышенных температурах;

С1...С28 – код смазочного материала, которым заполнен подшипник закрытого типа (например, С2 – смазочный материал ЦИАТИМ-221; С5 – ЦИАТИМ-202; С17 – Литол-24);

Ш – специальные требования по шумности работы;

Ю, Ю1, Ю2, Ю3 и т.д. – все детали подшипника или часть деталей из коррозионно-стойкой стали;

Х, Х1, Х2, Х3 и т.д. – кольца и тела качения или только кольца (в том числе одно кольцо) из цементируемой стали.

Обозначение подшипника наносится преимущественно на торцевой поверхности колец или на защитных шайбах (для подшипников закрытого типа). Обозначения подшипников малых размеров проставляют на упаковке.

**Пример обозначения подшипника:**

**А 7 5 – 3180206 Е Т2 С2,**

где А – категория подшипника; 7 – группа радиального зазора; 5 – класс точности;

3180206 – основное обозначение;

Е – материал сепаратора (текстолит);

Т2 – температура отпуска (250 °С);

С2 – смазочный материал ЦИАТИМ – 221.

В соответствии с основным обозначением 3180206 данный подшипник является шариковым радиальным однорядным (четвертая цифра справа – 0) с посадочным диаметром на вал 30 мм (первые две цифры справа, умноженные на 5, т.е. 06х5 = 30 мм), серии диаметров 2 (третья цифра справа), серии ширин 3 (седьмая цифра справа), с двухсторонним уплотнением (пятая и шестая цифры справа).

### 3.4. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

#### 3.4.1. Подшипники шариковые радиальные однорядные

Тип подшипников – 0.

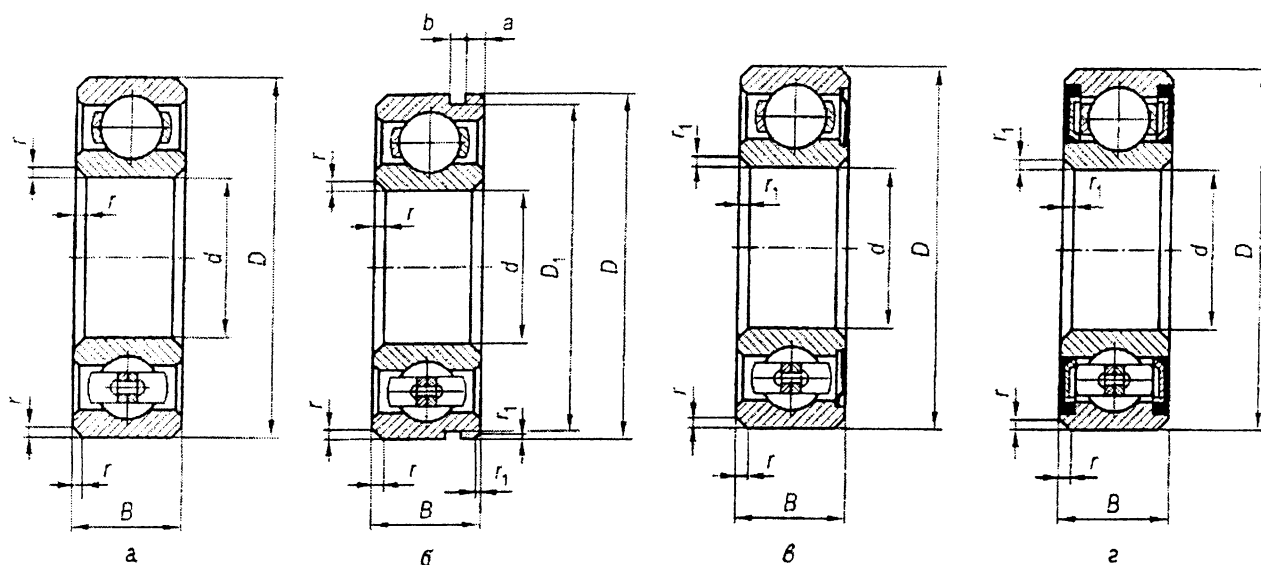
Эти подшипники применяют в узлах со сравнительно легкими условиями эксплуатации и при отсутствии высоких требований к жесткости опор в радиальном и осевом направлениях (например, в коробках передач станков и транспортных средств, редукторах, электродвигателях малой и средней мощности, роликах конвейеров и различных механизмах с высокой частотой вращения). Они отличаются простотой конструкции, имеют невысокую стоимость. Однако эти подшипники не следует применять для валов червячных и конических передач.

Шариковые радиальные однорядные подшипники предназначены в основном для восприятия радиальной нагрузки, но могут воспринимать и осевые нагрузки в обоих направлениях. Удовлетворительно работают при перекосе колец на угол не более  $3'$ , а при увеличенном радиальном зазоре до  $10'$ . Однако перекосы ухудшают работу подшипника, вызывают вибрацию и снижают ресурс его работы. В сравнении с другими типами подшипников отличаются наименьшим моментом трения. Шариковые радиальные однорядные подшипники помимо основной конструкции, показанной на рис. 3.6, а, имеют различные конструктивные исполнения (или разновидности). К их числу относятся подшипники с канавкой на наружном кольце исполнения 5000 (рис. 3.6, б) для упорного кольца, что упрощает осевое фиксирование подшипника и позволяет производить сквозную обработку отверстий корпуса.

Подшипники с защитной шайбой с одной стороны исполнения 60000 (рис. 3.6, в) или с двух сторон исполнения 80000 используют при работе в незагрязненных или слабо загрязненных помещениях с целью защиты рабочей зоны подшипника от пыли и грязи.

Для работы в загрязненных помещениях используют подшипники со встроенными уплотнениями: односторонним исполнения 160000 или двухсторонним исполнения 180000 (рис. 3.6, г).

Подшипники с двумя защитными шайбами или уплотнениями являются подшипниками закрытого типа и поставляются заполненными пластичным смазочным материалом на заводе-изготовителе на весь срок службы. Это значительно облегчает техническое обслуживание подшипниковых узлов, особенно при установке подшипника в труднодоступных для смазывания местах конструкции. Следует отметить, что промывка таких подшипников перед монтажом недопустима. Специальных дополнительных уплотнений подшипники закрытого типа не требуют.



а – основная конструкция (исполнение 0000); б – с канавкой на наружном кольце (исполнение 50000);  
в – с одной защитной шайбой (исполнение 60000); г – с двумя защитными шайбами (исполнение 80000);  
г – с двухсторонним уплотнением (исполнение 180000); с – с односторонним уплотнением (исполнение 160000)

Рисунок 3.6 – Подшипники шариковые радиальные однорядные

Сепараторы шариковых радиальных однорядных подшипников штампуют из тонколистовой стали, а в некоторых случаях – из латуни. Широко применяют корончатые сепараторы из полиамидных смол. И те и другие сепараторы базируются по телам качения.

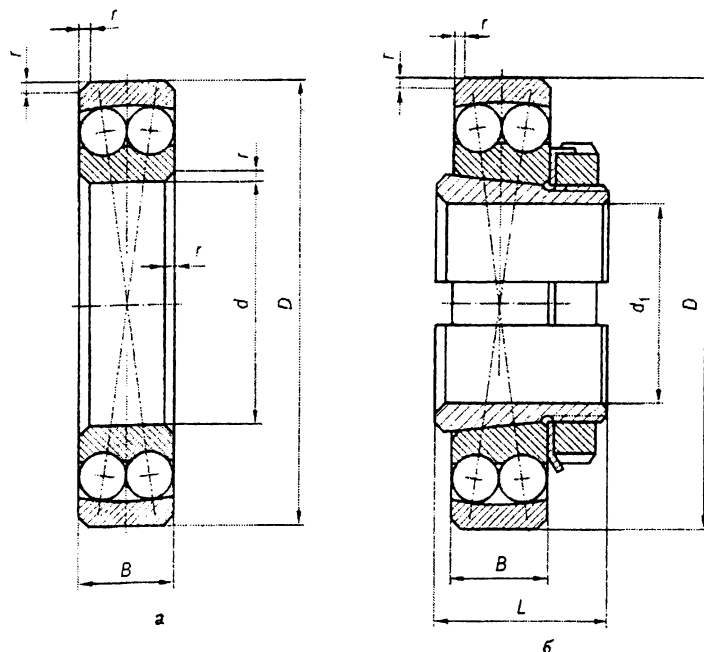
Крупногабаритные подшипники, а также предназначенные для работы при высоких частотах вращения, имеют массивные сепараторы, базирование которых производится по бортам наружных колец. В качестве материала в данном случае используют пластмассы, бронзу, латунь, алюминиевые сплавы и др.

Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 1 до 460 мм.

### 3.4.2. Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные

Тип подшипников 1.

Эти подшипники находят применение в опорах приводных валов конвейеров при установке подшипников в разных корпусах, опорах оси барабанов механизмов подъема грузов, опорах поворотных кранов, сателлитов планетарных передач, а также в различных механизмах, где наблюдается существенная несоосность посадочных мест для подшипников или когда неизбежны значительные прогибы валов или осей.



а – основная конструкция (исполнение 1000); б – с коническим отверстием внутреннего кольца для установки на валу с помощью закрепительной втулки (исполнение 11000)  
Рисунок 3.7 – Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные

Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники предназначены для восприятия радиальной нагрузки, а также небольших осевых нагрузок в обоих направлениях. Самоустанавливающаяся конструкция подшипника позволяет им нормально работать при перекосах внутреннего кольца до  $2,5^\circ$  по данным [1] (по данным [4] перекося колец допускается до  $4^\circ$ ).

Самоустанавливаемость подшипнику обеспечивает дорожка качения наружного кольца, выполненная по сферической поверхности, описанной из центра подшипника.

Помимо основной конструкции с цилиндрическим отверстием исполнения 1000 (рис. 3.7, а), изготавливаются подшипники с коническим отверстием внутреннего кольца (исполнение 11000) для установки на закрепительной втулке (рис. 3.7, б), которая в свою очередь устанавливается на цилиндрическом участке вала (гладком или выполненном с шейкой).

Сепараторы данных подшипников изготавливают штамповкой из тонколистовой стали или из полиамидных смол. У крупногабаритных подшипников сепараторы выполняют массивными (в основном латунными).

Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 40 до 400 мм.

### 3.4.3. Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами

Тип подшипников – 2.

Эти подшипники предназначены главным образом для восприятия радиальных нагрузок. По быстроходности они почти не уступают шариковым радиальным однорядным, однако весьма чувствительны к перекосам колец. Даже небольшой перекося  $1...2'$  приводит к существенному снижению ресурса подшипника.

Подшипник, представленный на рис. 3.8,а, является основным для данного типа и обозначается 2000.

Подшипники без бортов на одном из колец (рис. 3.8, а, в) целесообразно использовать в качестве плавающей опоры, так как они допускают в определенных пределах осевые перемещения, компенсируя изменение длины вала вследствие температурных деформаций. Если на этом кольце выполнен с одной стороны борт (рис. 3.8, б, г), то такой подшипник фиксирует вал в одном осевом направлении и может кратковременно воспринимать небольшие нагрузки. Для фиксации вала в противоположном направлении во второй опоре обычно применяют такой же подшипник, но установленный в зеркальном отражении.

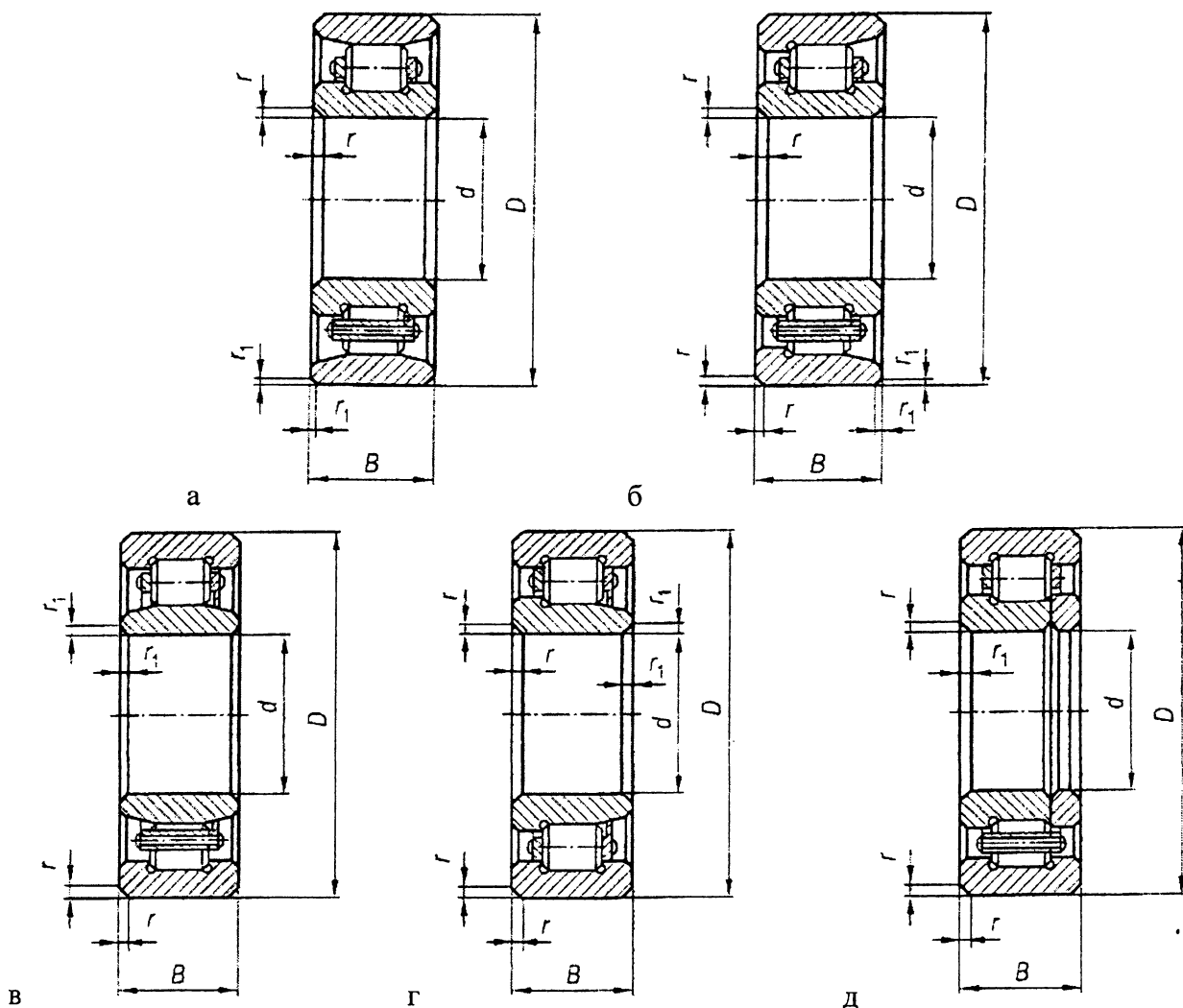
Функцию борта может выполнять упорное плоское кольцо (рис. 3.8, д). Подшипники с бортами на обоих кольцах могут воспринимать осевую нагрузку при условии, что она составляет не более 0,2...0,4 от радиальной в зависимости от размерной серии подшипника [4].

В тяжело нагруженных опорах станков и прокатных станов применяют двухрядные подшипники, которые обеспечивают высокую грузоподъемность и жесткость при относительно небольших радиальных габаритных размерах.

Сепараторы подшипников с короткими цилиндрическими роликами изготавливают как штампованными из листового металла, так и массивными из латуни, бронзы, полиамидных смол. Первые базируются по телам качения, вторые по двухбортовому кольцу.

В диапазоне посадочных диаметров на вал от 15 до 260 мм подшипники стандартизованы.

Области применения: плавающие опоры валов, шпиндели металлорежущих станков, дорожно-транспортные машины, а также узлы различных механизмов, в которых требуется большая радиальная грузоподъемность.



а – основная конструкция (исполнение 2000); б – с однобортовым наружным кольцом (исполнение 12000); в – без бортов на внутреннем кольце (исполнение 32000); г – с однобортовым внутренним кольцом (исполнение 42000); д – с однобортовым внутренним кольцом и плоским упорным кольцом (исполнение 92000)

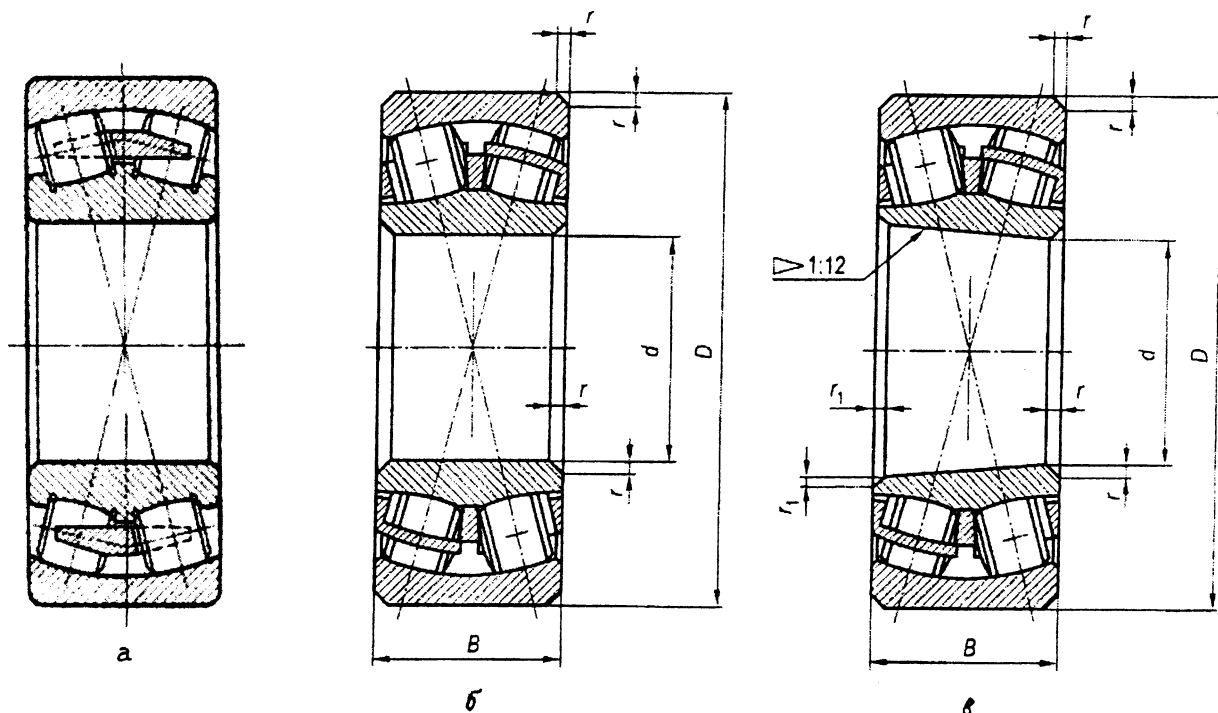
Рисунок 3.8 – Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами

### 3.4.4. Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные

Тип подшипников – 3.

Области применения этих подшипников те же, что и шариковых радиальных сферических двухрядных (рис. 3.7). Однако от последних они отличаются большей грузоподъемностью, но меньшей быстроходностью.

Подшипники являются самоустанавливающимися. Они очень чувствительны к осевым нагрузкам (двухсторонняя осевая нагрузка не должна превышать 25% от неиспользованной допустимой радиальной нагрузки).



а – основная конструкция (исполнение 30000); б – с безбортовым внутренним кольцом и цилиндрическим отверстием (исполнение 53000); в – с безбортовым внутренним кольцом и коническим отверстием (исполнение 153000)  
Рисунок 3.9 – Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные

Основное конструктивное исполнение данных подшипников – 3000 (двухрядный подшипник с бортами на внутреннем кольце и цилиндрическим отверстием), см. рис. 3.9, а.

Помимо основного исполнения, изготавливают также двухрядные подшипники с безбортовым внутренним кольцом и цилиндрическим отверстием исполнения 53000 (рис. 3.9, б), а также с коническим отверстием исполнения 153000 (рис. 3.9, в). Последние предназначены для установки на валу с помощью закрепительных втулок.

Сепараторы подшипников выполняют как штампованными из стали или латуни, так и массивными из бронзы, латуни и полиамидных смол.

В диапазоне посадочных диаметров на вал от 40 до 400 мм подшипники стандартизованы.

### 3.4.5. Подшипники роликовые радиальные с игольчатыми роликами

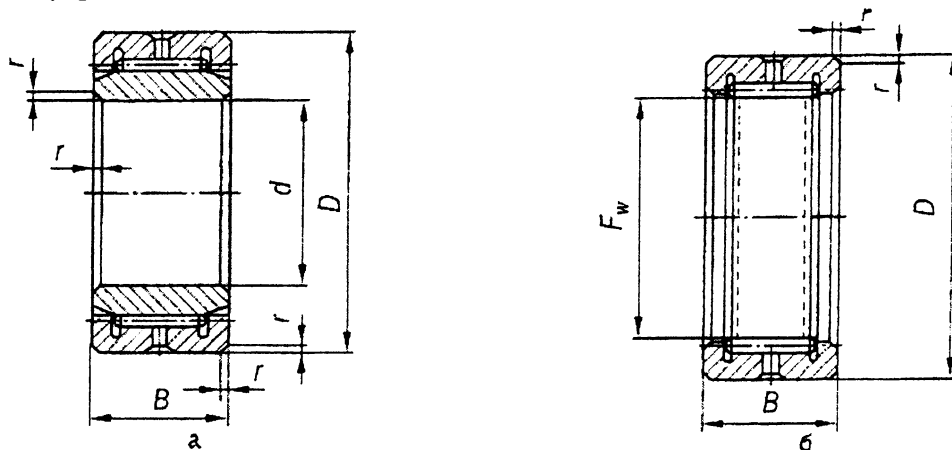
Тип подшипников – 4.

Радиальные роликовые подшипники с игольчатыми роликами (или иглами) имеют отношение длины роликов к их диаметру больше четырех и предназначены для восприятия только радиальной нагрузки. Осевые нагрузки эти подшипники не воспринимают и осевое положение вала не фиксируют. Перекосы внутренних колец относительно наружных у них недопустимы. По сравнению с шариковыми радиальными подшипниками они имеют существенно меньшие радиальные габариты при значительно большей грузоподъемности.

Игольчатые подшипники применяют при ограниченных радиальных размерах, а также при колебательном движении: крестовины шарниров карданных валов автомобилей и тракторов, планетарные передачи, кривошипные механизмы, рычаги управления и т.д.

Для увеличения нагрузочной способности иглы часто устанавливают без сепаратора, что позволяет увеличить их число (исполнение 74000, рис. 3.10, а).

Для уменьшения радиальных габаритных размеров широко применяют игольчатые подшипники без внутреннего кольца и сепаратора (исполнение 24000, рис. 3.10, б).



а – с наружным и внутренним кольцами без сепаратора (исполнение 74000);

б – без внутреннего кольца и сепаратора (исполнение 24000)

Рисунок 3.10 – Подшипники роликовые радиальные с игольчатыми роликами

Кольца подшипников могут изготавливаться массивными (точенными) или штампованными из тонколистовой стали.

### 3.4.6. Подшипники роликовые радиальные с витыми роликами

Тип подшипников – 5.

Эти подшипники предназначены для восприятия только радиальной нагрузки. Они могут воспринимать ударные нагрузки, действие которых смягчается податливостью роликов. Преимущество этих подшипников в том, что при ударах и толчках, а также при возможном перекосе роликов во время работы, последние, благодаря своей конструкции, предохраняются от поломки. Ролики изготавливают навивкой из ленты прямоугольного сечения.

Осевую нагрузку данные подшипники не воспринимают, осевое положение вала не фиксируют. Допускают некоторый (до 30') перекос внутреннего кольца относительно внешнего вследствие упругих деформаций витых роликов. Отличаются малой чувствительностью к загрязнению внешней среды.

Области применения: тихоходные узлы, не требующие точности вращения (сельхозмашины, опоры катков ролягангов прокатных станков).

В ответственных узлах эти подшипники не применяются.

### 3.4.7. Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные

Тип подшипников – 6.

Эти подшипники предназначены для восприятия комбинированной нагрузки: радиальной и односторонней осевой.

