ДЕТАЛИ МАШИН

АТЛАС КОНСТРУКЦИЙ

В ДВУХ ЧАСТЯХ

5-е издание переработанное и дополненное

Под общей редакцией д-ра техн. наук
проф. Д. Н. Решетова

Рекомендовано Учебно-методическим управлением Комитета по высшей школе Министерства науки, высшей школы и технической политики Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов

ЧАСТЬ 2

Москва
Машиностроение

www.mashin.ru

Успешно отсканировано студентами МГТУ-МАМИ ф-т АТ.
Респект: НТЦ АПМ, forum.ru-board.com.

www.apm.ru

ББК 34.44 яб.я73
Д38 УДК 621.81(084.4)(075.8)

Авторы: Б. А. Байков, В. Н. Богачев, А. В. Буланже, Л. П. Варламова, В. Л. Галолин, И. К. Ганулич, В. И. Зворыкин, В. Н. Иванов, С. С. Иванов, Б. И. Коровин, В. И. Лукин, И. А. Огринчук, Н. В. Палочкина, С. В. Палочкин, Д. Г. Поляков, П. К. Попов, Д. Н. Решетов, О. А. Ряховский, Л. И. Смелянская, Л. П. Соболева, Ю. Н. Соколов, В. А. Финогенов, Р. М. Чатынян, С. А. Шувалов

Рецензент: кафедра «Детали машин» Всесоюзного заочного института текстильной и легкой промышленности» (Зав. кафедрой д-р техн. наук проф. Г. Б. Иосилевич).

Детали машин: Атлас конструкций: Учеб. пособие для сту-
Д38 дентов машиностроительных специальностей вузов. В 2 ч.
Ч. 2/Б. А. Байков, В. Н. Богачев, А. В. Буланже и др.; Под
общ. ред. д-ра техн. наук проф. Д. Н. Решетова.— 5-е изд.,
переработ и доп. М.: Машиностроение, 1992.— 296с.: ил.

ISBN 5-217-01508-X
В атласе приведены характерные конструкции и важнейшие справочные данные деталей и узлов общего назначения: неразъемных и разъемных соединений (ч. 1); зубчатых, червячных, планетарных, волновых и других передач (ч. 1); валов, подшипников, муфт, смазочных и уплотнительных устройств (ч. 2). Пятое издание атласа (4-е изд. 1979 г.) дополнено материалами, отражающими современные тенденции в машиностроении.
2702000000—536 Д 038(01)-92 198-91
ISBN 5-217-01506-3
ISBN 5-217-01508-X (Ч. 2)
ББК 34.44 я6.я73

© Банков Б. А., Богачев В. Н., Буланже А. В. и др., 1992

Раздел III

ДЕТАЛИ ПЕРЕДАЧ

ПОЯСНЕНИЯ К ЛИСТАМ

ВАЛЫ И ОСИ. ЛИСТЫ 304...328

Валы предназначены для поддержания вращающихся деталей и передачи крутящего момента. Оси предназначены для поддержания вращающихся или качающихся деталей (крутящий момент не передают).

Лист 304. Классификация валов и осей. Валы разделяют:

1) по назначению: на валы передач, валы вспомогательных механизмов и коренные валы;

2) по форме оси: с прямой осью, коленчатые и с изменяемой осью (телескопические и гибкие);

3) по конфигурации: на гладкие, ступенчатые и шлицевые.

Оси разделяют:

1) по назначению: на оси транспортных и подъемно-транспортных машин и оси передач (зубчатых, ременных и др.);

2) по условиям работы: на вращающиеся и невращающиеся.

Лист 305. Элементы валов и осей (концы валов). Концы валов и осей под подшипники скольжения могут быть гладкими цилиндрическими (рис. 1,а), цилиндрическими с буртом (рис. 1,6) и реже коническими. Концы валов под подшипники качения и ступицы выполняют: цилиндрическими гладкими (для ступиц, рис. 2, а), цилиндрическими шлицевыми, цилиндрическими с креплением насаживаемых деталей и внутренней резьбой под один или два винта (рис. 2, *б)* или наружной резьбой для гайки (рис. 2, в), а также коническими с креплением деталей внутренней резьбой (рис. 3,а) или наружной резьбой (рис. 3,6). Концы валов (специальные) могут быть выполнены в виде полумуфт (рис. 4).