Осевая грузоподъемность этих подшипников зависит от угла контакта  $\alpha$ , представляющего собой угол между плоскостью центров шариков и прямой, проходящей через центр шарика и середину площадки контакта шарика с дорожкой качения.

Подшипники выпускаются с углами контакта  $\alpha = 12...40^\circ$ . Подшипники с углом контакта  $\alpha = 36^\circ$  и более применяют только в качестве сдвоенных.

В отличие от шариковых радиальных однорядных подшипников в радиально-упорных подшипниках на одном из колец выполнен скос (срез), что позволяет закладывать в подшипник больше шариков того же диаметра. Однако нагрузка от одного кольца к другому передается под углом. Поэтому при действии на подшипник радиальной нагрузки появляется осевая составляющая.

В качестве основной конструкции принят однорядный разъемный подшипник со съёмным наружным кольцом и углом контакта  $\alpha = 12^\circ$  (исполнение 6000).

Однако наибольшее распространение получили неразъемные однорядные радиально-упорные подшипники со скосом на наружном кольце и углом контакта  $\alpha$  (рис. 3.11, а):

- исполнение 36000 –  $\alpha = 12^\circ$ ;
- исполнение 46000 –  $\alpha = 26^\circ$ ;
- исполнение 66000 –  $\alpha = 36^\circ$ .

Кроме этого, выпускаются подшипники со скосом на внутреннем кольце и углом контакта  $\alpha$  (рис. 3.11, б):

- исполнение 36000К –  $\alpha = 15^\circ$ ;
- исполнение 46000К –  $\alpha = 25^\circ$ .

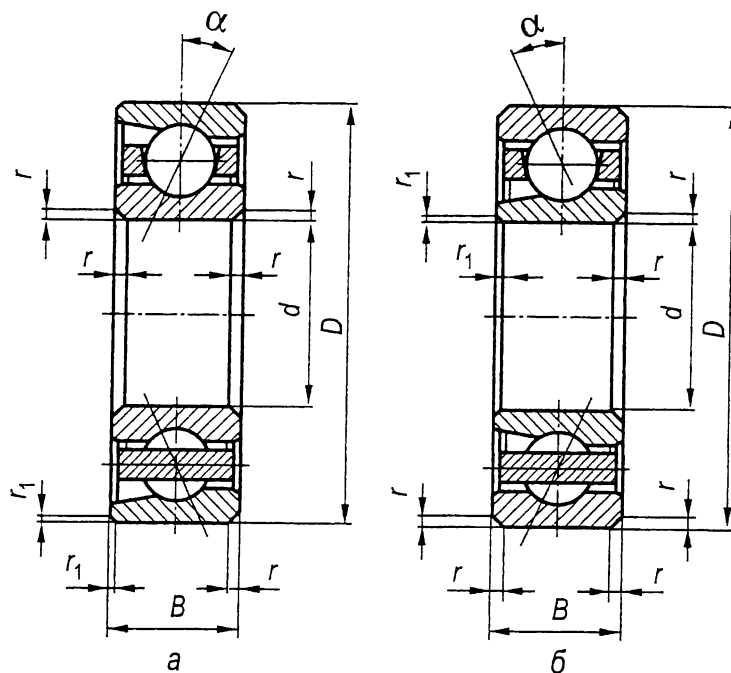
В диапазоне посадочных диаметров на вал от 3 до 320 мм эти подшипники стандартизованы. Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники с разъемным внутренним кольцом (рис. 3.12, а) предназначены для восприятия радиальной и осевых нагрузок в обоих направлениях. Конструкция подшипника позволяет сократить осевые размеры узла и при монтаже не требует регулирования. Наибольшее распространение эти подшипники получили в авиационной промышленности.

Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники с разъемным наружным кольцом (рис. 3.12, б) воспринимают радиальную и осевые нагрузки в обоих направлениях и также не требуют регулирования.

Подшипники с разъемным внутренним кольцом стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 10 до 340 мм, а подшипники с разъемным наружным кольцом – в диапазоне диаметров от 45 до 130 мм.

Для восприятия осевых нагрузок обоих направлений и при ограниченных диаметральных размерах применяют сдвоенные радиально-упорные подшипники с кольцами без разъемов (рис. 3.13). Подшипники специально комплектуют на заводе-изготовителе. На кольцах этих подшипников наносят специальные метки для правильной установки подшипников в узел. В случае выхода из строя одного подшипника заменяют весь комплект [4].

Для восприятия осевых нагрузок обоих направлений используют подшипники, сдвоенные по схемам Х (рис. 3.13, а) или О (рис. 3.13, б). Эти подшипники не требуют регулирования при монтаже.



а – со скосом на наружном кольце с углом контакта  $\alpha$ :  $\alpha = 12^\circ$  (исполнение 36000);  $\alpha = 26^\circ$  (исполнение 46000);  $\alpha = 36^\circ$  (исполнение 66000); б – со скосом на внутреннем кольце с углом контакта  $\alpha$ :  $\alpha = 15^\circ$  (исполнение 36000К);  $\alpha = 25^\circ$  (исполнение 46000К)

Рисунок 3.11 – Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные

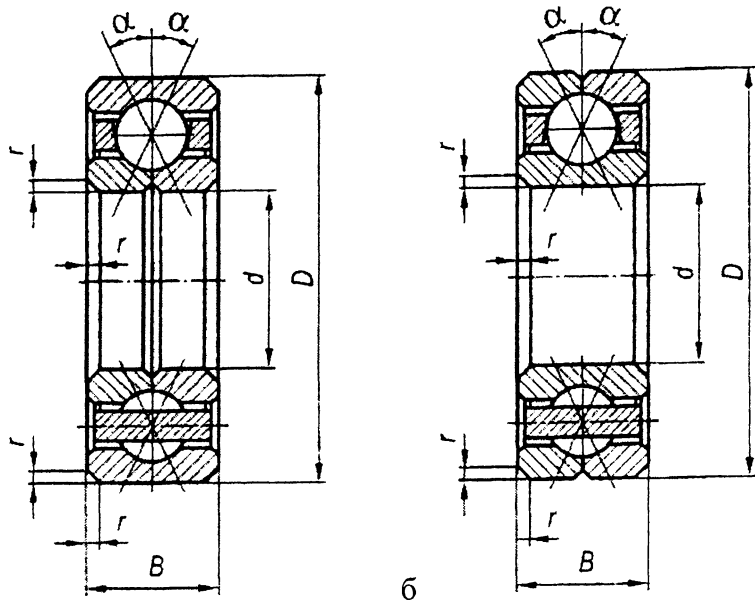


Рисунок 3.12 – Подшипник шариковый радиально-упорный с разъемным внутренним (а) и наружным (б) кольцом

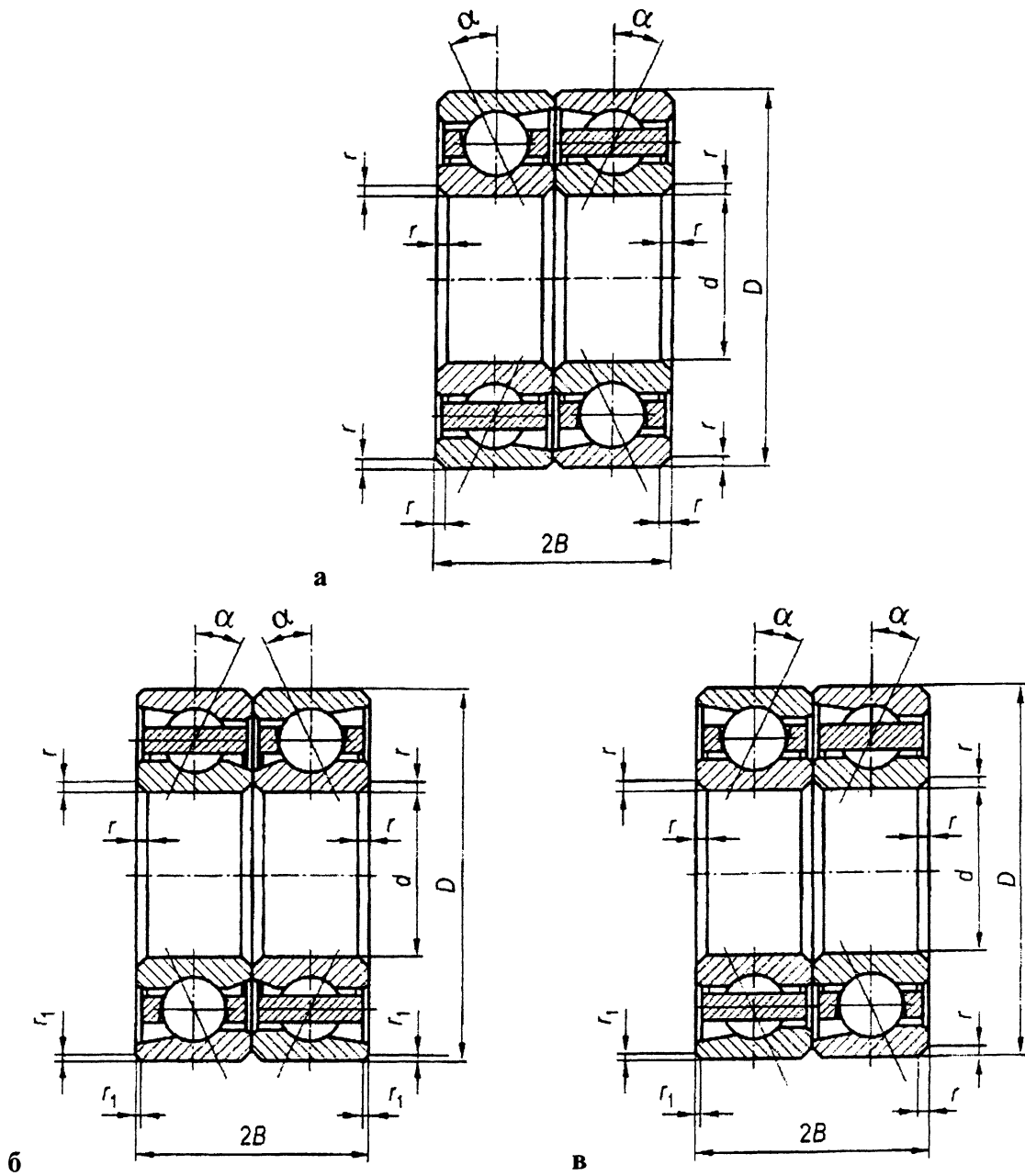


Рисунок 3.13 – Схемы установки двоянных подшипников: а – схема X; б – схема O; в – схема T



При больших осевых нагрузках одного направления и стесненных габаритных размерах в радиальном направлении, а также для скоростных опор используют схему Т (от слова тандем) (рис. 3.13, в). Данная схема установки подшипников требует регулирования осевого зазора при монтаже.

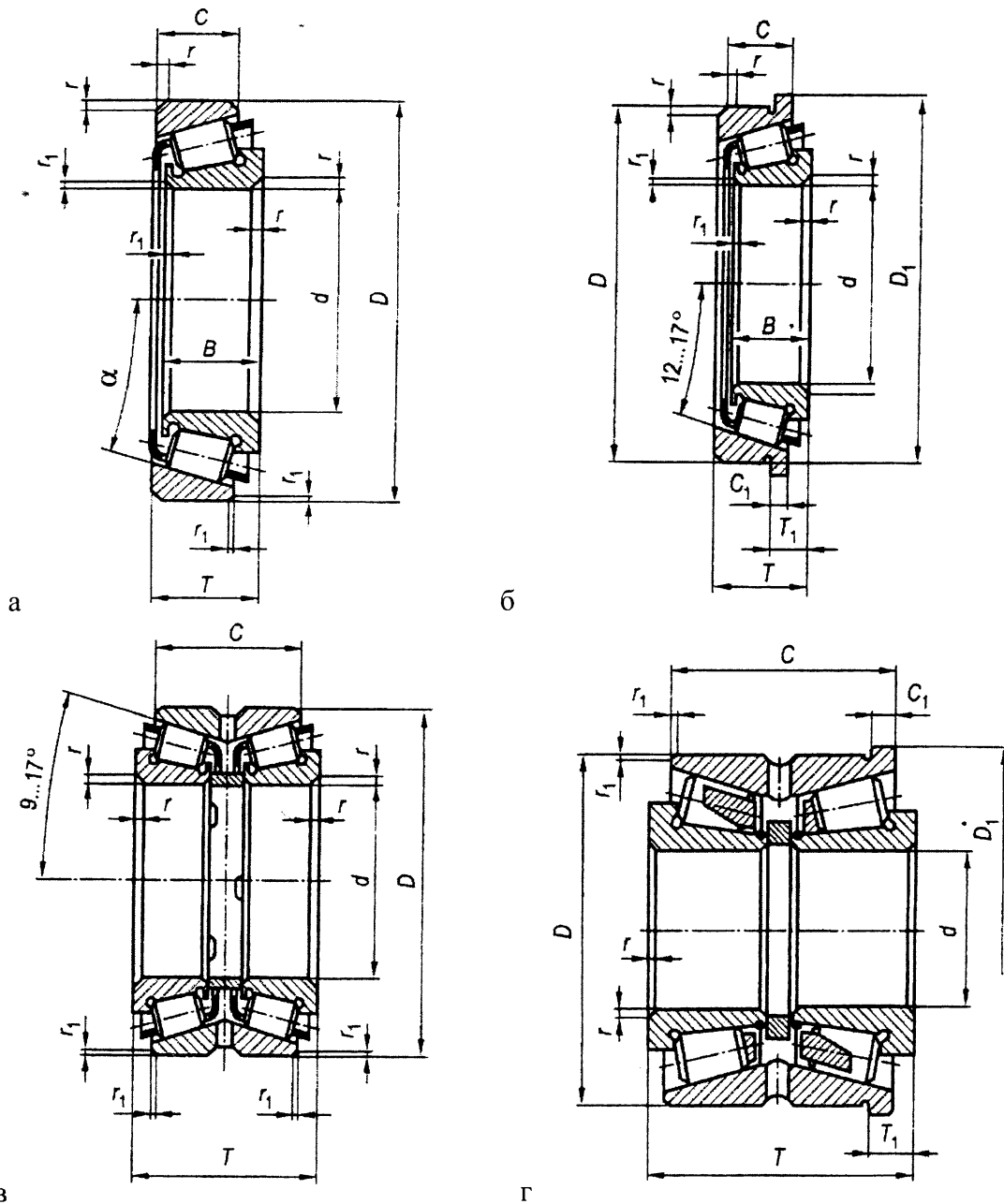
Комплектация сдвоенных подшипников, особенно по схеме О, обеспечивает повышенную угловую жесткость опоры при прогибах вала.

Область применения сдвоенных подшипников – шпиндели шлифовальных станков, фиксирующие опоры валов-червяков, центрифуги и т.д.

### 3.4.8. Подшипники роликовые радиально-упорные с коническими роликами

Тип подшипников – 7.

Однорядный подшипник (рис. 3.14, а) предназначен для восприятия совместно действующих радиальной и односторонней осевой нагрузок. Без осевой нагрузки этот подшипник работать не может.



а – однорядный с углом контакта  $\alpha = 10 \dots 18^\circ$  (исполнение 7000);  $\alpha \geq 20^\circ$  (исполнение 27000); однорядный повышенной грузоподъемности с углом контакта  $\alpha = 10 \dots 18^\circ$  (исполнение 7000А);  $\alpha \geq 20^\circ$  (исполнение 27000А); б – однорядный с упорным бортом на наружном кольце (исполнение 67000, повышенной грузоподъемности – 67000А); в – двухрядный с внутренним дистанционным кольцом (исполнение 97000); г – двухрядный с внутренним дистанционным кольцом и упорным бортом на наружном кольце (исполнение 697000)  
Рисунок 3.14 – Подшипники роликовые радиально-упорные с коническими роликами

Однорядные подшипники применяют в редукторах с цилиндрическими косозубыми, коническими и червячными передачами. Подшипники являются разъемными и требуют регулирования осевого зазора.

При проектировании узлов с коническими роликоподшипниками следует обращать внимание на установочные размеры (см. далее рис. 3.20), чтобы обеспечить свободное вращение сепаратора.

У большинства подшипников угол конуса наружного кольца  $\alpha$ , называемый углом контакта, находится в пределах  $10...18^\circ$  (основная конструкция исполнения 7000). Однако выпускают подшипники с увеличенными углами контакта ( $\alpha = 20...30^\circ$ ) исполнения 27000, которые способны воспринимать повышенную осевую нагрузку. Обычно подшипники с углами контакта  $\alpha = 25...30^\circ$  применяют только в качестве сдвоенных.

Подшипники повышенной грузоподъемности с  $\alpha = 10...18^\circ$  имеют обозначение 7000А, а с углами  $\alpha \geq 20^\circ$  – обозначение 27000А.

Помимо основной конструкции 7000 выпускают подшипники с бортом на наружном кольце исполнений 67000 и 67000А (рис. 3.14, б), что позволяет производить сквозную расточку в стаканах (например, при установке валов конических шестерен, см. рис.4.3,а) и корпусах.

Два однорядных подшипника в паре могут работать только при радиальной нагрузке.

Для восприятия совместно действующих большой радиальной и двухсторонней осевой нагрузок изготавливают двухрядные подшипники с внутренним дистанционным кольцом исполнения 97000 (рис. 3.14, в). Двухрядный подшипник с упорным бортом на наружном кольце имеет обозначение 697000 (рис. 3.14, г).

Двухрядные подшипники не требуют осевого регулирования и могут работать без осевой нагрузки.

Сепараторы большинства подшипников выполняют штампованными из стали. Крупногабаритные подшипники выпускаются с массивными сепараторами.

Кроме редукторов, конические роликоподшипники применяют в коробках передач, шпинделях металлорежущих станков, колесах автомобилей, кранов, вагонеток и самолетов, а также в катках гусеничных тракторов и в задних мостах автомобилей и тракторов.

### 3.4.9. Подшипники шариковые упорные

Тип подшипников – 8.

Область применения этих подшипников – опоры колонн поворотных кранов, крюковые подвески грузоподъемных машин (для установки крюка), в червячных редукторах для установки вала червяка при больших осевых нагрузках (рис. 4.6), вращательные центры металлорежущих станков, выжимные подшипники сцеплений транспортных средств и т.п.

Одинарные упорные шарикоподшипники (рис. 3.15) предназначены для восприятия только осевых нагрузок и только в одном направлении.

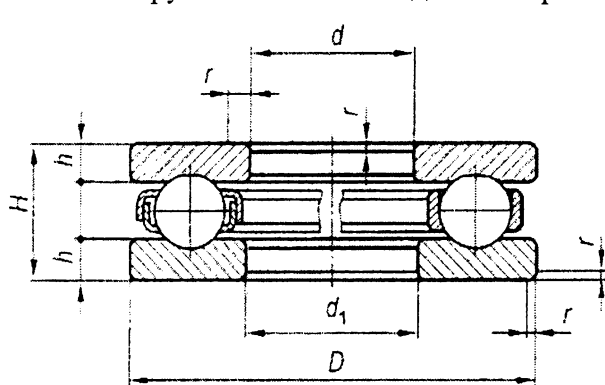


Рисунок 3.15 – Подшипник шариковый упорный одинарный исполнения 8000Н ( $d_1 \geq d + 2$ )

Размеры наружных и внутренних диаметров колец отличаются. На рис. 3.15 верхнее кольцо диаметром отверстия  $d$  предназначено для установки на вал по посадке с натягом, а нижнее – для установки в корпус. Подшипники отличаются высокой грузоподъемностью и сравнительно небольшими частотами вращения (ограничены центробежными силами и гироскопическими моментами, действующими на шарики). В диапазоне посадочных диаметров на вал от 10 до 480 мм одинарные упорные шарикоподшипники стандартизованы. Основная конструкция одинарного подшипника имеет исполнение 8000 Н. Буква Н в обозначении подшипника показывает, что диаметральные размеры свободного кольца (на рис. 3.15 – нижнего) соответствуют международному стандарту.

Двойные упорные шарикоподшипники (рис. 3.16) предназначены для восприятия только осевых нагрузок, но в обоих направлениях. Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных

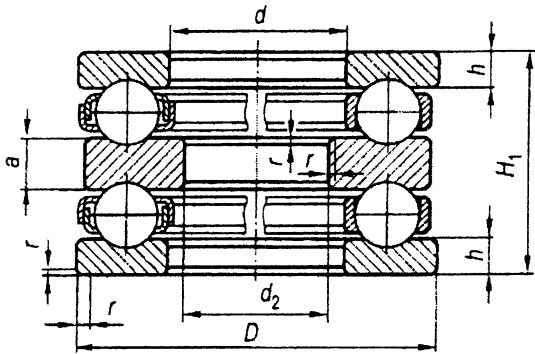


Рисунок 3.16 – Подшипник шариковый упорный двойной исполнения 38000H

диаметров на вал от 20 до 120 мм. У двойного упорного подшипника на вал по посадке с натягом устанавливают среднее кольцо (на рис 3.16 диаметр посадочного отверстия обозначен  $d_2$ ).

Сепараторы упорных шариковых подшипников (одинарных и двойных) изготавливают в основном штамповкой из стали, а также могут выполнять массивными из стали или бронзы.

### 3.4.10. Подшипники шариковые упорно-радиальные одинарные

Тип подшипников – 8 (как и шариковых упорных).

Эти подшипники предназначены для восприятия больших осевых нагрузок и только в одном направлении при малых потерях на трение, а также для одновременного восприятия больших односторонних осевых нагрузок и небольших радиальных. Однако чаще всего эти подшипники применяют для восприятия только осевых нагрузок.

Подшипники с углами контакта  $\alpha = 45$  и  $60^\circ$  широко используются в узлах ходовых винтов станков и других механизмах, где требуется легкость вращения при больших осевых нагрузках. Данные подшипники допускают более высокие частоты вращения, чем упорные подшипники.

На рис. 3.17 показан шариковый радиально-упорный одинарный подшипник с углом контакта  $\alpha = 60^\circ$  исполнения 168000. В узлах машин широко применяются нестандартные подшипники данного типа.

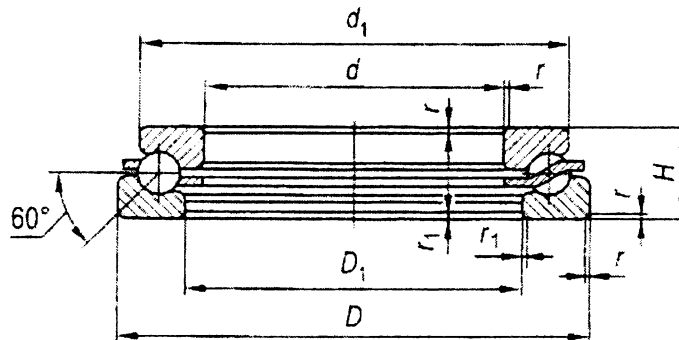


Рисунок 3.17 – Подшипник шариковый упорно-радиальный одинарный исполнения 168000

### 3.4.11. Подшипники роликовые упорно-радиальные сферические

Тип подшипников – 9.

Эти подшипники предназначены для восприятия больших осевых нагрузок в одном направлении и одновременно небольших радиальных (до 0,5 осевой).

Упорно-радиальный роликовый сферический подшипник с бочкообразными роликами исполнения 39000 показан на рис. 3.18. Подшипник имеет возможность некоторой самоустановки.

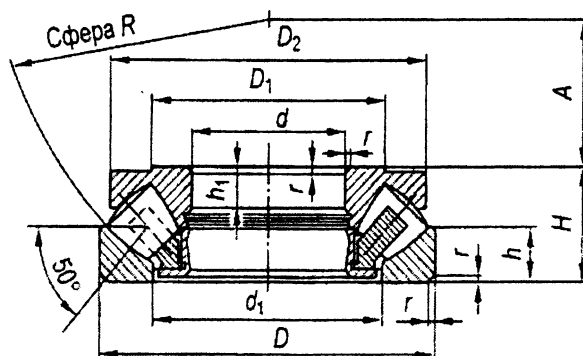


Рисунок 3.18 – Подшипник роликовый упорно-радиальный сферический исполнения 39000

### 3.5. УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ И ОСЕВЫЕ ЗАЗОРЫ В ПОДШИПНИКАХ

При конструировании подшипниковых узлов должны быть обеспечены достаточные зазоры между деталями подшипника и поверхностями деталей, контакт с которыми не предусмотрен.

В узлах с регулируемыми подшипниками должна быть обеспечена возможность регулирования осевых зазоров при их монтаже.

Для радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников, а также радиальных роликовых подшипников, зазоры  $a$  между смежными деталями и торцами колец (рис. 3.19) должны быть не менее указанных в табл. 3.1.

В роликовых радиально-упорных конических подшипниках сепаратор выступает за пределы наружного кольца на величины « $m$ » и « $n$ », рис. 7.20, а. Это следует учитывать при установке смежных с подшипниками деталей, например, шлицевых гаек (рис. 7.20, б) или при установке двух рядом расположенных подшипников (рис. 7.20, в). Смежная деталь должна отстоять от торца наружного кольца конического роликоподшипника на  $b = 3 \dots 6$  мм. Чтобы цилиндрические поверхности смежных деталей не касались сепаратора, высоты  $h_1$  и  $h_2$  не должны превышать значений [5]:

$$h_1 = 0,1(D - d); \quad (3.1)$$

$$h_2 = 0,05(D - d). \quad (3.2)$$

Для подшипников с углом контакта  $\alpha \geq 20^\circ$ :

$$h_1 = 0,08(D - d). \quad (3.3)$$

Таблица 3.1 – Минимальный боковой зазор  $a$  для подшипника, мм

$d$	$a$
12 – 50	2
55 – 120	3
125 – 240	4

Таблица 3.2 – Размеры элементов вала (корпуса), мм

Координата фаски подшипника $r_{ном}$	Наибольшая галтель вала (корпуса) $R_{max}$	Высота заплечиков вала (корпуса) $h_{min}^*$
0,3-0,5	0,2	1,0
0,8	0,5	2,0
1,0	0,6	2,5
> 1,0	0,6 $r_{ном}$	1,8 $r_{ном}$

\* Для вала  $h_{min} = 0,5(d_2 - d)$ , для корпуса  $h_{min} = 0,5(D - D_2)$ ;  $h_{min} = 0,5(D - D_1)$ .

Таблица 3.3 – Осевые зазоры для регулируемых радиально-упорных шариковых подшипников

$d$ , мм	Осевой зазор*, мкм, при номинальном угле контакта $\alpha$ , равном		$l_{max}^{**}$
	10 - 16°	$\geq 20^\circ$	
До 30	20...40/30...50	10...20/ -	8d
Св. 30 до 50	30...50/40...70	15...30/ -	7d
Св. 50 до 80	40...70/50...100	20...40/ -	6d
Св. 80 до 120	50...100/60...150	30...50/ -	5d

\* В числителе – для двоянных подшипников, в знаменателе – для разнесенных подшипников.

\*\* Наибольшее расстояние между разнесенными подшипниками.

Таблица 3.4 – Осевые зазоры для регулируемых конических радиально-упорных роликовых подшипников

$d$ , мм	Осевой зазор*, мкм, при номинальном угле конуса $\alpha$ , равном		$l_{max}^{**}$
	10 - 16°	$\geq 20^\circ$	
До 30	20...40/40...70	-	14d
Св. 30 до 50	40...70/50...100	20...40/ -	12d
Св. 50 до 80	50...100/80...150	30...50/ -	11d
Св. 80 до 120	80...150/120...200	40...70/ -	10d

\* В числителе для двоянных подшипников, в знаменателе для разнесенных подшипников.

\*\* Наибольшее расстояние между разнесенными подшипниками.

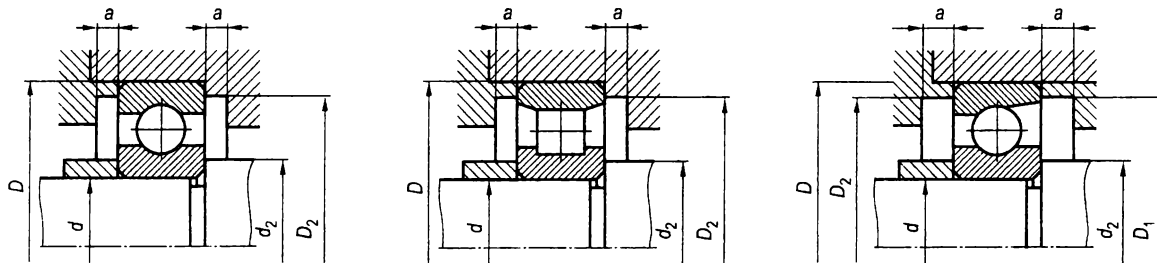


Рисунок 3.19 – Установочные размеры для подшипников качения

По этой причине, если крепление внутреннего кольца подшипника на валу производится круглой шлицевой гайкой (рис. 3.20, б), то между торцами внутреннего кольца подшипника и гайки устанавливают дистанционное кольцо 1. Примерно половиной своей длины кольцо 1 заходит на вал диаметром  $d$ , выполненным под установку подшипника, а оставшейся длиной перекрывает канавку для выхода инструмента при нарезании резьбы.

Предельные значения диаметров  $d_2$ ,  $D_1$  и  $D_2$  (см. рис. 3.19) определяют по минимальной высоте заплечиков вала и корпуса  $h_{min}$  (см. табл. 3.2):

$$d_{2\max} = d + h_{min}; \quad (3.4)$$

$$D_{2\max} = D - 2h_{min} \quad (3.5)$$

Наибольшая галтель вала (корпуса)  $R_{max}$  должна быть меньше координаты фаски  $r$  кольца подшипника (см. табл. 3.2; здесь  $r$  обозначена  $r_{ном}$ ).

Регулирование осевого зазора в подшипниках проводится обычно при сборке подшипникового узла для регулируемых радиально-упорных подшипников (см. табл. 3.3 и 3.4).

В нерегулируемых подшипниках, например, радиальных, осевые зазоры между кольцами и телами качения созданы на заводе-изготовителе.

Осевые зазоры в регулируемых радиально-упорных подшипниках устанавливают при монтаже путем взаимного осевого перемещения их колец. Значение требуемого осевого зазора (осевой игры) зависит от размеров подшипников, расстояния между ними, угла контакта, а также разности температур корпуса и вала. В табл. 3.3 и 3.4 указаны осевые зазоры при расстоянии между подшипниками не более  $l_{max}$  и разности температур корпуса и вала не более  $10...20\text{ }^\circ\text{C}$  [4].

Способы регулирования осевого зазора зависят от конкретной конструкции подшипникового узла. Наиболее распространенными способами являются:

- смещение наружных колец набором тонких металлических прокладок, устанавливаемых между фланцем привертной крышки и корпусом или стаканом;
- смещение внутреннего кольца подшипника по валу шлицевой гайкой;
- с помощью компенсаторных колец, устанавливаемых между наружным кольцом подшипника и закладной крышкой;
- с помощью регулировочных винтов большого диаметра, вворачиваемых в закладную крышку и корпус.

Контролируют осевой зазор подшипниковых узлов индикатором часового типа путем измерения осевого перемещения вала из одного крайнего положения в другое.

Для сдвоенных радиально-упорных шариковых подшипников осевые зазоры не регулируют, так как заводы их поставляют с легким, средним и большим предварительным натягом в зависимости от требуемых условий работы.

Не требуют осевого регулирования при сборке и двухрядные конические роликоподшипники.

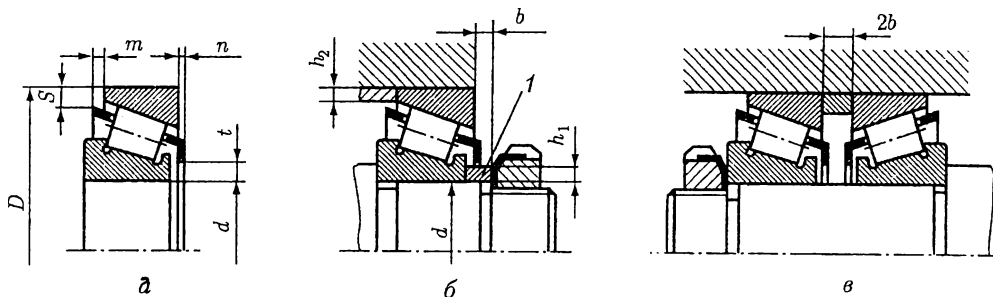


Рисунок 3.20 – Установочные размеры для роликовых радиально-упорных конических подшипников [5]: 1 – дистанционное кольцо

#### **4. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ (ОСЕВОГО ФИКСИРОВАНИЯ) ВАЛОВ В УЗЛАХ МАШИН**

В узлах большинства машин валы должны быть закреплены (зафиксированы) в опорах от осевых перемещений. И только в конструкциях с шевронными передачами применяют так называемые плавающие валы, которые имеют возможность осевого смещения в обоих направлениях. Для этого их устанавливают на плавающих опорах.

Для осевого фиксирования валов в опорах от осевых перемещений применяют три типовые схемы:

- 1) осевое фиксирование вала по схеме «враспор»;
- 2) осевое фиксирование вала по схеме «врастяжку»;
- 3) осевое фиксирование вала по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая».

В шевронных передачах один из валов устанавливают по схеме «плавающий вал».

Рассмотрим более подробно каждую из трех схем осевого фиксирования валов, а также схему «плавающий вал».

##### **4.1. ОСЕВОЕ ФИКСИРОВАНИЕ ВАЛА ПО СХЕМЕ «ВРАСПОР»**

В этой схеме вал зафиксирован в двух опорах, в каждой из которых размещено по одному подшипнику. В опорах применяют как радиальные, так и радиально-упорные подшипники (рис. 4.1 ... 4.2). Каждая опора фиксирует вал только в одном осевом направлении. Внутренние кольца подшипников упирают в буртик вала (в ряде конструкций – в ступицы деталей или втулки) и дополнительно к валу не крепят. Осевое перемещение наружных колец подшипников ограничено привертными (рис. 4.1) или закладными (рис. 4.2) крышками.

Схема «враспор» конструктивно наиболее проста и получила широкое распространение в узлах машин при относительно коротких валах. При больших расстояниях между опорами следует учитывать опасность нарушения нормальной работы подшипникового узла по причине удлинения вала в результате его нагрева. Для того, чтобы исключить защемление вала в опорах вследствие тепловой деформации подшипников и вала, при сборке подшипниковых узлов предусматривают определенный осевой зазор, называемый иногда осевой игрой.

Следует отметить, что подшипники качения в узле могут быть собраны с различными как радиальными, так и осевыми зазорами.

Под радиальным или осевым зазором подразумевают полную величину радиального или осевого перемещения в обоих направлениях одного кольца подшипника относительно другого под действием определенной нагрузки или без неё.

Нерегулируемые неразъемные радиальные подшипники, например, шариковые радиальные однорядные, изготавливают на заводе со сравнительно небольшими зазорами и после их установки на вал и в корпус они могут работать без дополнительной регулировки. Для компенсации тепловых деформаций между торцом крышки подшипника и его наружным кольцом при сборке должен быть предусмотрен осевой зазор 0,2...0,5 мм в узлах с радиальными шарикоподшипниками и 0,5...1 мм в узлах с радиальными роликоподшипниками.

В некоторых узлах с радиальными шарикоподшипниками путем осевого смещения наружного кольца относительно внутреннего полностью выбирают осевой зазор, а, соответственно, и радиальный. Отрегулированные таким образом радиальные однорядные шарикоподшипники будут работать как радиально-упорные, но с меньшими углами контакта. Следует учитывать, что такая регулировка подшипников может привести к снижению их ресурса.

Применительно к регулируемым подшипникам (радиально-упорным однорядным шариковым и с коническими роликами, упорным однорядным и двойным) понятие об осевых зазорах собственно подшипника не имеет смысла. Например, у разъемных конических роликоподшипников нет ограничения на перемещение наружного кольца относительно внутреннего при его удалении от последнего. Осевые и радиальные зазоры этих подшипников могут быть установлены в определенных пределах только при монтаже комплекта подшипников в узле. При этом по величине осевые зазоры в подшипниках будут равны осевой игре вала. Необходимые пределы осевых зазоров достигаются путем регулировки узла, в процессе которой одно из колец

подшипника перемещается относительно другого в осевом направлении. Радиальный зазор радиально-упорных подшипников зависит от осевого зазора, следовательно, величина его также регулируется. Оптимальную величину радиальных и осевых зазоров устанавливают экспериментально для каждого конкретного узла.

Зазоры в подшипниках обеспечивают легкость вращения вала, снижение момента сопротивления вращению, но ухудшают распределение нагрузки между телами качения, что приводит к снижению долговечности опор. Уменьшение зазоров приводит к более равномерному распределению нагрузки между телами качения, снижает вибрации, повышает жесткость опоры.

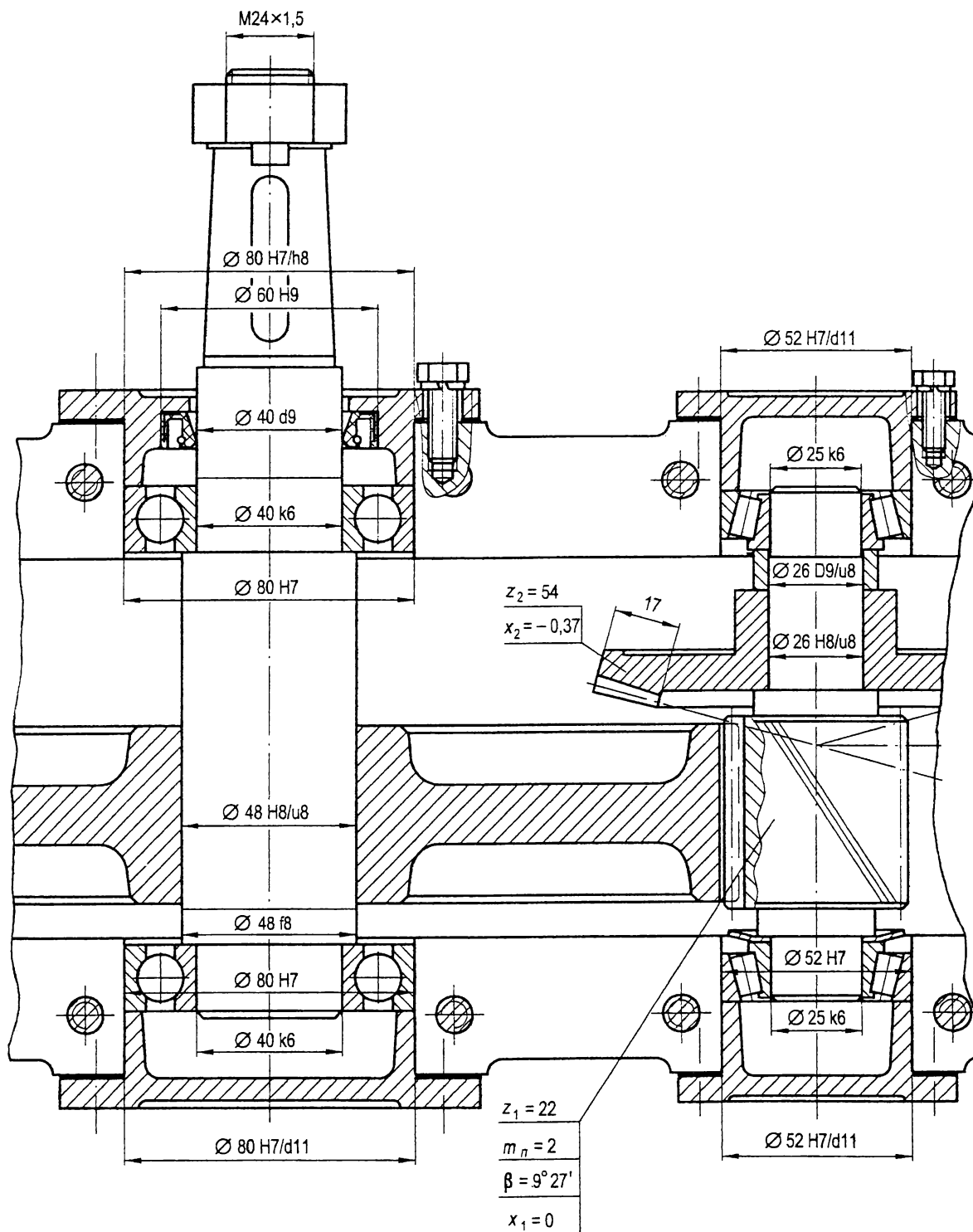


Рисунок 4.1—Пример конструкции подшипниковых узлов валов, зафиксированных по схеме «враспор» (крышки подшипников - привертные) [4]

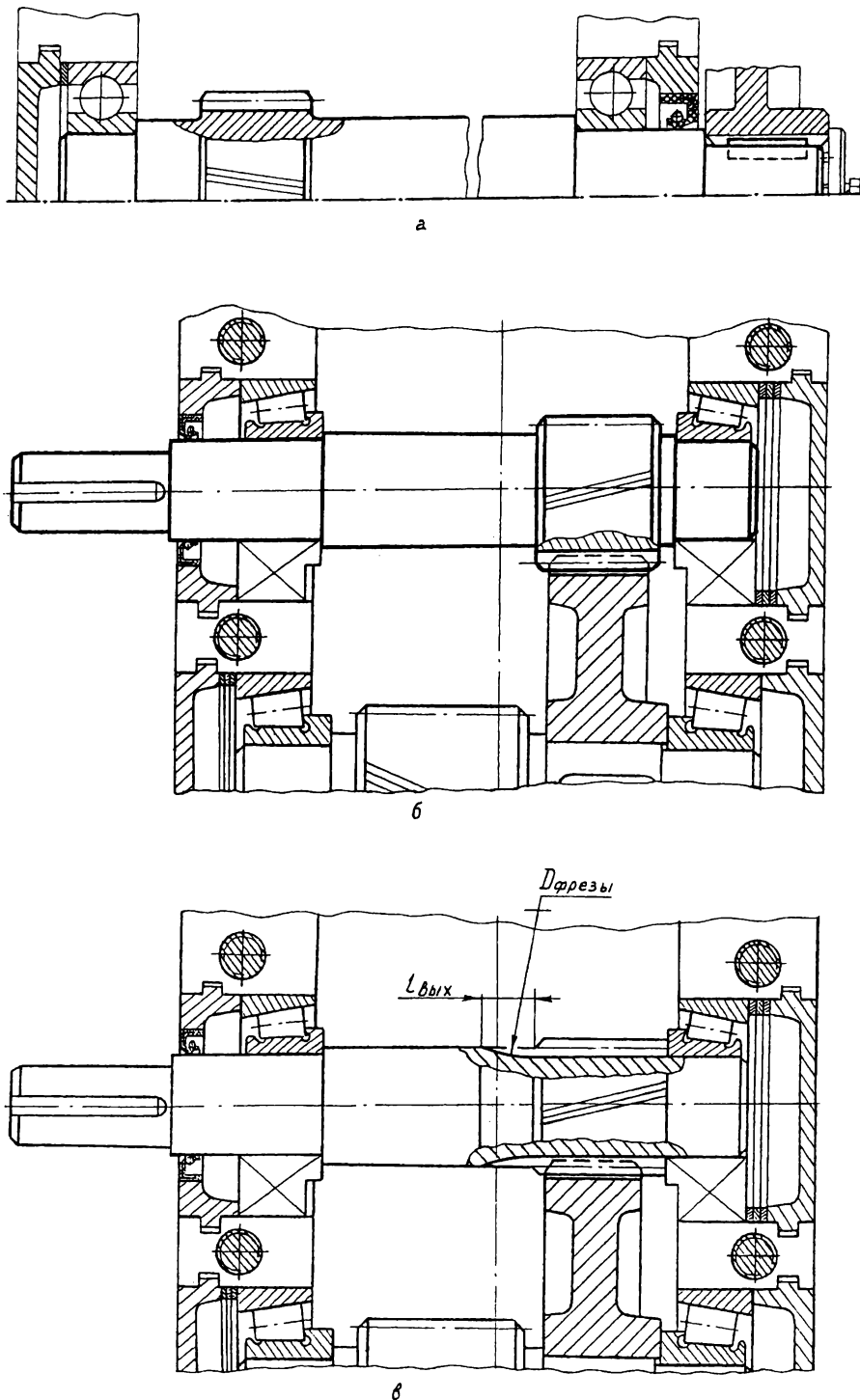


Рисунок 4.2 – Примеры конструкций подшипниковых узлов валов, зафиксированных по схеме «враспор» (крышки подшипников – закладные)

В станкостроении для повышения точности вращения, например, шпинделя станка, применяют подшипники, монтируемые с предварительным натягом. Подшипники, собранные с предварительным натягом, работают в более тяжелых условиях, чем подшипники, собранные с осевыми зазорами, так как натяг повышает момент сопротивления вращению, износ и опасность защемления, считает профессор М. Н. Иванов.

Таким образом, при сборке обычных подшипниковых узлов следует подбирать такой осевой зазор в подшипниках, при котором в условиях эксплуатации не возникает натяг в результате температурных деформаций.

Допустимые пределы осевой игры вала, установленного на радиально-упорных подшипниках, весьма малы и принимаются по табл. 3.3 для радиально-упорных шариковых подшипников и по табл. 3.4 для радиально-упорных роликовых подшипников с коническими роликами [4].



Для разнесенных подшипников схемы «враспор» значения осевых зазоров в этих таблицах приведены в знаменателе. Здесь же указывается и наибольшее расстояние, которое допускается между опорами вала, установленного по схеме «враспор».

Так как радиально-упорные подшипники с углами контакта  $\alpha \geq 20^\circ$  более чувствительны к изменению осевого зазора (осевой игры), чем подшипники с углами контакта  $\alpha = 10...16^\circ$ , то их не рекомендуется применять в качестве разнесенных опор валов, зафиксированных по схеме «враспор».

Регулирование осевых зазоров в подшипниках, установленных в опорах вала, для схемы «враспор» зависит от типа крышки подшипника, применяемой в конструкции подшипникового узла.

Если в подшипниковом узле применены привертные крышки (рис. 4.1), то требуемый осевой зазор (осевая игра вала) устанавливается с помощью набора тонких металлических регулировочных прокладок, устанавливаемых с обеих сторон между фланцем подшипниковой крышки и корпусом (на рис. 4.1 они зачернены). Обычно применяют наборы прокладок толщиной 1...2 мм. В комплект входят прокладки толщиной 0,15; 0,2; 0,3 и 0,5 мм; при таких толщинах возможно выполнять регулировку с высокой точностью.

В случае применения закладных крышек требуемый осевой зазор устанавливается с помощью компенсаторного кольца (рис. 4.2, а) или набора компенсаторных колец (рис. 4.2, б...в), устанавливаемых со стороны глухой крышки. Толщина компенсаторных колец подбирается при сборке подшипникового узла.

Правильность регулировки проверяют по свободе вращения и величине осевого зазора, который обычно измеряют индикатором часового типа. Индикатор устанавливают неподвижно, так, чтобы измерительный наконечник упирался в выходной конец вала или какую-либо деталь, закрепленную на валу. Прикладывая к валу (обычно с помощью рычага) не слишком большое усилие, перемещают его в обоих направлениях вдоль оси. Разница в показаниях индикатора выражает величину осевого зазора. Если осевой зазор недостаточен или велик, вводится соответствующая поправка в толщину комплекта прокладок для привертных крышек или компенсаторных колец для закладных крышек. Применяются и другие способы проверки осевых зазоров.

В подшипниковых узлах с радиально-упорными подшипниками и закладными крышками требуемый осевой зазор для вала устанавливают иногда с помощью специальных регулировочных винтов большого диаметра, вворачиваемых в одну из закладных крышек (рис. 2.8). Для быстроходного и тихоходного валов винт вворачивается в глухую крышку (а не сквозную). Для промежуточных валов с двумя глухими крышками винт вворачивают в любую из них. Регулировочный винт воздействует на самоустанавливающуюся промежуточную шайбу, контактируемую с торцом наружного кольца подшипника. После регулирования регулировочный винт стопорят. С целью повышения точности регулирования применяют резьбу с мелким шагом. Однако точность регулирования зависит не только от шага резьбы, но и от способа стопорения регулировочного винта (от количества положений по окружности, в которых может быть застопорен винт).