Концы валов цилиндрические диаметром 16... 180 мм даны в соответствии с ГОСТ 12080—66, концы валов конические диаметром 12...125 мм—ГОСТ 12081—72.

Лист 306. Элементы осей и валов (переходные участки). Выбор оптимальной формы переходного участка и радиусов галтелей имеет большое значение (с точки зрения циклической прочности валов и технологии изготовления). Если основной критерий работоспособности валов — прочность, то форма переходных участков подчинена условиям прочности, а если — жесткость (в частности, у валов коробок скоростей и других валов вблизи концевых опор с малыми изгибающими моментами), то — технологическим требованиям.

Лист 307. Оси зубчатых и ременных передач. Оси передач делят на вращающиеся (консольные и двухопорные) и неподвижные. Неподвижные оси имеют меньшие габариты, а вращающиеся обеспечивают лучшее направление деталей. Наиболее просты консольные неподвижные оси, применяемые при малых нагрузках.

Лист 308. Валы редукторов одноконсольные. На листе приведены промежуточные (рис. 1, 2), выходные (рис. 3), входные (рис. 4, 5, 6 и 7) валы с одним консольным концом.

Валы редукторов выполняются ступенчатой формы с выточками для шлифовального круга или с галтелями без выточек. Выходные концы валов могут быть цилиндрическими или коническими. В последнее время часто применяют концы валов конической формы, так как при закаленных колесах шпоночные соединения на цилиндрических выходных и входных концах валов оказываются перенапряженными. При коническом конце вала можно создать требуемую посадку без повреждения подшипников.

Зубчатые колеса малых диаметров изготовляют как одно целое с валом.

Лист 309. Двухконсольные валы редукторов. На листе приведены входные валы с двумя консолями с цилиндрическими выходными концами валов (рис. 1, 2) и с коническими (рис. 3, 4). Зубчатые колеса выполнены заодно с валом. Зубчатые колеса могут быть насадными, если позволяет диаметр вала (рис. 5). Выходные валы иногда имеют две консоли (рис. 6) для обеспечения передачи момента двум параллельно работающим механизмам.

Лист 310. Валы коробок передач со шпонками. На листе приведены: валы со шпонками для непередвижных зубчатых колес, для передвижных зубчатых колес и комбинированные валы.

Валы со шпонками для передвижных зубчатых колес применяют только в недостаточно оснащенном производстве. На рис. 4 показаны способы осевого фиксирования колес на валах.

Лист 311. Валы коробок передач шлицевые. На листе приведены шлицевые валы для передвижных зубчатых колес, для непередвижных зубчатых колес и комбинированные, а также шпоночно-шлицевые валы, в которых участки со шпонками предназначены для непередвижных зубчатых колес, а шлицевые участки—для передвижных.

Лист 312. Трехопорные валы. Для уменьшения прогибов и изгибающих моментов длинные валы выполняют многоопорными. На листе приведены конструкции трехопорных валов коробок передач.

Чтобы избежать протягивания кольца подшипника по шлицевому участку вала с натягом и обеспечить необходимую посадку внутреннего кольца подшипника, в шлицевых валах под промежуточ-

ный подшипник обычно ставят переходную втулку. Осевую фиксацию длинных валов осуществляют преимущественно в одной опоре (рис. 1) или в двух смежных опорах (рис. 2, 3).

Лист 313. Соосные валы коробок передач и редукторов. Для уменьшения числа расточек в корпусах коробок передач и редукторов, а также для уменьшения габаритов узла в поперечном направлении часто проектируют механизмы с соосными валами.

На рис. 1 показаны соосные валы коробки передач токарно-винторезного станка, на рис. 2 — автомобильной коробки передач, на рис. 3 — выходной и входной валы редуктора.

При соединении соосных валов напрямую опоры одного вала располагают в расточках другого вала или в корпусе муфты, посаженной на вал. Для соединения соосных валов в коробках передач применяют зубчатые муфты (рис. 1, 2).