Для валов, с установленными на них деталями зубчатых конических и червячных передач, кроме регулирования осевого зазора для вала, требуется регулирование осевого положения вала. Это связано с тем, что при сборке подлежит регулированию зацепление конических зубчатых и червячных передач. Для первых требуется совпадение вершин начальных конусов шестерни и колеса, для вторых – совмещение средней плоскости зубчатого венца червячного колеса с осью червяка. Правильность монтажа оценивается по форме и расположению пятна контакта (по краске) на боковой поверхности зуба колеса. Регулирование осевого положения вала всегда проводят после установления требуемого для него осевого зазора.

Для привертных крышек требуемое осевое положение вала устанавливают путем перестановки регулировочных прокладок под фланцами крышек с одной стороны корпуса на другую. При этом суммарная толщина прокладок, с целью сохранения требуемого осевого зазора для вала, должна оставаться неизменной.

Для закладных крышек с регулировочными винтами при необходимости регулирования осевого положения вала предусматривают регулировочные винты с двух сторон вала.

Зацепление цилиндрических зубчатых передач при сборке не подлежит регулированию, потому в случае применения регулировочных винтов их устанавливают только с одной стороны вала (обычно в глухой крышке) и используют только для установления его осевого зазора.

Если для вала с разнесенными подшипниками расстояние между ними превышает  $10d$  (здесь  $d$  – диаметр отверстия подшипника) для опор с однорядными радиальными шарикоподшипниками или  $l_{max}$ , указанное в табл. 3.3 и 3.4 для регулируемых радиально-упорных шариковых и конических роликовых подшипников, то установка его по схеме «враспор» не допускается. В таком случае вал устанавливают по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая» (см. далее п. 4.3).

#### **4.2. ОСЕВОЕ ФИКСИРОВАНИЕ ВАЛА ПО СХЕМЕ «ВРАСТЯЖКУ»**

Осевое фиксирование валов по схеме «врастяжку» применяют главным образом в опорах валов конических шестерен и ступиц колес автомобилей.

Типовая конструкция вала конической шестерни, фиксированного по этой схеме, приведена на рис. 4.3. Валы конических шестерен короткие, поэтому температурные осевые деформации не играют такой роли, как при длинных валах. Расстояния между подшипниками сравнительно малы, а силы, действующие на вал и его опоры, велики. Концентрацию нагрузки в зацеплении при консольном расположении шестерни стремятся уменьшить повышением жесткости узла. Поэтому валы конических шестерен устанавливают главным образом на радиально-упорных конических роликоподшипниках, как более грузоподъемных и менее дорогих, обеспечивающих большую жесткость опор.

В узле на рис. 4.3, а применены конические роликовые подшипники с упорным бортом на наружном кольце. В узле на рис. 4.3, б для размещения подшипников применяется стакан с кольцевым выступом в отверстии. Наличие кольцевого выступа в отверстии стакана усложняет его обработку.

Осевая игра вала определяется осевым зазором в конических роликоподшипниках, который устанавливают осевым перемещением по валу внутреннего кольца одного подшипника с помощью круглой шлицевой гайки. Гайка после установления требуемого осевого зазора стопорится многолапчатой шайбой.

Требуемые пределы осевого зазора для вала с радиально-упорными коническими роликовыми подшипниками рекомендуется принимать по табл. 3.4 для разнесенных подшипников. Однако принимая во внимание то обстоятельство, что при схеме «врастяжку» тепловые деформации вала не уменьшают, а увеличивают осевые зазоры в подшипниках, допускается при их регулировании устанавливать осевые зазоры меньше, чем указаны в табл. 3.4.

После регулирования осевого зазора для вала выполняется регулирование конического зацепления с целью совпадения вершин начальных конусов шестерни и колеса. Для этой цели используют набор регулировочных прокладок, устанавливаемых между фланцем стакана и корпусом (на чертеже рис. 4.3 они зачернены).

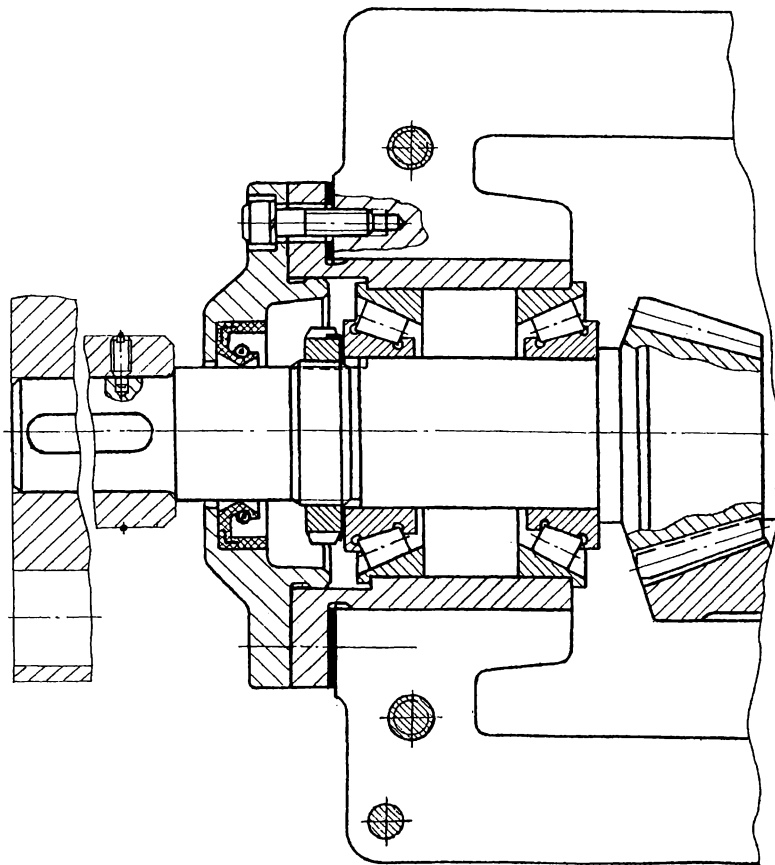
#### **4.3 ОСЕВОЕ ФИКСИРОВАНИЕ ВАЛА ПО СХЕМЕ «ОДНА ОПОРА ФИКСИРУЮЩАЯ, ВТОРАЯ – ПЛАВАЮЩАЯ»**

В этой схеме вал фиксируется от осевого перемещения только в одной опоре, называемой фиксирующей. Фиксирующая опора ограничивает перемещение вала в обоих направлениях. Вторую опору выполняют плавающей, которая допускает свободное осевое перемещение вала.

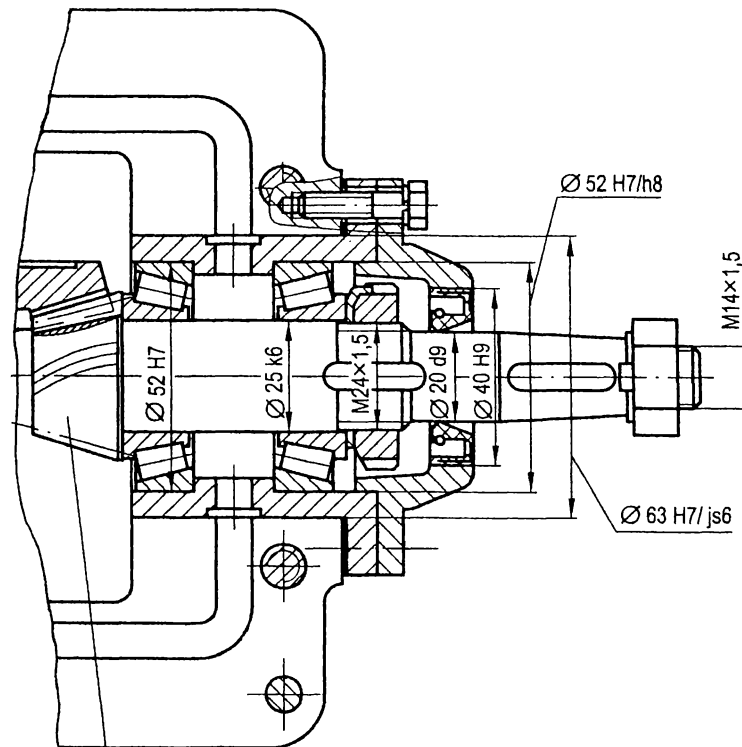
Фиксирующая опора воспринимает радиальную нагрузку и в любом направлении осевую. Плавающая опора воспринимает только радиальную нагрузку.

При небольших осевых нагрузках или при их отсутствии в фиксирующей опоре устанавливают только один радиальный подшипник (чаще всего однорядный шарикоподшипник, см. рис. 4.4, а). Фиксирование его относительно корпуса производится с помощью упорного кольца, установленного в канавке наружного кольца подшипника. Иногда подшипник фиксируют с помощью специального кольца и трех установочных винтов, расположенных равномерно по окружности (рис. 4.5).

При больших осевых силах, действующих в обоих направлениях на вал, например, на вал червяка, в фиксирующей опоре применяют радиально-упорные конические роликовые подшипники с углами контакта  $\alpha \geq 20^\circ$ . Так как радиально-упорные однорядные подшипники воспринимают осевую силу только одного направления, то для фиксации вала в обоих направлениях в фиксирующей опоре устанавливают два таких подшипника (рис. 4.4, б и 4.5). Однако



a



б

$z_1 = 14$
$m_{te} = 2,28$
$\beta_m = 35^\circ$
$x_1 = 0,37$

Рисунок 4.3 – Осевое фиксирование вала конической шестерни по схеме «вращающую»

эти подшипники подлежат регулированию с целью установления требуемого осевого зазора, который принимается по табл. 3.4 для сдвоенных подшипников. Регулирование выполняют с помощью набора тонких металлических прокладок, которые ставят под фланец крышки подшипника (на рис. 4.4, б и 4.5 они зачернены).

При значительных осевых силах в фиксирующей опоре применяют два одинарных упорных шариковых подшипника в комбинации с шариковым радиальным однорядным (рис. 4.6).

При установке вала в одном корпусе в плавающей опоре (рис. 4.4...4.6) применяют в основном радиальные подшипники: шариковый однорядный или роликовый с короткими цилиндрическими роликами. Если последний выполнен с однобортовым наружным кольцом, то осевое перемещение этого кольца ограничивают установкой в корпусе упорного кольца (рис. 4.5), принимая зазор между торцом наружного кольца подшипника и упорным кольцом, равный 0,2...0,8 мм (на рис. 4.5 для левой плавающей опоры вала червяка этот зазор составляет 0,2 мм).

Использование в плавающей опоре радиального подшипника с короткими цилиндрическими роликами уменьшает радиальные размеры опоры.

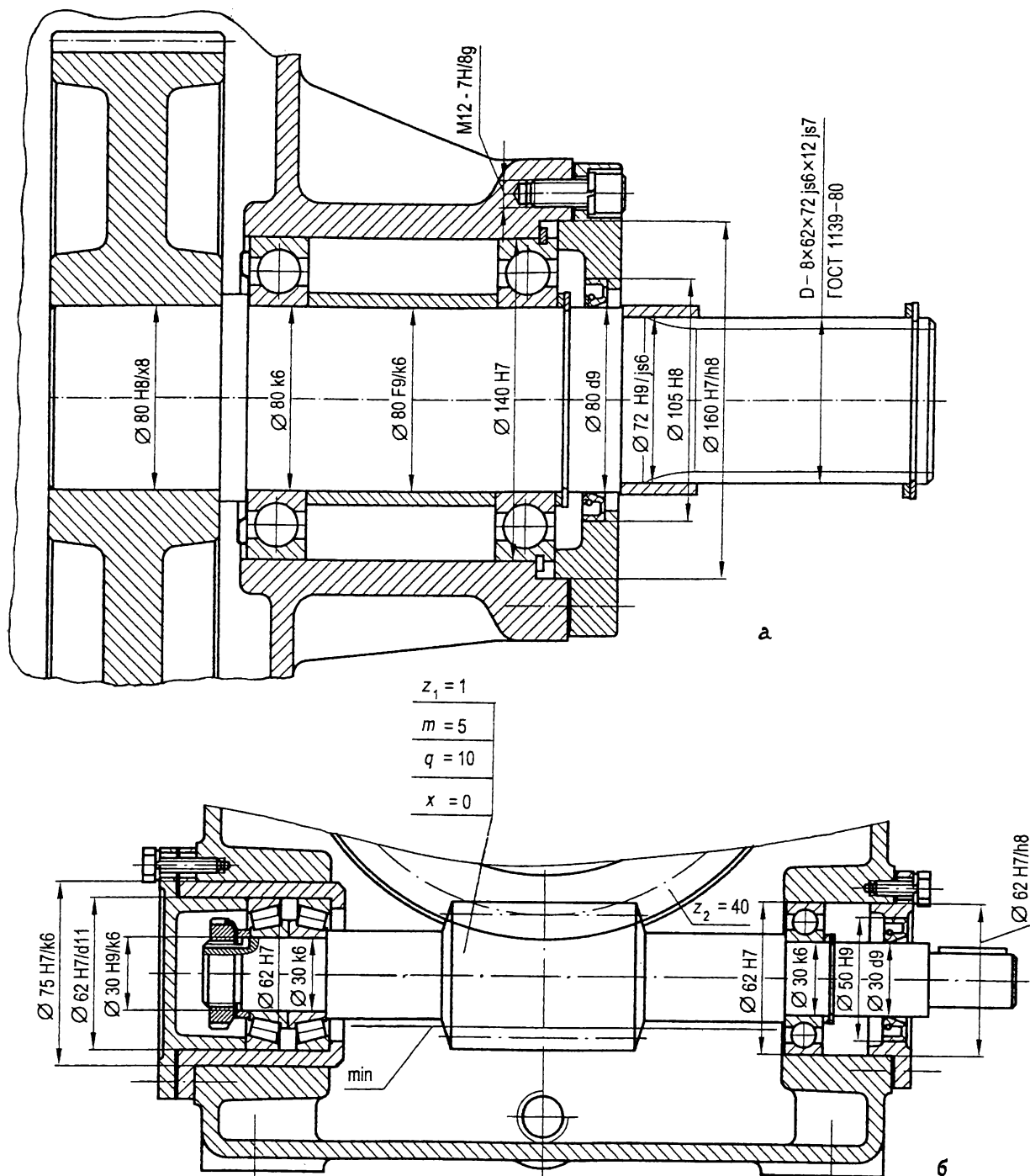


Рисунок 4.4 – Осевое фиксирование валов по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая» [4]

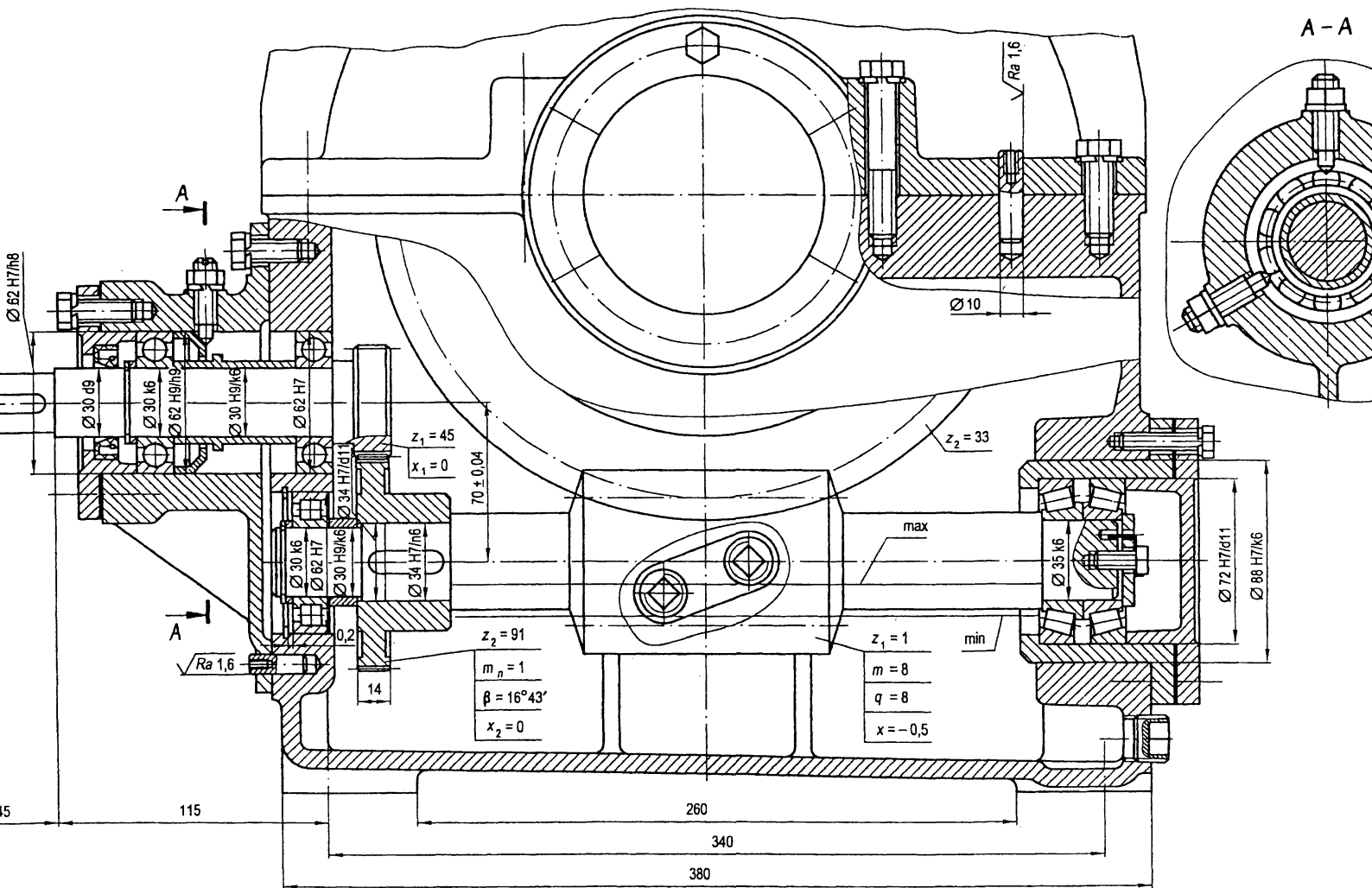


Рисунок 4.5 – Осевое фиксирование быстроходного и промежуточного валов цилиндрично-червячного редуктора по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая» [4]

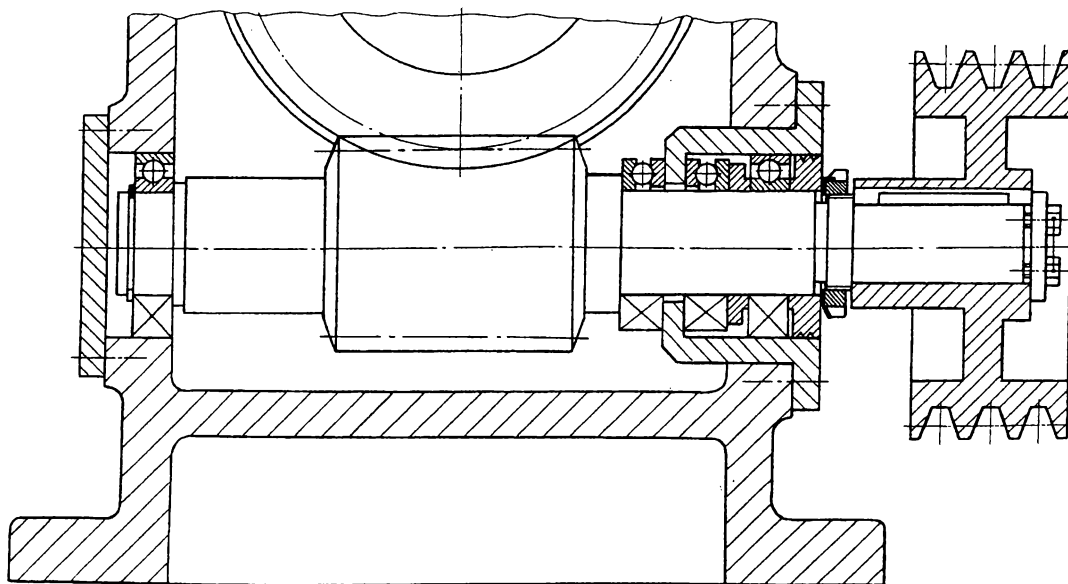


Рисунок 4.6 – Осевое фиксирование вала червяка по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая» при больших осевых силах [6]

Если опоры вала, установленного по этой схеме, расположены в разных корпусах, например, приводные валы конвейеров, то в фиксирующей и плавающей опорах применяют только радиальные сферические двухрядные подшипники: шариковые или роликовые.

При фиксировании вала по схеме «одна опора фиксирующая, вторая – плавающая» внутренние кольца подшипников в обязательном порядке должны быть закреплены на валу с двух сторон. Для этой цели применяют:

- а) плоское упорное кольцо с установкой между ним и торцом внутреннего кольца подшипника компенсаторного кольца, толщину которого подбирают при сборке;
- б) круглую шлицевую гайку с многолапчатой стопорной шайбой;
- в) концевую шайбу с винтом.

#### **4.4. УСТАНОВКА ВАЛА ПО СХЕМЕ «ПЛАВАЮЩИЙ ВАЛ»**

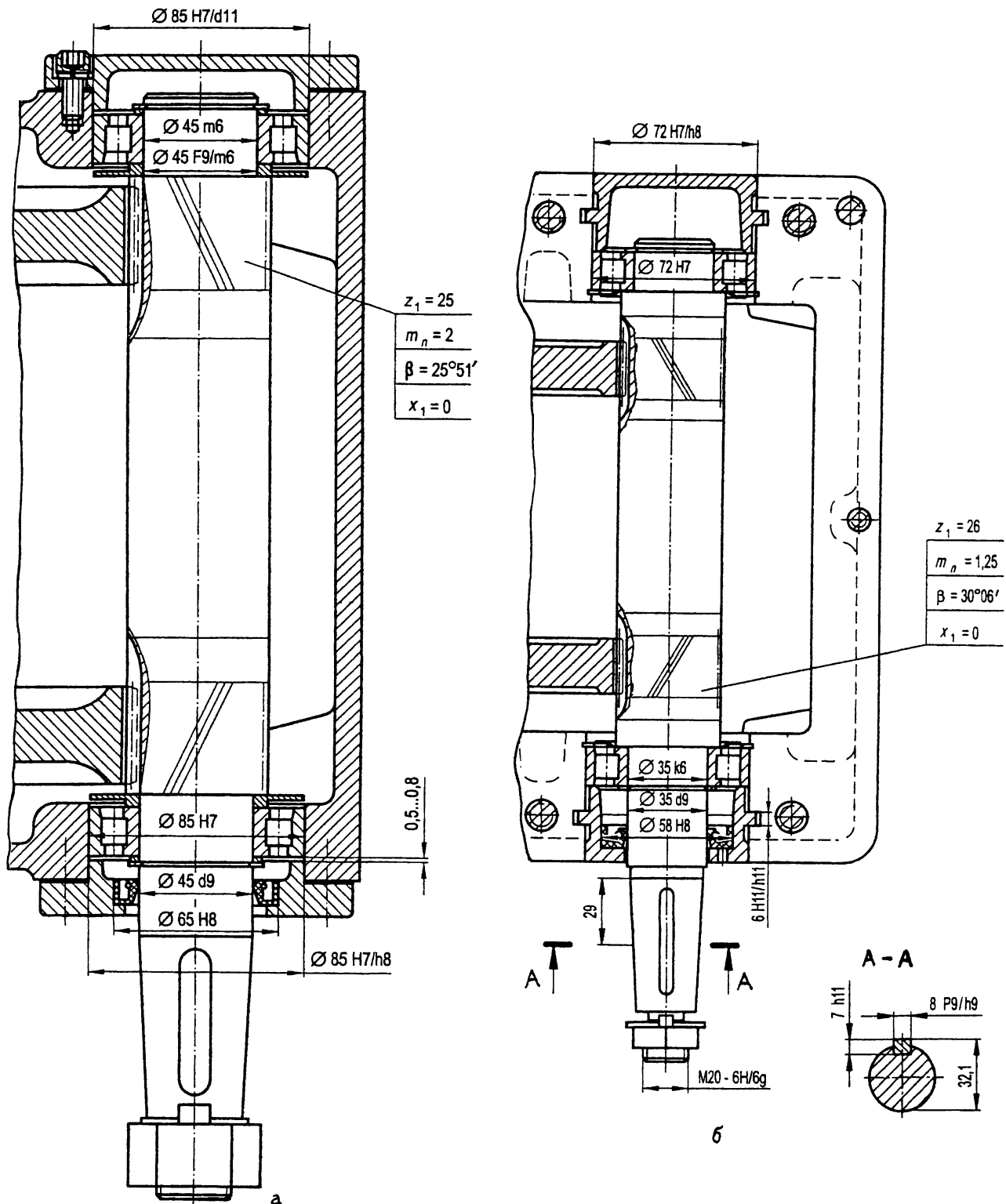
В этой схеме обе опоры вала – плавающие. Осевая фиксация вала осуществляется зубьями шевронных зубчатых колес, наклоненными в разные стороны (рис. 4.7...4.8). Вал, сопряженный с плавающим, должен быть зафиксирован относительно корпуса с использованием одной из трех вышерассмотренных схем. Чаще всего сопряженный вал устанавливают по схеме «враспор».

Схема «плавающий вал» принимается обычно для одного из валов шевронной передачи. В качестве плавающего принимают тот вал шевронной передачи, на котором отсутствуют детали с неуравновешенной осевой силой.

В опорах плавающего вала применяют в основном радиальные роликовые подшипники с короткими цилиндрическими роликами.

При применении этих подшипников с одним бортом на наружном кольце (рис. 4.7,а) необходимое осевое положение привертных крышек устанавливают при сборке путем подбора тонких металлических прокладок между фланцами крышек и корпусом (на рис. 4.7, а они зачернены). Регулировочные прокладки подбираются таким образом, чтобы с обеих сторон между торцами привертной крышки и наружного кольца подшипника был обеспечен осевой зазор в пределах 0,5...0,8 мм. В таком случае наружные кольца подшипников имеют свободу осевого перемещения на величину этого зазора в сторону крышек подшипников.

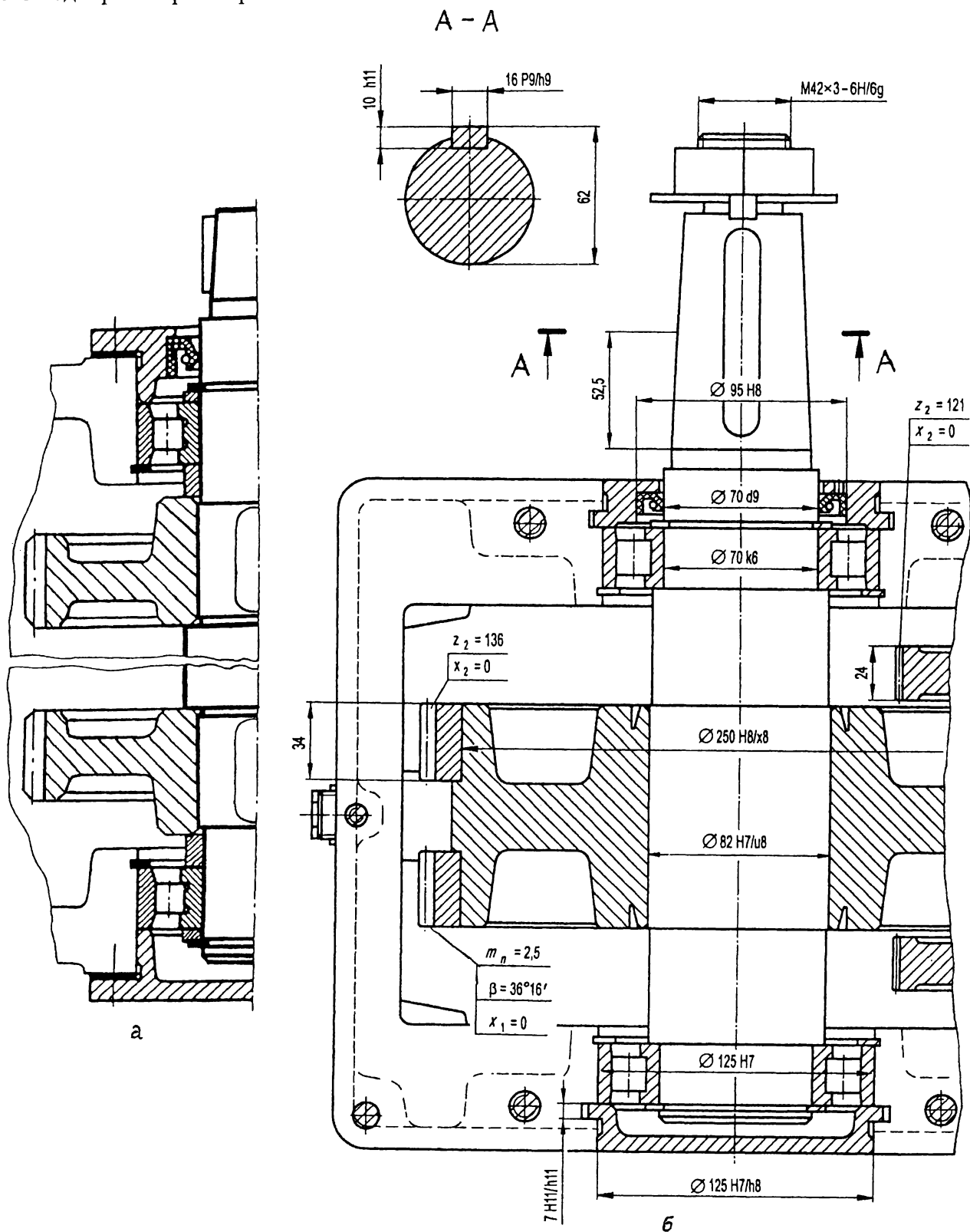
В начальный момент осевого плавания вала ролики подшипников смещают наружные однороторные кольца на некоторую величину в сторону привертных крышек. Найдя свое положение, наружные кольца остаются неподвижными. При этом между роликами и бортом наружного кольца при плавании вала наблюдается некоторый осевой зазор, который в процессе работы может изменяться в некоторых пределах, определяемых точностью изготовления зубьев шевронных зубчатых колес.



а – подшипники с одним бортом на наружном кольце, крышки подшипников – привертные;  
 б – подшипники с безбортовым наружным кольцом, крышки подшипников – закладные  
 Рисунок 4.7 – Установка быстроходных (входных) валов редукторов с шевронной передачей по схеме «плавающий вал» на подшипниках с короткими цилиндрическими роликами [4]

Если в опорах плавающего вала применяют подшипники с наружными кольцами без бортов (рис. 4.7, б и 4.8), то с внутренней части корпуса перед наружными кольцами подшипников предусматривают установку плоских упорных колец (эти кольца могут быть сплошными, если плоскость разреза корпуса проходит через ось вала). При сборке наружное кольцо подшипника поджимают торцом крышки (закладной или привертной) к упорному кольцу. Плавание вала осуществляется вместе с внутренними кольцами и комплектами роликов относительно неподвижно зафиксированных наружных колец на величину зазора в зацеплении шевронной передачи.

В схеме «плавающий вал» внутренние кольца подшипников должны быть закреплены на валу с двух сторон с целью предотвращения их случайного схода с вала. Закрепление проводится в основном с помощью плоского упорного кольца. Для компенсации неизбежной неточности изготовления по длине деталей между упорным кольцом и торцом внутреннего кольца подшипника иногда устанавливают компенсаторное кольцо (рис. 4.7, а ... 4.8, а), толщину которого подбирают при сборке.



а – крышки подшипников привертные; б – крышки подшипников закладные

Рисунок 4.8 – Установка тихоходных (выходных) валов редукторов с шевронной передачей по схеме «плавающий вал» на подшипниках с короткими цилиндрическими роликами и безбортовыми наружными кольцами [4], [7]



## 5. СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ. КПД

**Смазывание подшипников.** Смазочные материалы в подшипниках уменьшают трение и шум, отводят теплоту, защищают подшипник от коррозии, заполняют зазоры в уплотнениях, обеспечивая герметизацию подшипникового узла.

Применяют жидкие и пластичные смазочные материалы.

Наиболее распространены жидкие смазочные материалы, так как подшипники смазывают тем же маслом, что и детали передач. В редукторах и коробках передач часто применяют подачу масла к подшипникам разбрызгиванием из масляной ванны. Масло разбрызгивается одним из быстро вращающихся колес. При окружной скорости колес  $v \geq 1$  м/с брызгами масла покрыты все детали передач и внутренние поверхности стенок корпуса. Стекающее с колес, валов и со стенок корпуса масло попадает в подшипники, обеспечивая, таким образом, их смазывание.

Если доступ к подшипникам стекающего по стенкам корпуса масла затруднен, как, например, в конструкции вала конической шестерни (рис. 5.1), то используют различные конструктивные решения для облегчения доступа масла к подшипникам. Так, для смазывания подшипников вала конической шестерни на фланце корпуса в плоскости разъема делают канавки, а в крышке корпуса скосы (рис. 5.1). В канавки со стенок крышки корпуса стекает разбрызгиваемое колесом масло и через отверстия в стакане попадает к подшипникам.

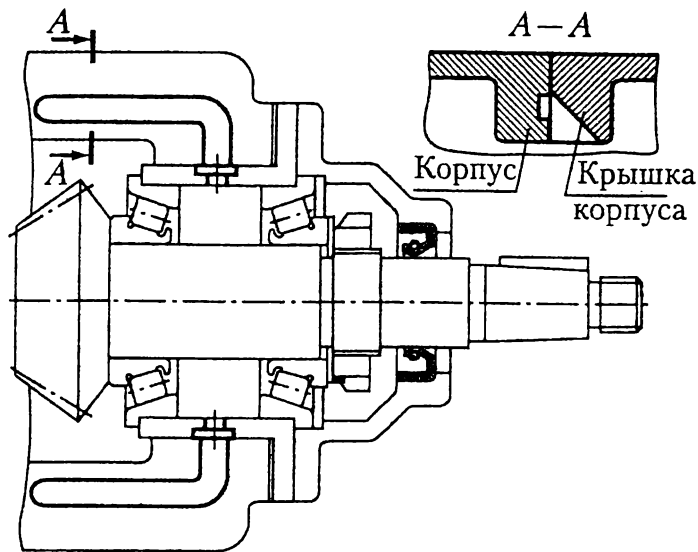


Рисунок 5.1 – Вариант конструктивного решения облегчения смазывания подшипников вала конической шестерни [5]

При окружной скорости колеса, погруженного в масляную ванну, менее 1 м/с не наблюдается разбрызгивания масла и, соответственно, невозможно смазывание подшипников разбрызгиванием. В этом случае в редуктор (коробку передач) встраивают насос. Насос подает масло в распределительное устройство, от которого по отдельным трубкам его подводят к подшипникам.

Если применение насоса нежелательно, то подшипники смазывают пластичным смазочным материалом (ПСМ). Обычно используют многоцелевой ПСМ Литол – 24 (ГОСТ 21150 - 87), который применяется при температурах от  $-40$  до  $+130^{\circ}\text{C}$  и отличается высокой стабильностью. Литол – 24 относят к перспективному ПСМ, им рекомендуется заменять старые сорта ПСМ: Солидол С, Пресс – солидол С, Солидол Ж и Пресс – солидол Ж.

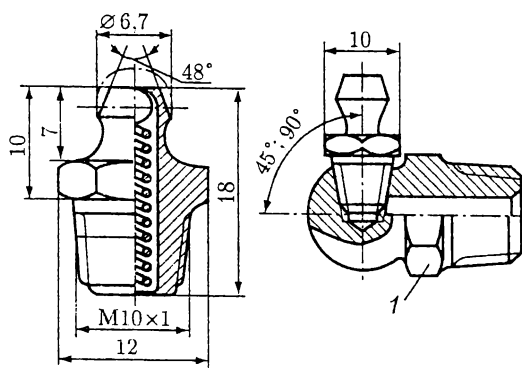
К многоцелевым ПСМ относят и ЦИАТИМ – 221 (ГОСТ 9433 - 80), который может использоваться при температурах от  $-60$  до  $+150^{\circ}\text{C}$  (его также используют и при работе в вакууме).

К морозостойкому сорту общего назначения относится ПСМ ЦИАТИМ – 201 (ГОСТ 6267 - 74), предназначенный для работы при температурах от  $-60$  до  $+90^{\circ}\text{C}$ .

При смазывании подшипников пластичным смазочным материалом открытые подшипники (без встроенных защитных шайб или уплотнений) в обязательном порядке должны быть снабжены внутренними уплотнениями (мазеудерживающими или контактными уплотнительными шайбами). Смазочный материал должен занимать 1/2...1/3 объема свободного пространства корпуса подшипникового узла.

Для подачи в подшипники пластичного смазочного материала применяют пресс-масленки (рис. 5.2). Смазочный материал подают под давлением специальным шприцем. В некоторых случаях для удобства подвода шприца применяют переходной штуцер 1 (рис. 5.2).

Значительно упрощает конструкцию узлов машин применение подшипников качения с двумя уплотнениями (например, шариковых радиальных, тип 180000, ГОСТ 8882 - 75) или защитными шайбами (тип 80000, ГОСТ 7242 - 81), смазочный материал в которые заложен при изготовлении и сохраняется в течение всего срока эксплуатации подшипника [4,5].



1 – переходной штуцер

Рисунок 5.2 – Пресс-масленка для подачи пластичного смазочного материала в корпус подшипникового узла

**КПД.** В подшипниках качения наряду с трением качения наблюдается трение скольжения тел качения о сепаратор, а также скольжение в уплотнениях и в смазочном материале. Для одной пары подшипников качения принимают КПД  $\eta = 0,99 \dots 0,995$ .

## 6. МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Перед монтажом подшипника посадочные поверхности вала и корпуса чисто протирают и слегка смазывают. Для облегчения посадки подшипника на вал с натягом подшипник предварительно нагревают до  $80...90^{\circ}\text{C}$  в горячем минеральном масле или с помощью электроиндукционной установки.

Силу напрессовки прикладывают к тому кольцу, которое монтируется с натягом (рис. 6.1).

Недопустимо силу при монтаже и демонтаже передавать через тела качения (шарики или ролики).

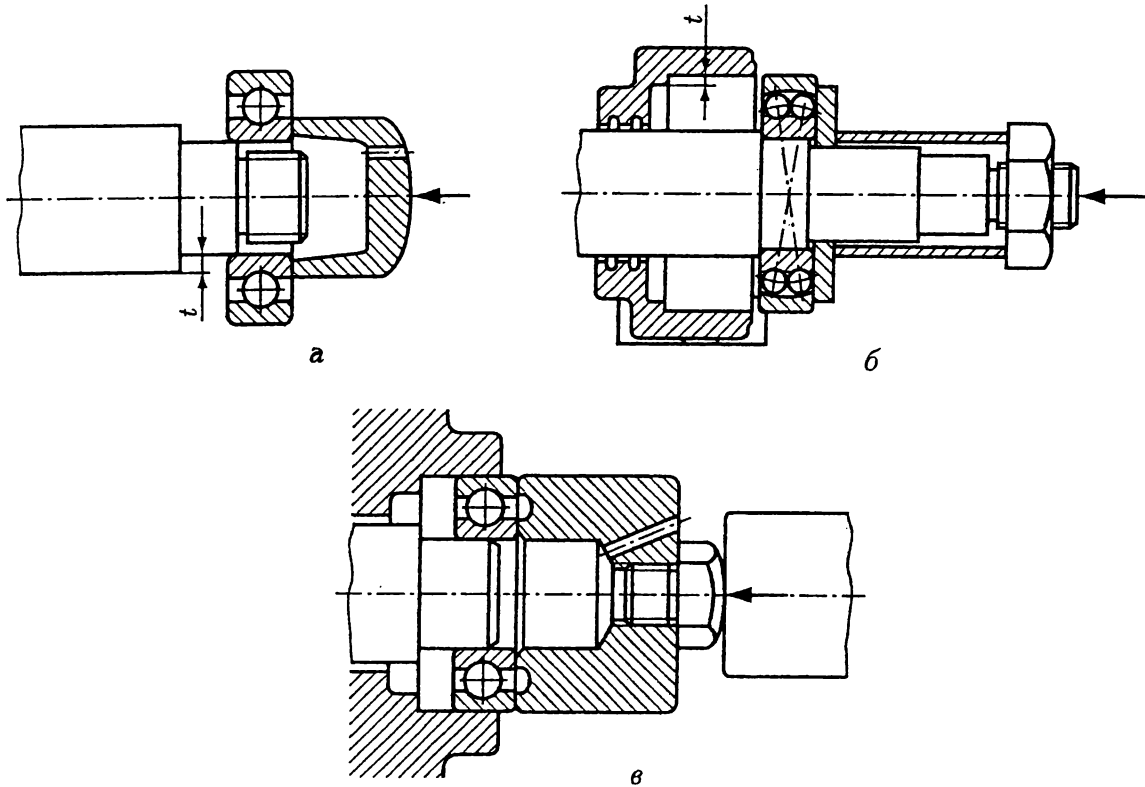


Рисунок 6.1 – Способы монтажа подшипников на вал (а), в корпус (б) и одновременно на вал и в корпус (в) [5]

Кольца подшипников имеют высокую жесткость. Поэтому для правильной установки подшипника его кольца доводят до упора в буртики (заплечики) высотой  $t$ , образованные на валу и в корпусе (рис. 6.2). Высота заплечиков должна образовывать достаточную опорную поверхность для торцов колец подшипников. Наименьшая высота заплечиков  $t = h_{min}$ , где  $h_{min}$  – см. табл. 3.2. Приблизительно размер  $t$  принимают равным половине толщины кольца.

Для демонтажа подшипников качения используют винтовые съемники: с двумя (рис. 6.3, а) или с тремя (рис. 6.3, б, в) откидными тягами.

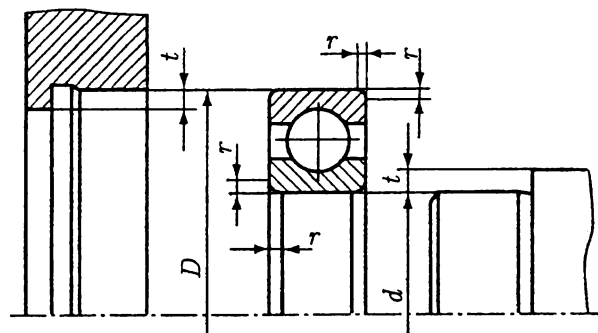


Рисунок 6.2 – Буртики (заплечики) на валу и в отверстии корпуса для упора колец подшипников

Съемник (по рис. 6.3, в) позволяет использовать для демонтажа также и две тяги, которые устанавливают в двух больших приливах.

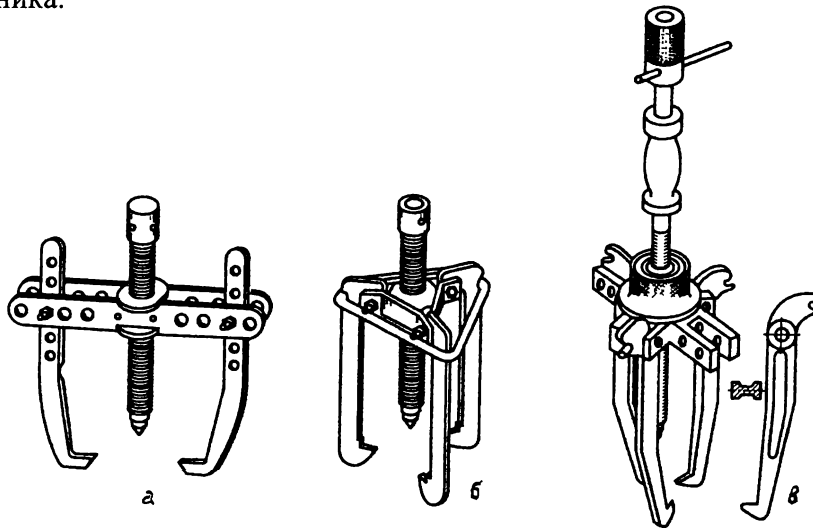
Места установки подшипников должны быть конструктивно разработаны так, чтобы можно было удобно работать съемниками.

При удалении подшипника из корпуса его нужно захватывать за наружное кольцо (рис. 6.4, а), а при снятии с вала – за внутреннее (рис. 6.4, б). Чтобы можно было захватить тягами съемника кольцо подшипника, высота  $t$  заплечика (рис. 6.4, а) не должна быть чрезмерно большой. Минимальный размер  $t_1$  внутреннего кольца и  $t_2$  наружного выступающего торца кольца подшипника, предназначенного для демонтажа рекомендуется [5]:

Диаметр вала $d$ , мм	до 15	св. 15 до 50	св. 50 до 100
$t_1 = t_2$ , мм	1	2	3,5

При высоких заплечиках предусматривают пазы для размещения тяг съемника (рис. 6.4, б – выносной элемент А).

Для размещения тяг съемника (рис. 6.4, а) при удалении наружного кольца подшипника из глухого отверстия предусматривают свободное пространство  $a \approx (0,4...0,5)C$ , где  $C$  – ширина кольца подшипника.