Лист 314. Соосные валы редукторов. Для уменьшения осевых габаритов редукторов, устранения или уменьшения размеров опоры в корпусе применяют расположение подшипника одного вала в расточке другого (рис. 1); применяют стаканы для установки подшипников входного и выходного валов (рис. 2, 3, 5); устанавливают подшипники в расточке колеса тихоходной ступени, при применении двухконсольного тихоходного вала (рис. 4).

Листы 315, 316, 317. Валы барабанов и звездочек. Валы барабанов и звездочек выполняют обычно ступенчатой формы (листы 315. 317), для облегчения можно применять трубчатые сварные валы (рис. 1, лист 316). Барабаны можно изготовлять с короткими цилиндрическими цапфами, приваренными к дискам (лист 316, рис. 2).

Самоустанавливающиеся подшипники применяют в качестве опор валов барабанов и звездочек из-за несоосности корпусов подшипников, возникающей в процессе их изготовления или монтажа.

Листы 318, 319, 320. Гибкие проволочные валы силовых передач. Гибкие валы предназначены для передачи вращения валам, взаимное расположение которых в пространстве меняется. Гибкий вал состоит из ряда последовательно навитых один на другой слоев проволоки (лист 318).

Гибкий вал работает в броне (ленточной БЛ, ленточной с внутренней спиралью БЛС) (лист 319). Броня воспринимает усилие, действующее на вал, удерживает смазку, предохраняет от загрязнения и повреждения вал, защищает обслуживающий персонал от захвата валом.

Для соединения гибкого вала с валами привода и рабочей машины служат наконечники, установленные в арматуре на опорах скольжения или качения (лист 320).

Лист 321. Нормальные диаметры и длины. Чтобы ограничить номенклатуру режущего и мерительного инструмента, следует назначать диаметры, длины и конусности валов из нормальных рядов. Нормальные диаметры и длины в машиностроении (1…10 000 мм) даны по ГОСТ 6636—69.

Лист 322. Нормальные конусности. Даны конусности гладких конических элементов деталей и примеры их применения — согласно ГОСТ 8593—81 (СТ СЭВ 512—77).

Конические посадочные поверхности валов дают хорошее центрирование деталей, частично разгружают шпонку от передачи крутящего момента и облегчают установку детали на вал.

Лист 323. Отверстия центровые. Отверстия центровые с углом конусности 60 даны по ГОСТ 14034—-74. Центровые отверстия формы *С* без предохранительного конуса применяются: 1) в изделиях, после обработки которых необходимость в центровых отверстиях отпадает; 2) в изделиях, которые подвергаются термообработке до твердости, гарантирующей сохранность центровых отверстий в процессе эксплуатации. Центровые отверстия формы *Е* имеют предохранительный конус и применяются в изделиях, в которых центровые отверстия являются базой для повторного или многократного использования, а также в случаях, когда центровые отверстия сохраняются в готовых изделиях. Центровые отверстия формы *R* с дугообразной образующей применяются для обработки изделий повышенной точности. Центровые отверстия формы *Е с* метрической резьбой без предохранительного конуса и формы *Н с* предохранительным конусом применяются в валах с креплением деталей по центру вала для монтажных работ, транспортирования, хранения и термообработки деталей в вертикальном положении.

Листы 324, 325. Кольца установочные. Установочные кольца применяют для фиксирования от осевых перемещений свободно вращающихся деталей, реже деталей, установленных на шпонках. Кольца по ГОСТ 2832—77 с креплением стопорными винтами применяют при малых нагрузках. Кольца по ГОСТ 3130—77 со штифтовым креплением применяют при больших нагрузках (но при этом ослабляется вал). Разъемные кольца применяют, когда осевой монтаж затруднен.

Лист 326. Осевое закрепление осей. Оседержатели с торцовым креплением двумя винтами даны по нормалям подъемно-транспортных машин. Представлены варианты закрепления осей штифтом и установочными винтами.

Листы 327, 328. Примеры оформления рабочих чертежей валов. Даны рабочие чертежи гладкого и шлицевого валов.

ОПОРЫ СКОЛЬЖЕНИЯ. ЛИСТЫ 329...349

Опоры скольжения применяют в машинах с большими динамическими и статическими нагрузками, при повышенных требованиях к стабильности и точности положения оси вращающегося вала, при работе с особо большими скоростями скольжения (в газовых и электромагнитных подшипниках), при необходимости разъема опор, при работе опор в условиях агрессивных сред, особо высоких температур и при необходимости употребления специальных смазочных материалов (например, газов и жидких металлов).

Листы 329, 330. Классификация опор скольжения. Опоры классифицируют по способу образования сил, воспринимающих действующие на опору нагрузки (гидродинамические, гидростатические, газовые, электромагнитные), по направлению воспринимаемой опорой нагрузки, по числу несущих масляных (газовых) слоев (клиньев). Принцип работы электромагнитных подшипников см. лист 349.

Листы 331, 332. Подшипники скольжения разъемные. Применяют в неответственных узлах трения при малых скоростях скольжения и малых удельных нагрузках при необходимости установки вала на опоры сверху. Смазывание осуществляется пластичными смазочными материалами с помощью колпачковых масленок или жидкими маслами с помощью капельных масленок. Вкладыши устанавливают в корпусе с небольшим натягом. В осевом направлении вкладыши фиксируются буртами. Крышку подшипника крепят к корпусу болтами. Разъем расположен в горизонтальной или наклонной плоскости.

Лист 333. Втулки подшипниковые цельные. Толстостенные цель-ные втулки (гладкие цилиндрические или с буртом) выполняют целиком из чугуна, бронзы или из иных антифрикционных сплавов.

Втулки биметаллические (цельные или разъемные, гладкие или с буртами) состоят обычно из относительно толстой стальной цилиндрической основы, на внутреннюю поверхность и на торцы которой нанесен тонкий антифрикционный слой. Размеры их, как правило, нормализированы. Смазываются жидкими или пластичными смазочными материалами в зависимости от условий работы. Изготавливаются централизованно. Находят широкое применение в узлах трения машин многих типов.

Лист 334. Втулки подшипниковые разъемные. Тонкостенные разъемные втулки выполняют из специальной биметаллической стальной ленты с тонким антифрикционным (обычно баббитовым) слоем. Устанавливаются втулки в корпусе с небольшим натягом, от проворота удерживаются специальными выступами. Смазываются жидкими маслами, подаваемыми под давлением. Изготовляются централизованно. Применяются в узлах трения двигателей внутреннего сгорания и других машинах.

Лист 335. Втулки подшипниковые. Форма рабочих поверхностей. Легко- и средненагруженные втулки выполняют с цилиндрическими рабочими поверхностями. Смазочный материал подается с двух сторон в канавки, расположенные посредине втулки в плоскости. перпендикулярной действию нагрузки. Для большей технологичности и улучшения условий поступления масла в рабочую зону маслозаборные канавки выполняют радиусными со слегка скругленными кромками.

Тяжелонагруженные втулки имеют цилиндрическую форму рабочих поверхностей и глубокие карманы, у которых для обеспечения надежного жидкостного трения делают на входе и выходе специальные маслозаборные скосы. Кроме обеспечения смазочным материалом рабочей зоны карманы способствуют охлаждению шейки вала, отводя тепло в протекающее масло.

Особо тяжелонагруженные подшипники имеют расточку из двух взаимно смещенных в разные стороны центров.

Высокооборотные тяжелонагруженные подшипники для подавления самовозбуждающихся колебаний валов имеют «лимонную» расточку, выполняемую из двух взаимно всгречносмещенных центров. Смазывание непрерывное под давлением.

Лист 336. Втулки подшипниковые. Крепление антифрикционных слоев. Антифрикционные слои из бронз и баббитов наносят методом центробежной заливки на предварительно, тщательно очищенные, обезжиренные и лишенные оксидной пленки поверхности втулки. Для более надежного крепления на внутренней поверхности втулок делают кольцевые пазы со скосами, удерживающими антифрикционный слой. Внутреннюю цилиндрическую поверхность втулок выполняют обычно с грубой обработкой *(Rz = 40...26* мкм) или даже в виде поверхности с мелкой резьбой. В местах разъема для удержания антифрикционных слоев иногда предусматривают продольные пазы со скосами, как это показано на листе 335.

Пластмассовые слои наносят обычно прессованием (рис. 2, в) на тщательно очищенные внутренние поверхности втулок, обработанные с Rz = 40...20 мкм.