а – с двумя откидными тягами; б, в – с тремя откидными тягами  
Рисунок 6.3 – Винтовые съемники для демонтажа подшипников качения [5]

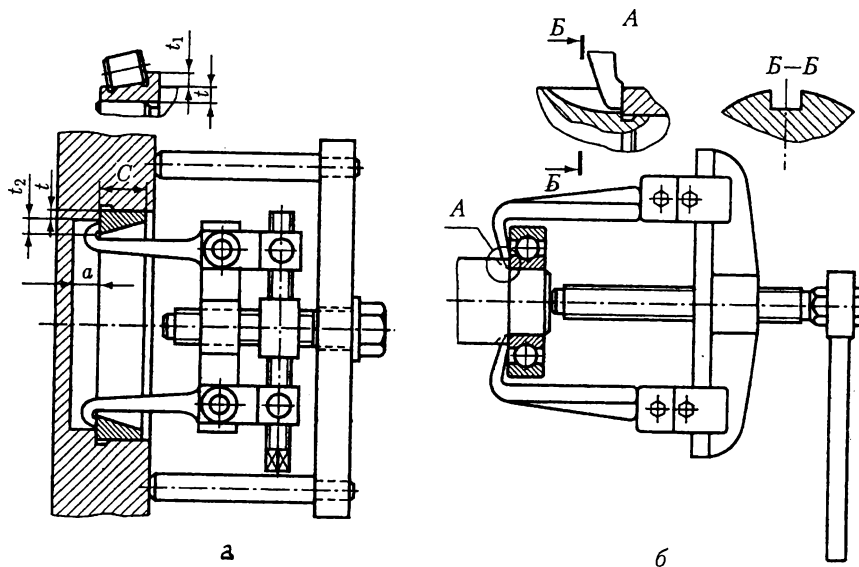
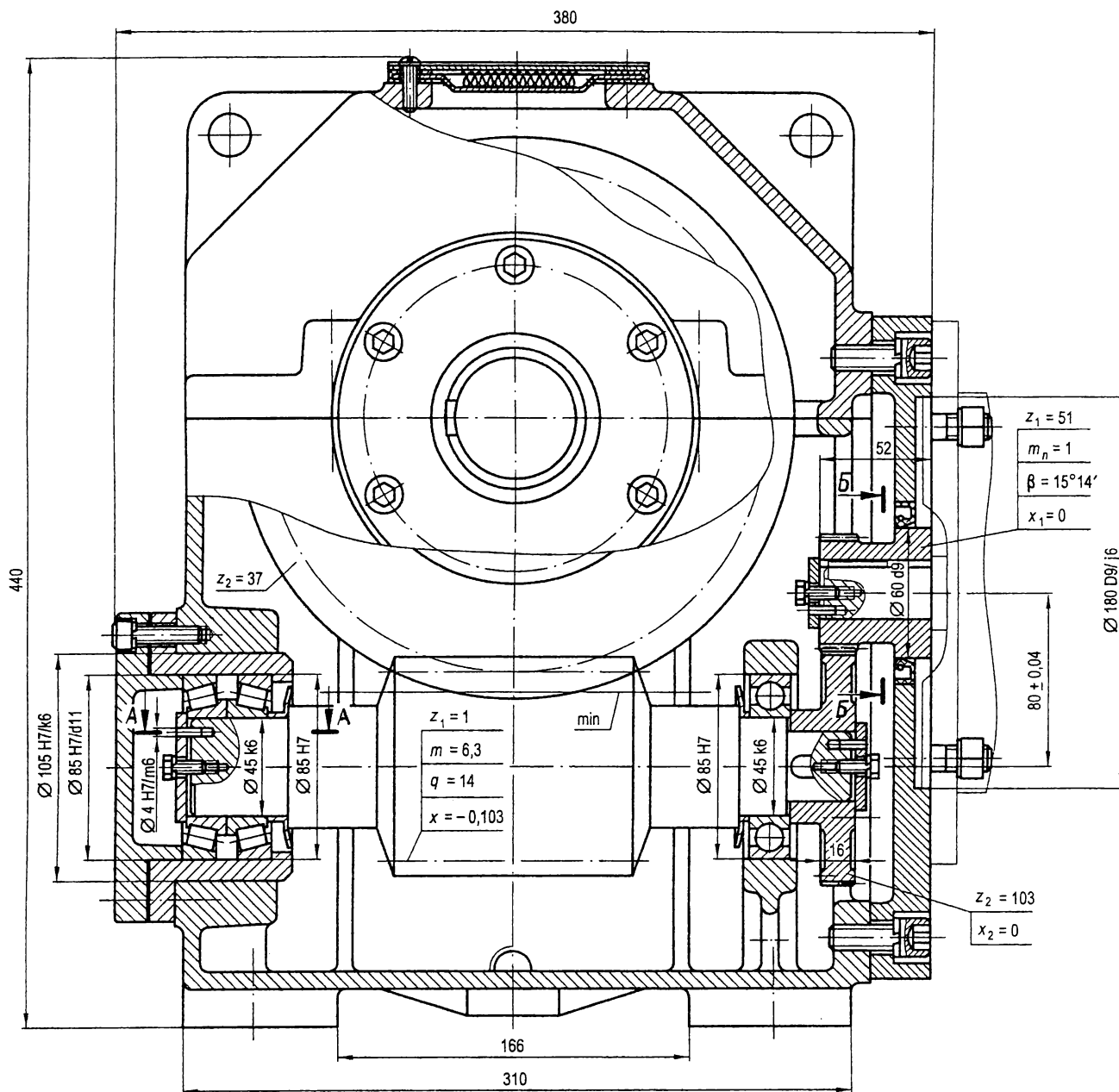
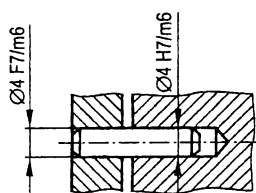


Рисунок 6.4 – Демонтаж подшипников винтовым съемником захватом за наружное кольцо (а) и за внутреннее кольцо (б) [5]

# 7. ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ МАШИН С ПОДШИПНИКАМИ КАЧЕНИЯ [4]



А – А (увеличено)



Б – Б (увеличено)

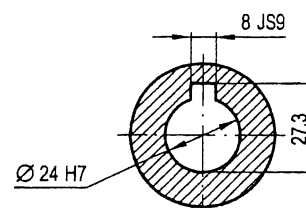


Рисунок 7.1 – Мотор – редуктор двухступенчатый цилиндрично-червячный

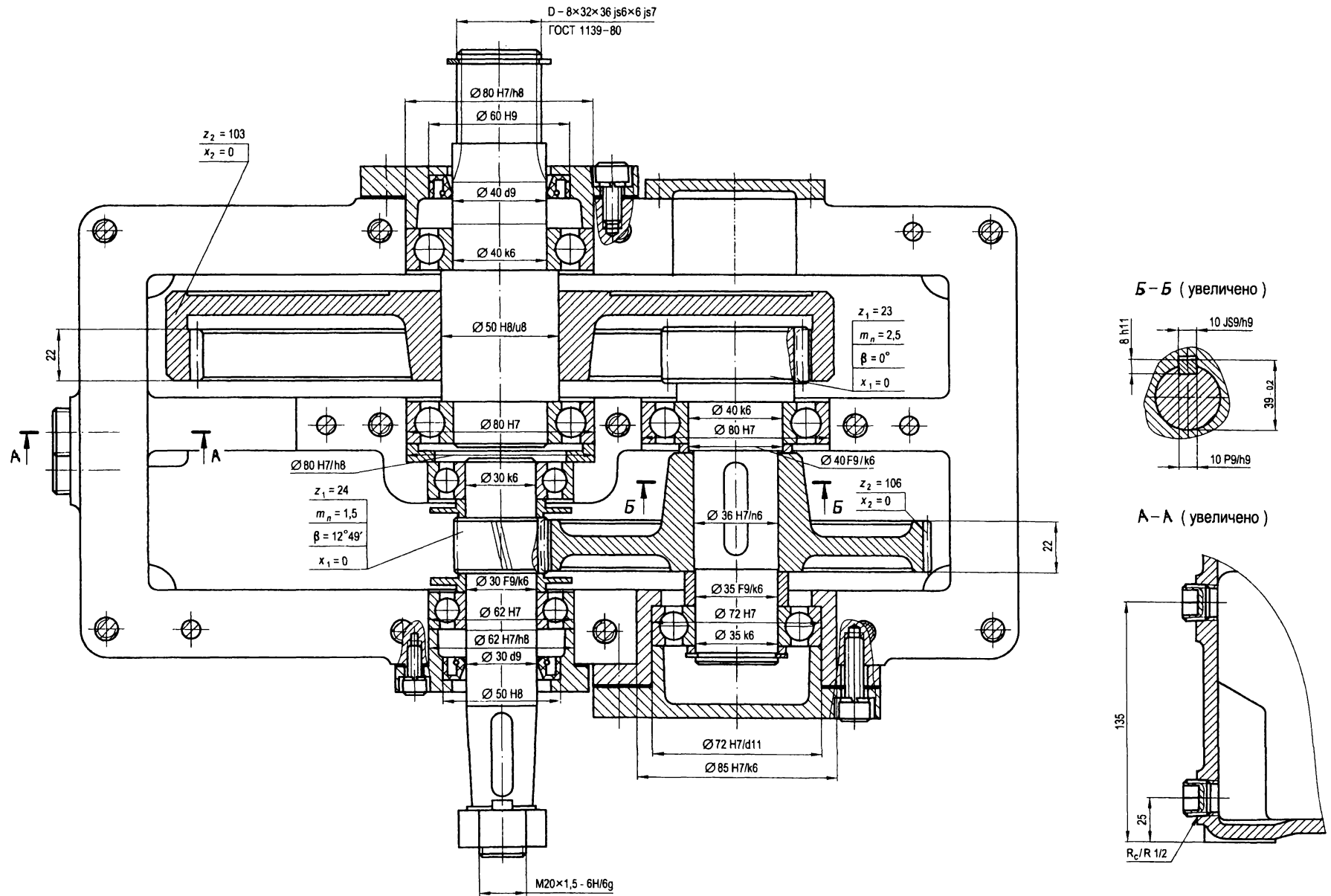


Рисунок 7.2 – Редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный горизонтальный с тихходной ступенью внутреннего зацепления

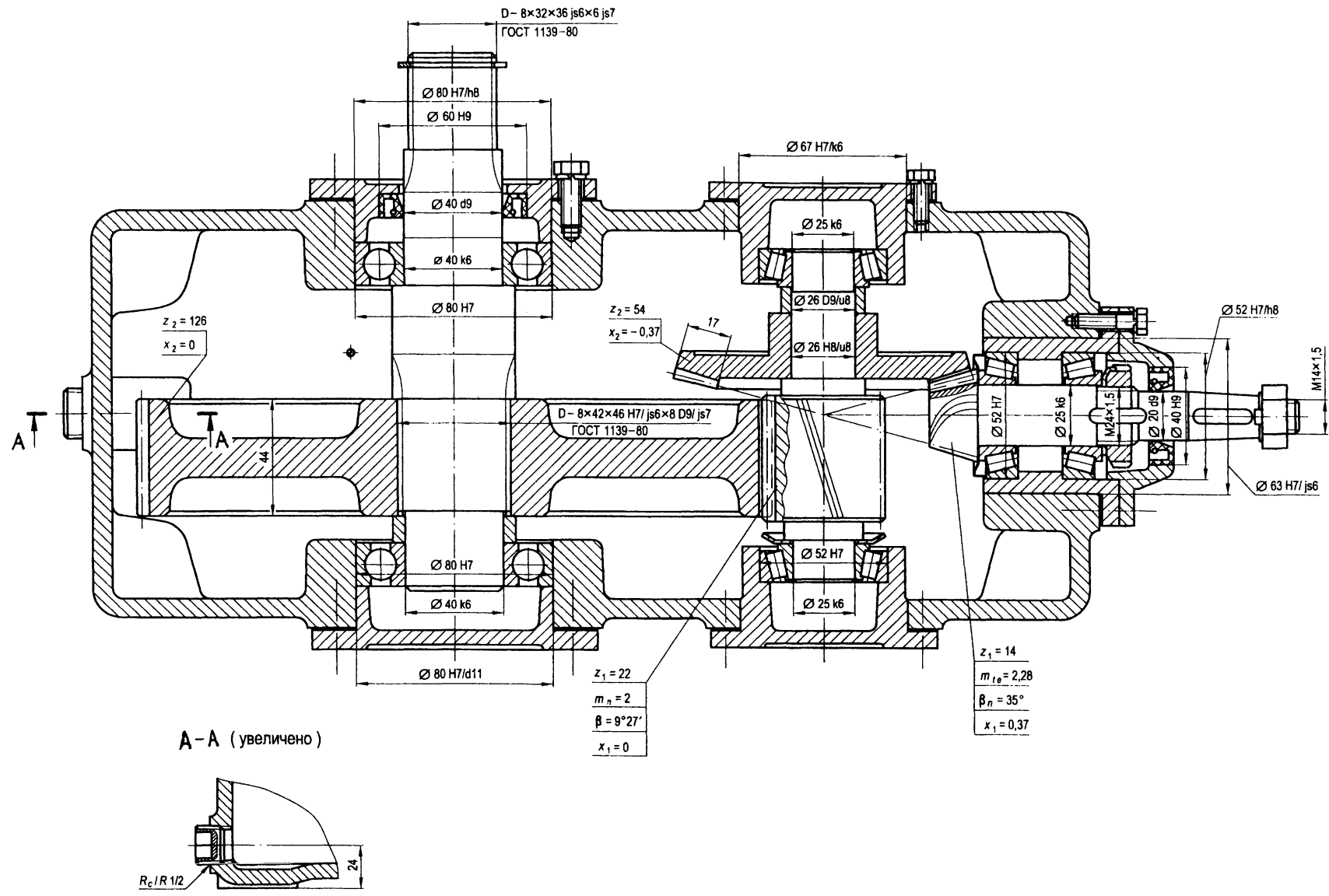


Рисунок 7.3 – Редуктор коническо – цилиндрический горизонтальный без разъема корпуса по осям валов

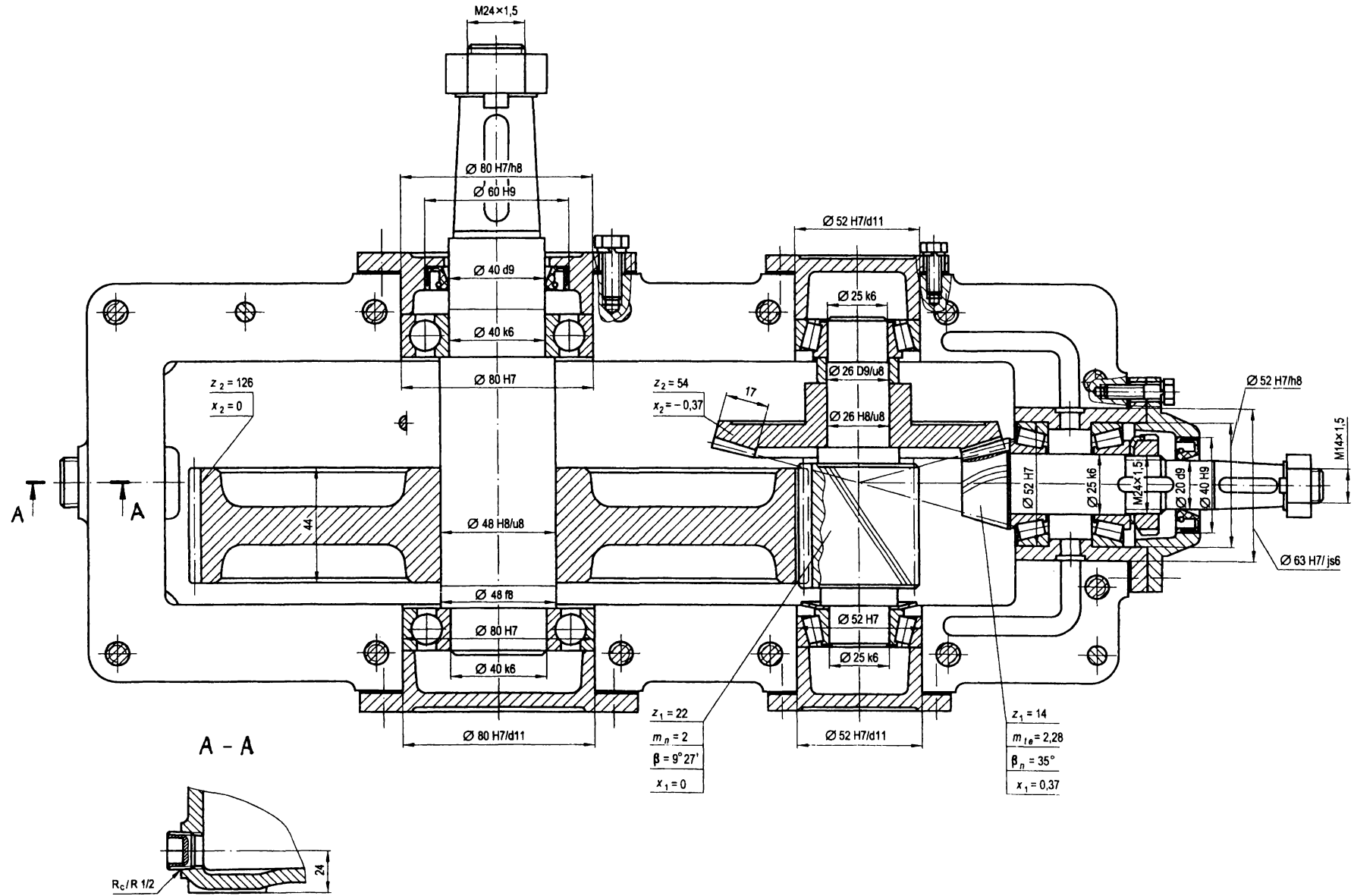


Рисунок 7.4 – Редуктор коническо – цилиндрический горизонтальный с разъемом корпуса по осям валов



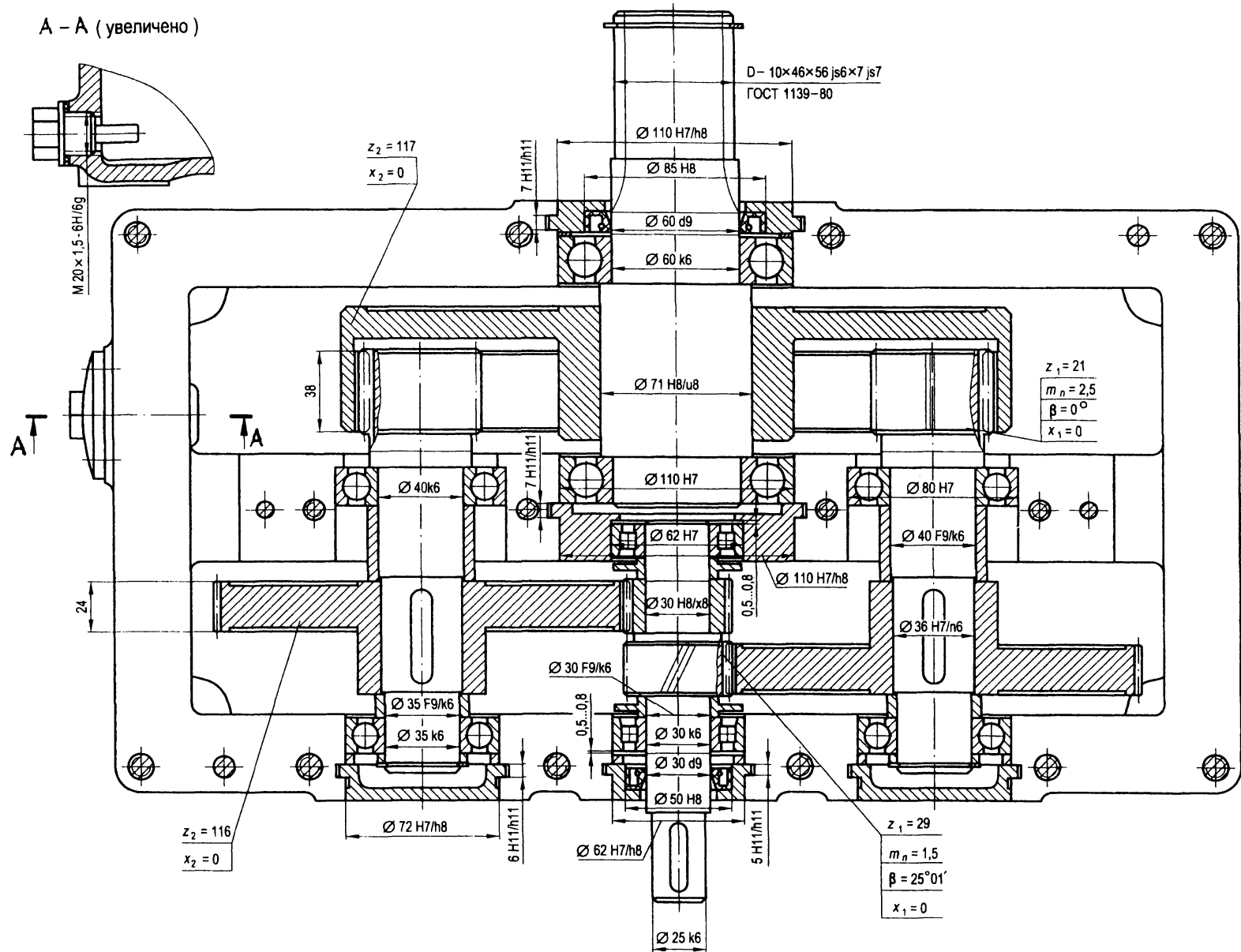


Рисунок 7.5 – Редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный горизонтальный двухпоточный с тихоходной ступенью внутреннего зацепления

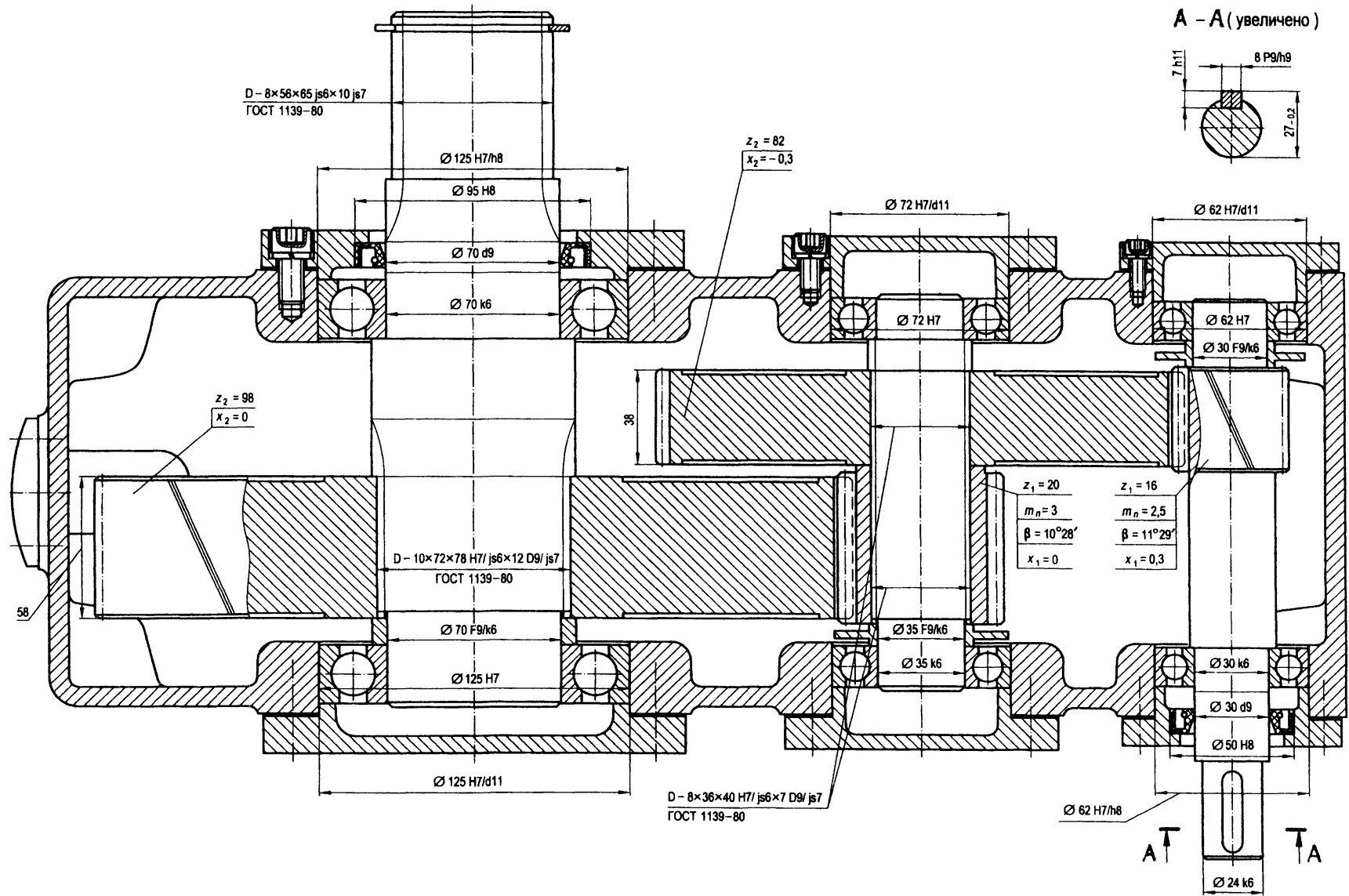


Рисунок 7.6 – Редуктор двухступенчатый цилиндрический горизонтальный, выполненный по развернутой схеме, без разъема корпуса по осям валов



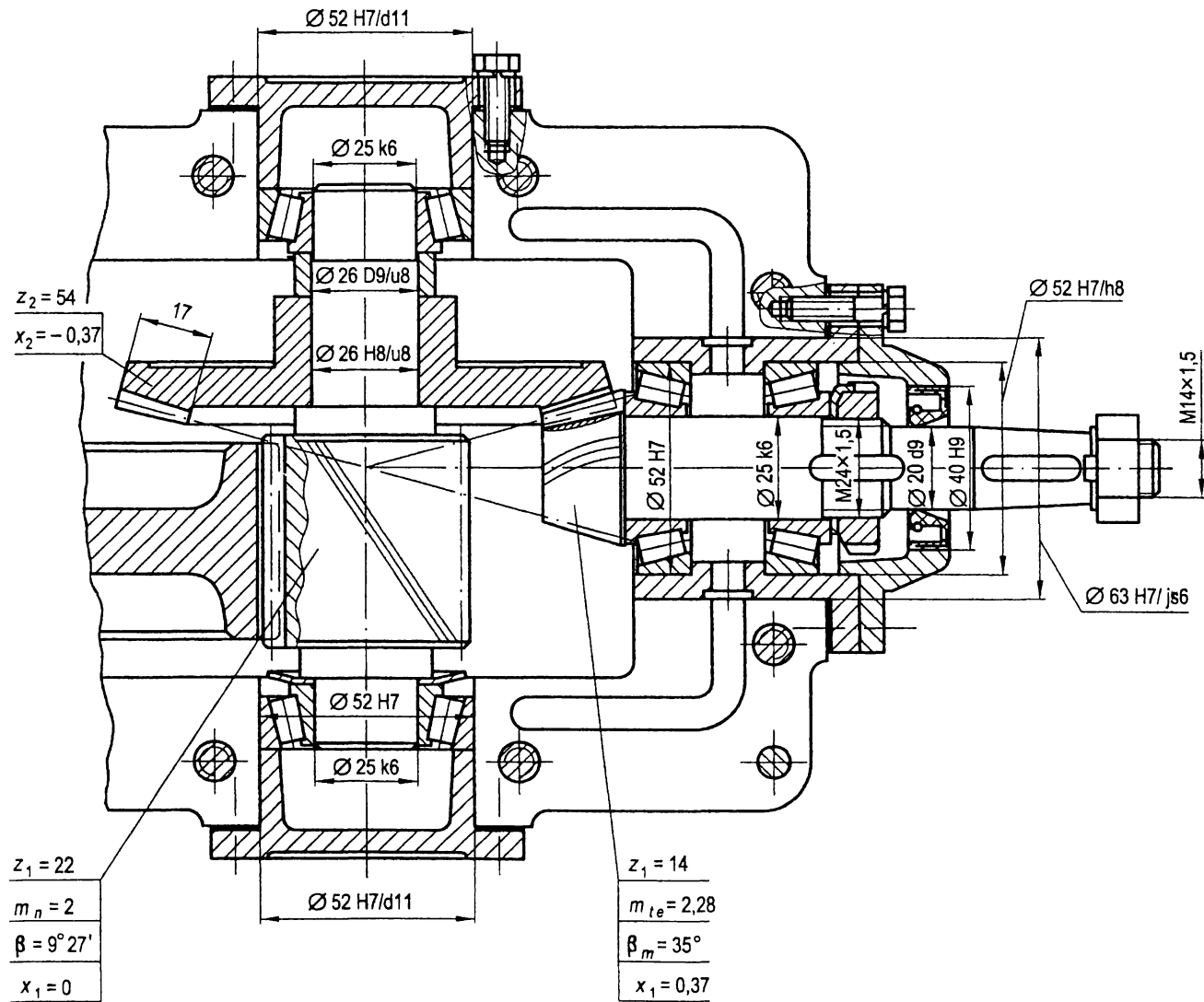


Рисунок 7.8 – Быстроходный и промежуточные валы коническо-цилиндрического горизонтального редуктора, выполненного с разъемом корпуса по осям валов

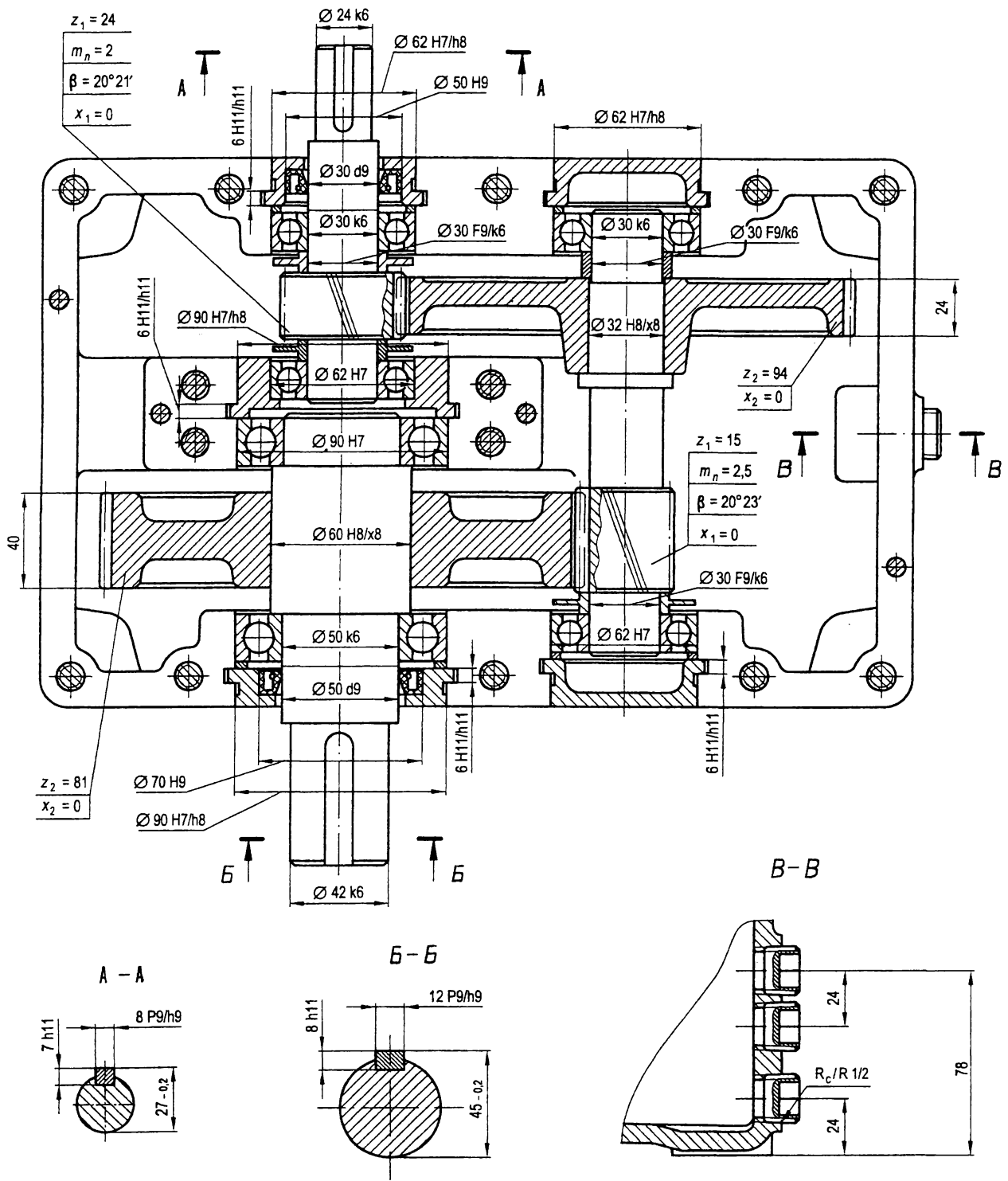


Рисунок 7.9 – Редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный горизонтальный с разъемом корпуса по осям валов



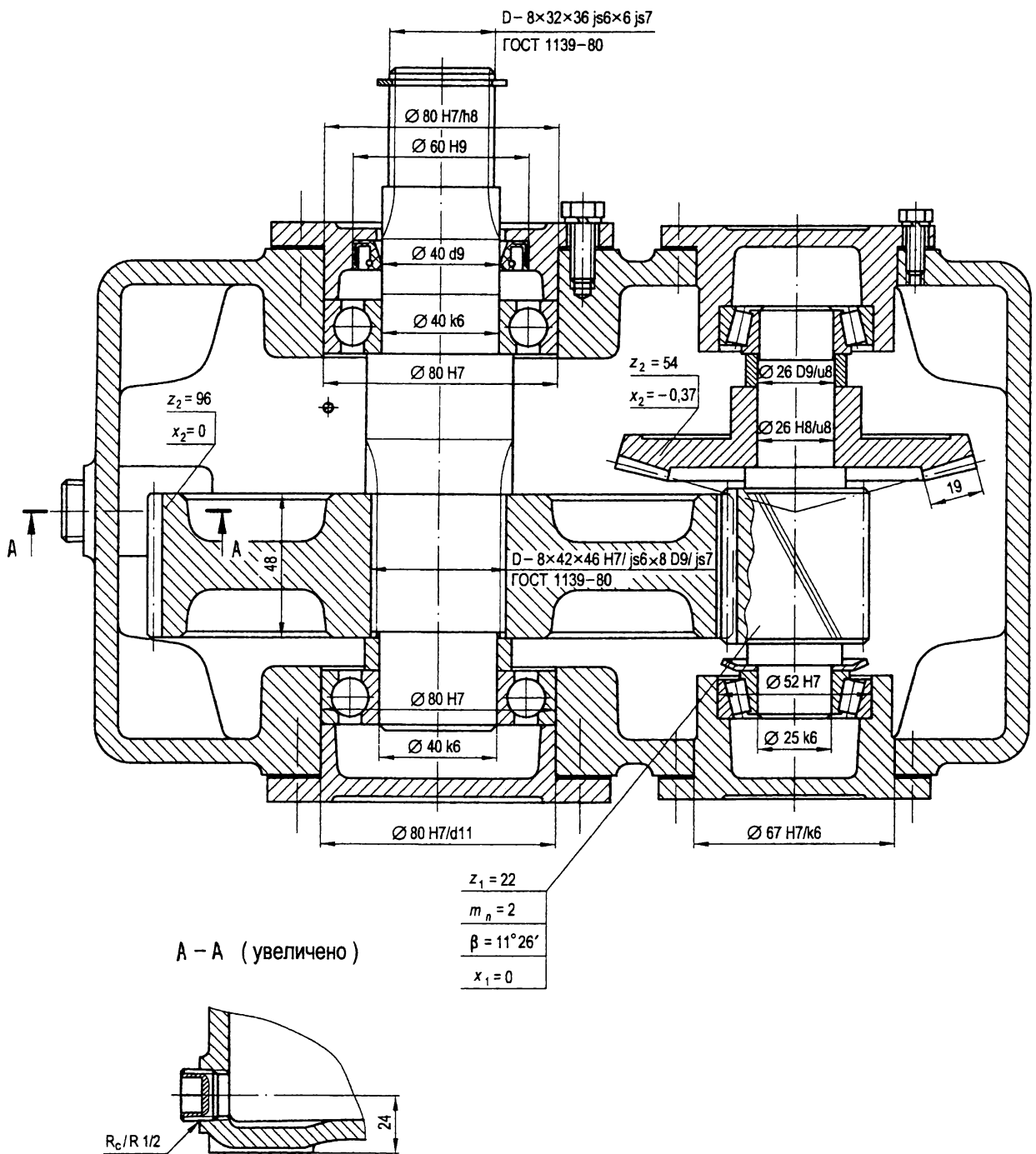


Рисунок 7.11 – Редуктор двухступенчатый коническо – цилиндрический горизонтальный с вертикально расположенным быстроходным валом конической шестерни, выполненный без разъема корпуса по осям валов

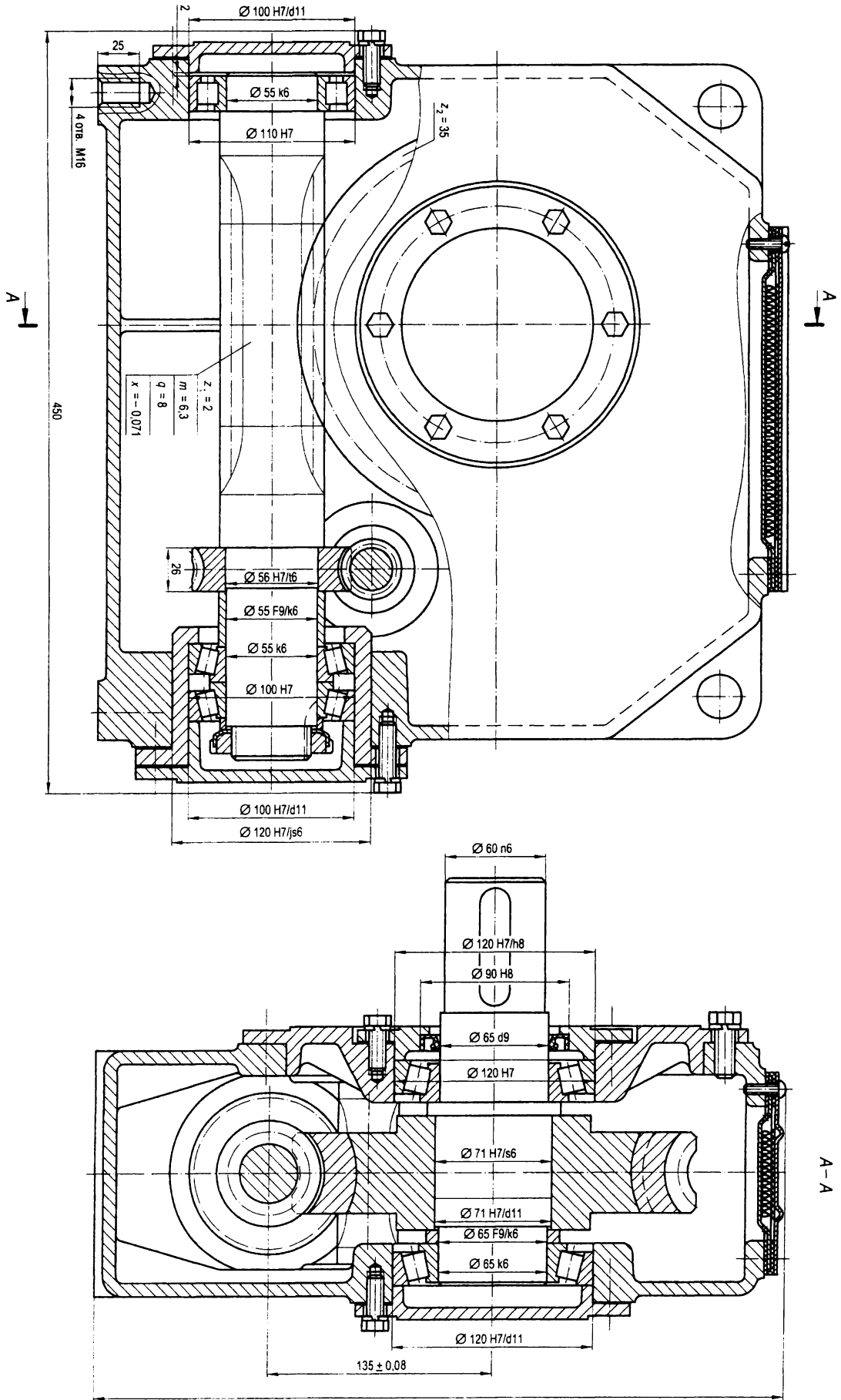


Рисунок 7.12 – Редуктор двухступенчатый червячный



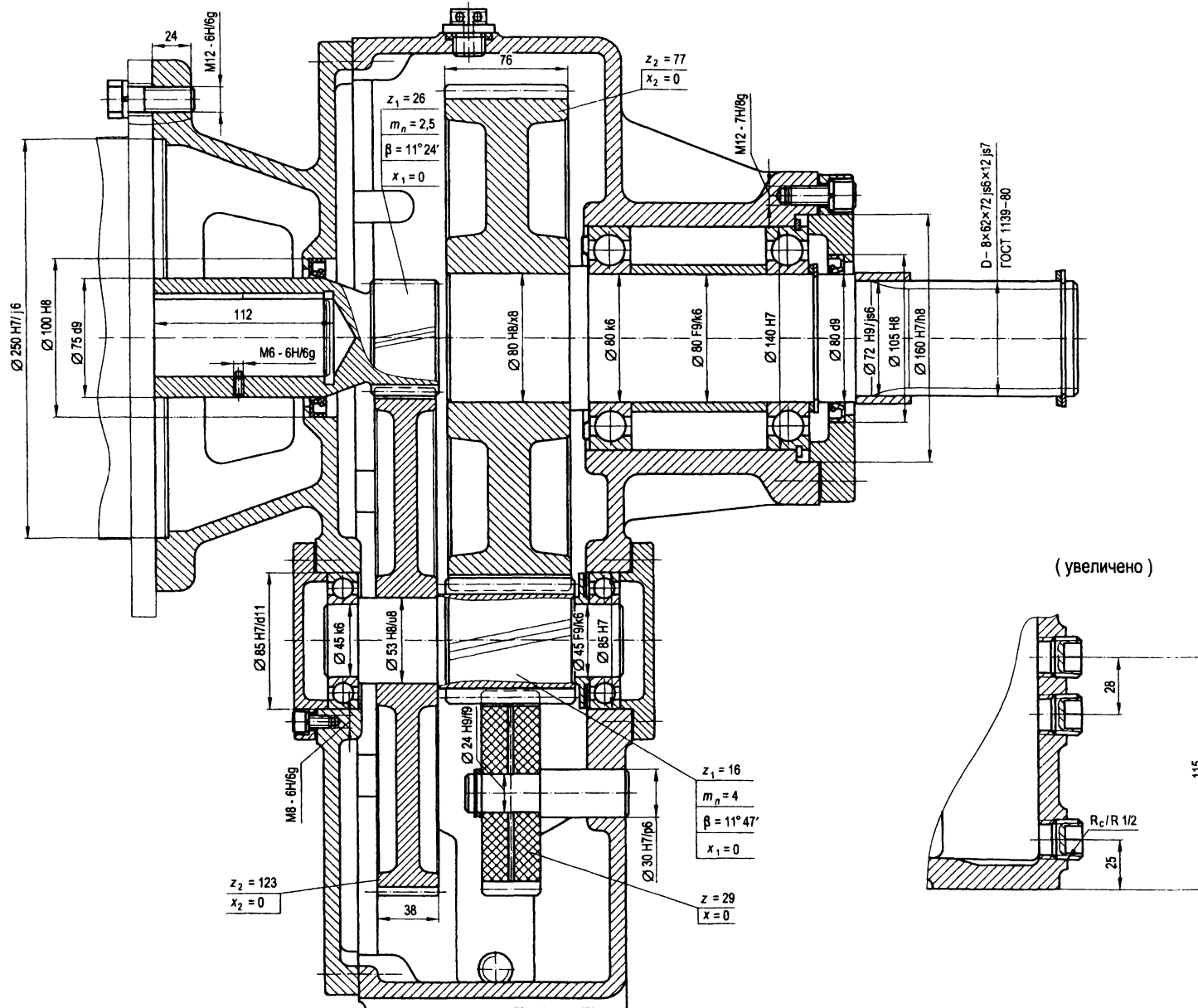


Рисунок 7.13 – Мотор – редуктор двухступенчатый цилиндрический соосный с осями валов, расположенными в вертикальной плоскости

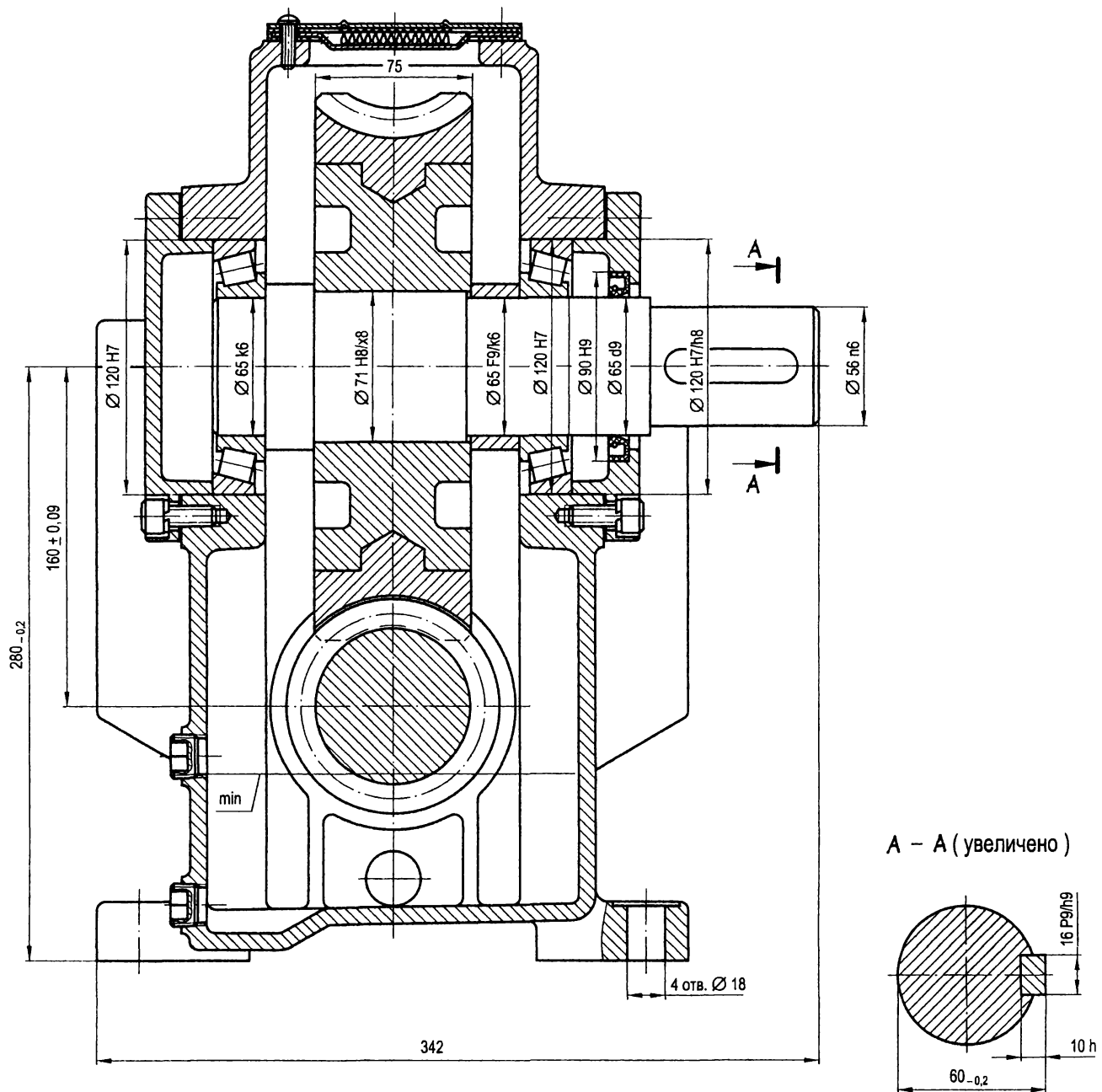


Рисунок 7.14 – Тихоходный (выходной) вал редуктора с червячной передачей (червяк расположен горизонтально под червячным колесом)

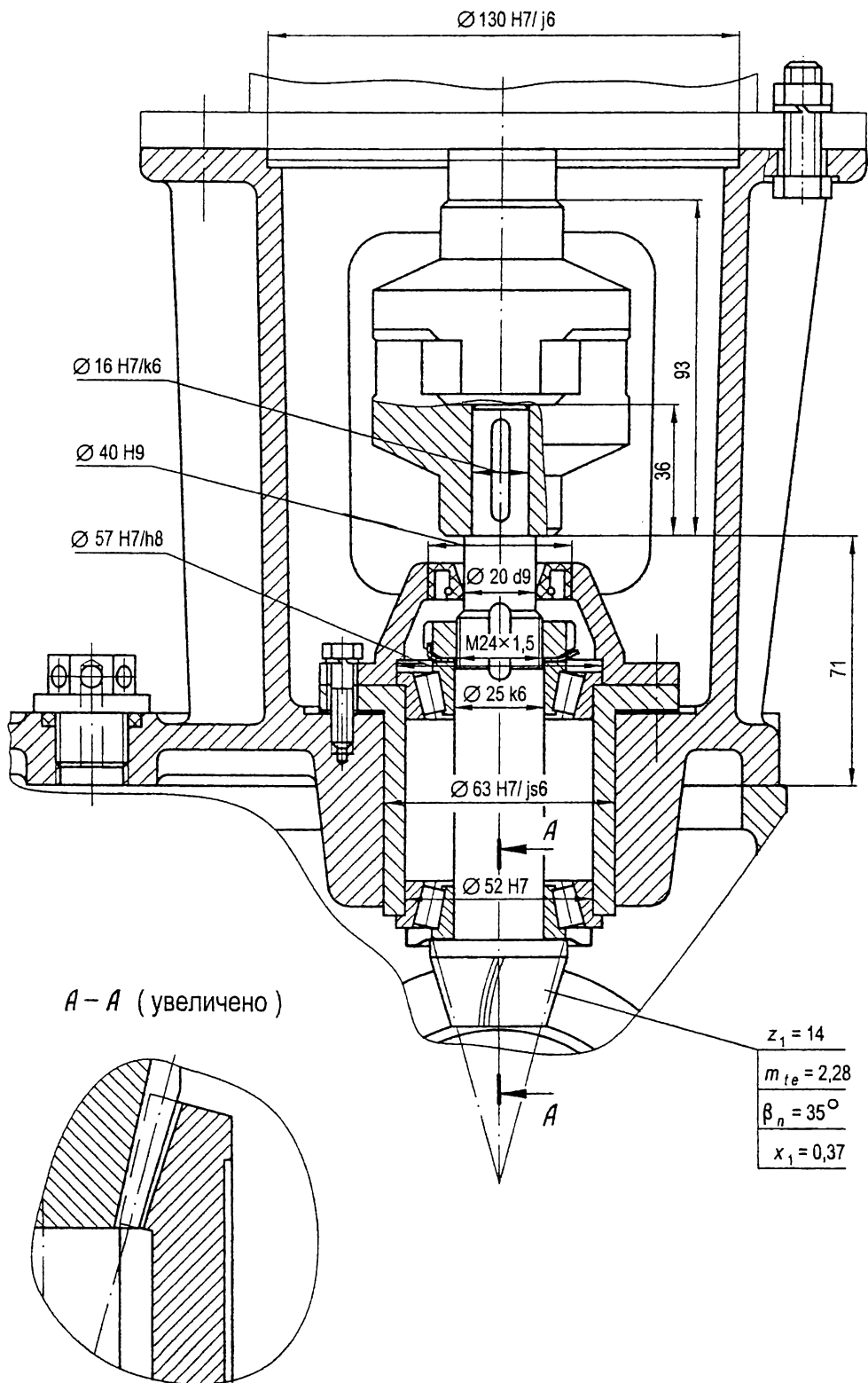


Рисунок 7.15 – Вал конической шестерни с вертикальной осью вращения (быстроходный вал коническо – цилиндрического мотор – редуктора)

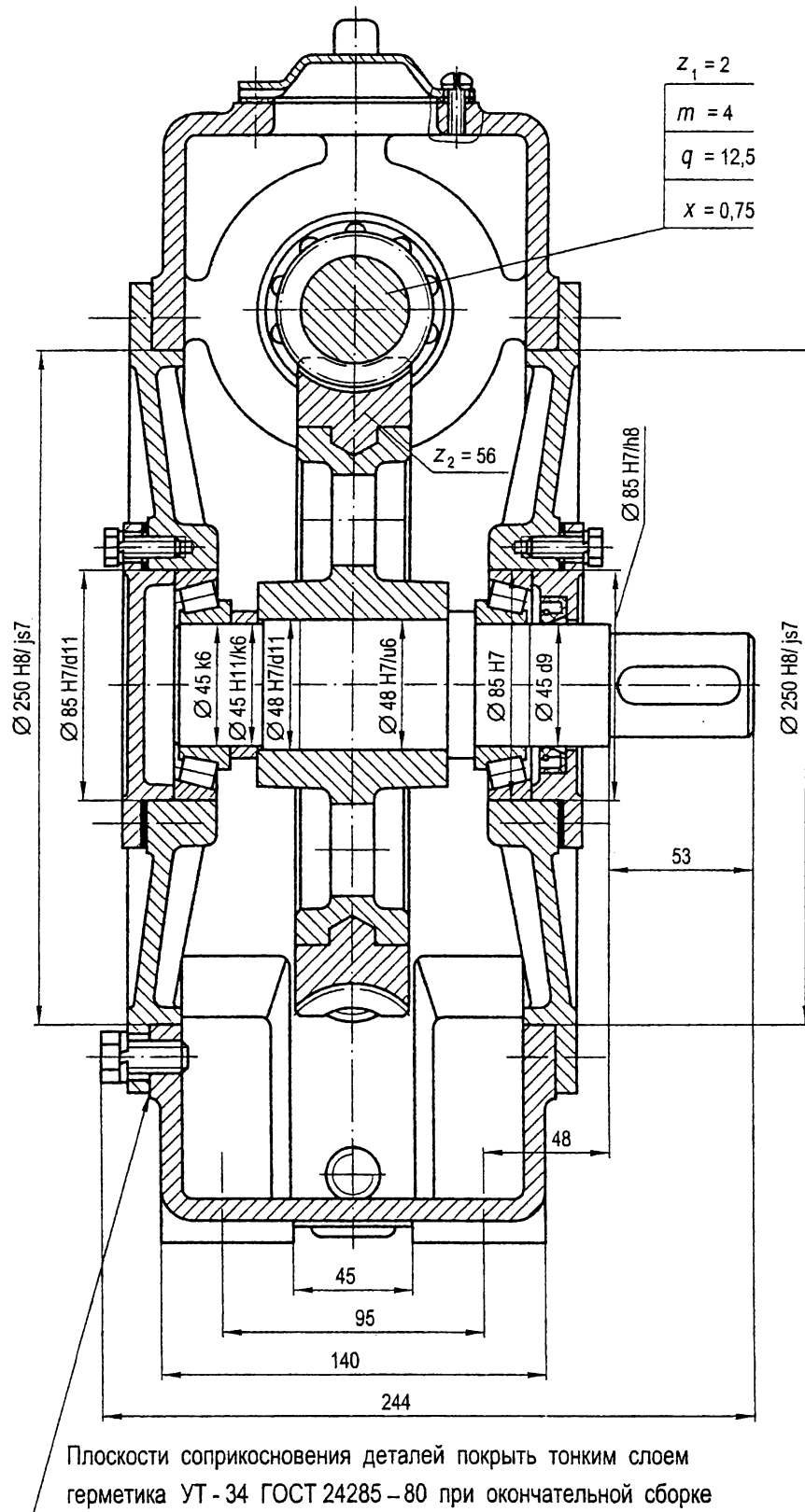


Рисунок 7.16 – Тихоходный (выходной) вал редуктора с червячной передачей (червяк расположен горизонтально над червячным колесом)

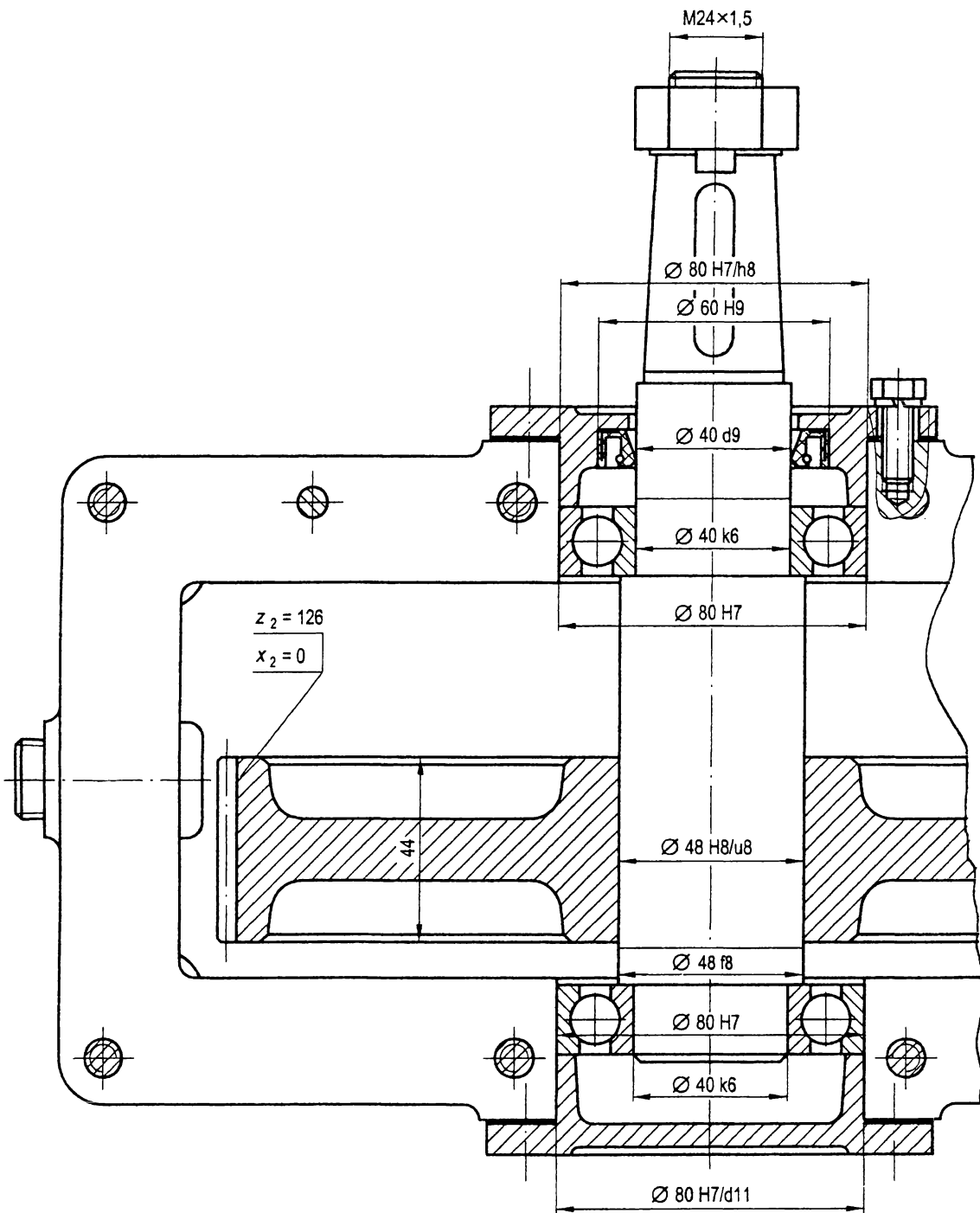


Рисунок 7.17 – Тихоходный (выходной вал) горизонтального редуктора с цилиндрической передачей и разъемом корпуса по осям валов

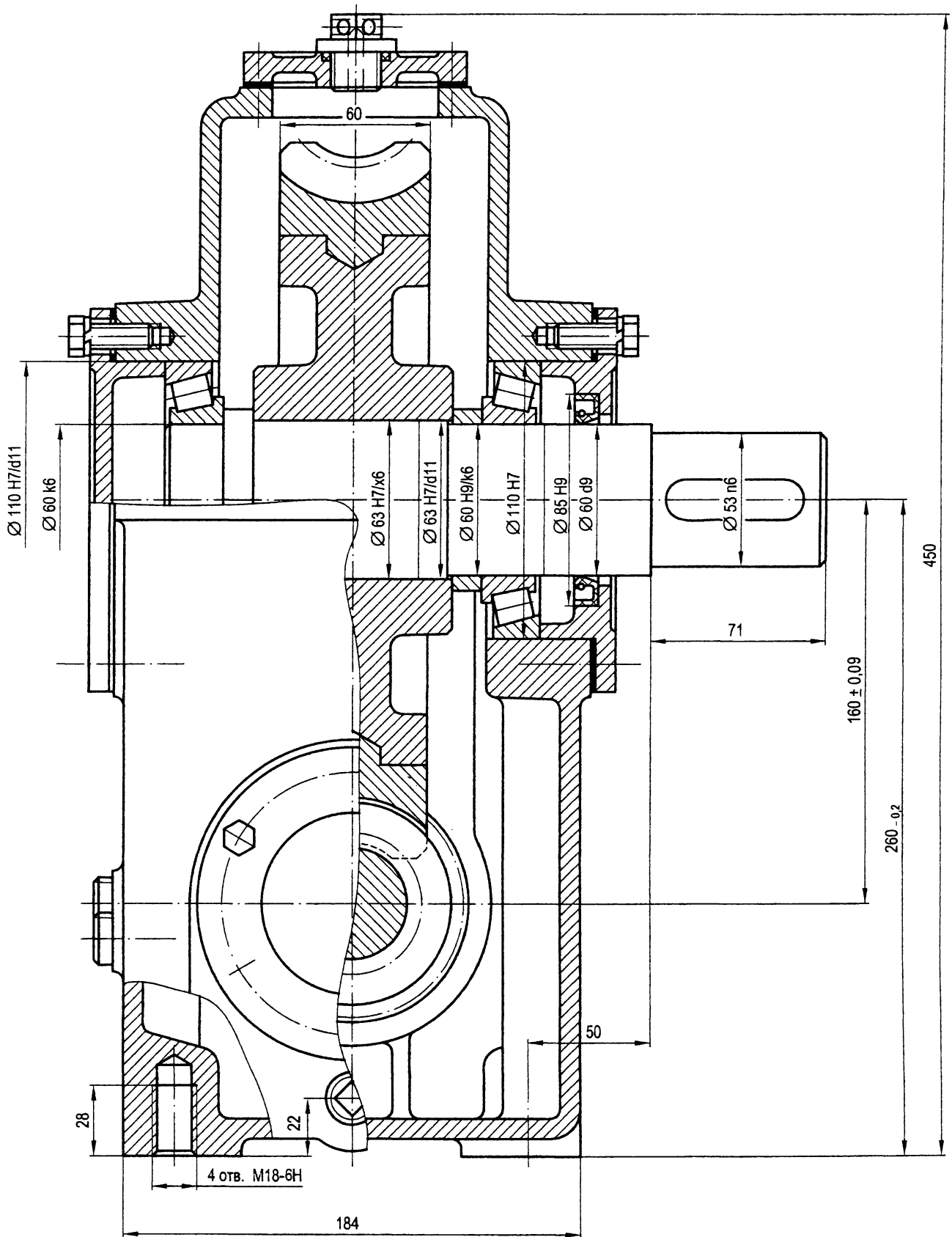


Рисунок 7.18 – Тихоходный (выходной) вал редуктора с червячной передачей  
(червяк расположен горизонтально под червячным колесом)

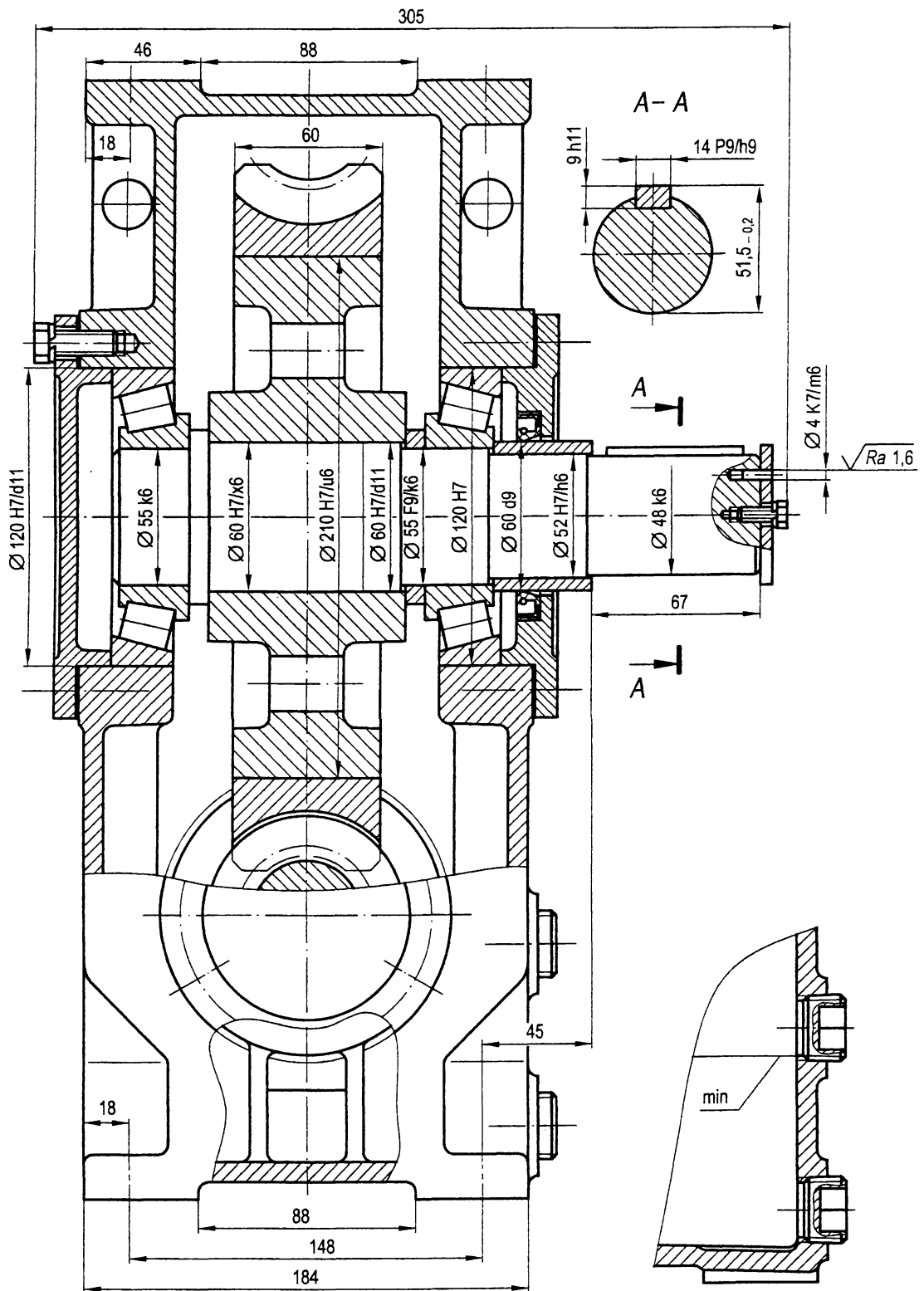


Рисунок 7.19 – Тихоходный (выходной) вал редуктора с червячной передачей (червяк расположен горизонтально под червячным колесом)

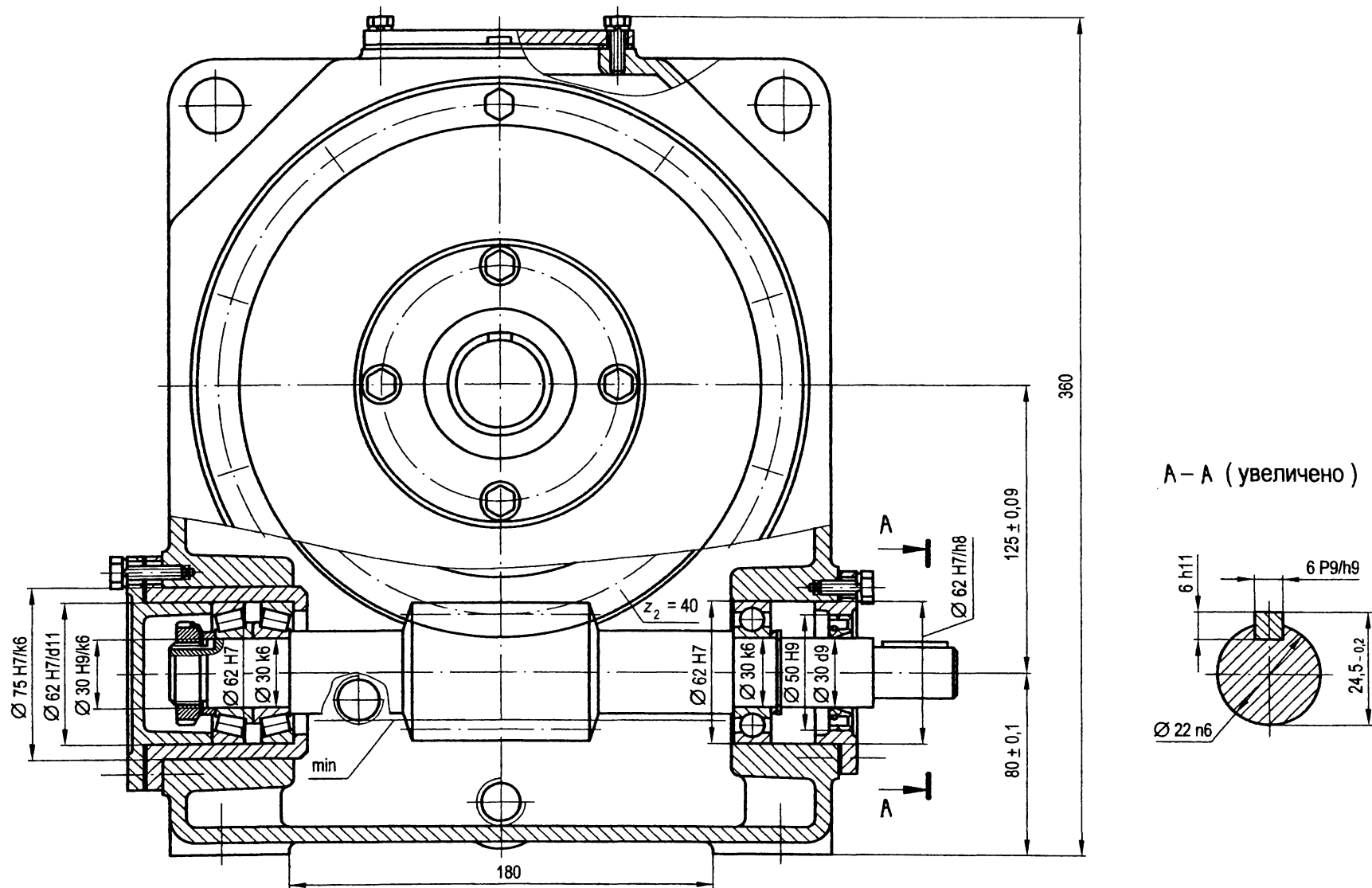


Рисунок 7.20 – Быстроходный (входной) вал – червяк редуктора с червячной передачей (червяк расположен горизонтально под червячным колесом)



## 8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

На основании изучения материала, изложенного в пп. 2...6, студент составляет отчет, который должен содержать:

1. Описание элементов подшипниковых узлов (кратко).
2. Назначение подшипников качения (кратко).
3. Основные детали подшипника качения (перечислить).
4. Классификация подшипников качения.
5. Структура условного обозначения подшипников качения.
6. Основное обозначение подшипников качения с внутренними диаметрами от 20 до 500 мм (перечертить рис. 3.3).
7. Основные типы подшипников качения (кратко перечислить).
8. Типовые схемы закрепления (осевого фиксирования) валов в узлах машин (кратко описать каждую из четырех типовых схем, рассмотренных в п.4).
9. Индивидуальное задание: для конструкции узла, приведенного на рисунке, указанном преподавателем, необходимо выполнить следующее:
  - а) указать типы подшипников, используемых в изучаемой конструкции, а также способы их закрепления на валу и в корпусе;
  - б) указать схемы осевого фиксирования валов изучаемого узла;
  - в) указать диапазон осевого зазора (осевой игры) для каждого вала и способ его обеспечения;
  - г) указать вид смазочного материала (жидкий из общей масляной ванны или пластичный), используемого для смазывания подшипников валов;
  - д) перечислить внутренние (если имеются) и внешние уплотнения, используемые в изучаемой конструкции и в подшипниковых узлах каких валов они установлены

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черменский, О.Н. Подшипники качения: Справочник – каталог / О.Н. Черменский, Н.Н. Федотов. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
2. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – М.: Высш. шк., 2010. – 408 с.
3. Леликов, О.П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин». – М.: Машиностроение, 2007. – 464 с.
4. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учеб. пособие [Б.А. Байков и др.]; под ред. О.А. Ряховского, О.П. Леликова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 400 с.
5. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
6. Санюкевич, Ф.М. Детали машин. Курсовое проектирование. – Брест: БрГТУ, 2004. – 488 с.
7. Санюкевич, Ф. М. Детали машин. Атлас конструкций / Ф.М. Санюкевич, А.А. Волощук. – Брест: БрГТУ, 2011. – 176 с.

**УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ**

**Составитель:**

Санюкевич Федор Михайлович

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе

«Изучение конструкций подшипниковых узлов»

по курсу «Детали машин»

для студентов технических специальностей

Ответственный за выпуск **Санюкевич Ф.М.**

Редактор: **Строкач Т.В.**

Компьютерная верстка: **Кармаш Е.Л.**

Корректор: **Никитчик Е.В.**

---

Подписано к печати 07.04.2011 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Гарнитура Times New Roman. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 8,0. Уч.-изд. л. 8,5. Заказ № 456. Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.