Возможно крепление антифрикционных пластмассовых слоев с помощью специальных клеев или на посадке (рис. *2,а, б).* С целью сохранения размеров и формы отверстий пластмассовых втулок при их нагреве в антифрикционных слоях втулок делают специальные компенсационные продольные пазы для деформирующихся участков втулок.

Листы 337, 338. Подшипники шпинделей металлорежущих станков. Одним из основных требований, предъявляемых к этим подшипникам, является обеспечение стабильности положения оси вращающегося шпинделя. Поэтому подшипники работают с минимально допустимыми диаметральными зазорами, минимальными толщинами несущих масляных слоев.

Гидродинамический одноклиновой подшипник относительно низкооборотного шпинделя токарного станка, выполненный в виде втулки (рис. 1). смазывается с помощью фитиля или под давлением от масляного засоса. Регулирование зазора осуществляется осевым перемещением конической втулки *1* при вращении резьбовой гайки 2, расположенной переднего конца шпинделя.

Многоклиновой гидродинамический подшипник, выполненный в виде втулки / с наружной сферической поверхностью и цилиндрической рабочей поверхностью, разделенной на узкие участки продольными канавками, изображен на рис. 3. Наличие сферы гарантирует самоустановку подшипника при сборке строго по оси шпинделя. Надрезы на наружной поверхности втулки обеспечивают возможность упругой деформации втулки и регулирования диаметрального зазора осевым перемещением конических колец 2 с помо-

щью гайки *3,* расположенной у правого торца втулки. Смазывание под давлением. Подшипник обеспечивает высокую стабильность положения оси и позволяет работать с высокими скоростями скольжения благодаря обильному поступлению масла в несущие масляные слои и хорошими условиями их охлаждения.

Многоклиновой гидродинамический подшипник, выполненный в виде втулки *1* с фасонной расточкой рабочей поверхности, приведен на рис. 2. Расточку выполняют путем смещения радиуса растачиваемого отверстия «за центр втулки». Это обеспечивает при работе с валом образование клинообразного зазора и гарантированное образование несущего масляного слоя (клина). Подача смазки принудительная.

Самоустанавливающийся гидродинамический одноклиновой подшипник тяжелого токарного станка приведен на рис. 4. Самоустановка подшипника на опорной сфере осуществляется автоматически в случае поворота втулки *1* в вертикальной плоскости при возникновении кромочных давлений вследствие упругих деформаций шпинделя от внешней нагрузки. Смазывание подшипников непрерывное под давлением.

Многоклиновой гидродинамический подшипник (лист 338, рис. 1) с вкладышами-сегментами 2, контактирующими своими сферическими опорными лунками *1* (поверхностями) с винтами *3,* имеющими сопрягаемые опорные сферы. Крепление вкладышей позволяет им самоустанавливаться в плоскости вращения и вдоль оси вала при его вращении, что обеспечивает образование оптимального несущего масляного слоя, отсутствие кромочных давлений, возможность работы подшипника с очень тонкими масляными слоями и регулирование диаметрального зазора при сборке. Опорные сферические поверхности лунок и винта взаимно притерты, что обеспечивает большую площадь контакта и в результате — высокую жесткость подшипника. Смазывание принудительное под давлением.

Гидростатический подшипник (лист 338, рис. 2) воспринимает радиальные и осевые нагрузки. Подача смазки в рабочие карманы осуществляется под давлением от насоса через дроссель 1. Дроссели выполнены из медных трубок малого сечения — капилляров (d= 1,0...1,5 мм), свернутых в спирали и залитых эпоксидным клеем в специальных стаканах, ввернутых в корпус подшипника. Такая конструкция упрощает технологию изготовления и позволяет компенсировать технологические отклонения размеров вала и втулки путем подбора дросселя соответствующей длины. Помимо этого, применение трубок d >1,0 мм позволяет существенно повысить надежность подшипников, так как практически исключает засорение дросселей.

Многоклиновой гидродинамический подшипник (лист 338, рис. 3) имеет вкладыши-сегменты *1 с* наружной сферической поверхностью. Контактирование вкладышей с коническими опорными кольцами 2 позволяет вкладышам при вращении шпинделя самоустанавливаться в плоскости вращения и вдоль оси вала, что обеспечивает образование оптимальных несущих масляных слоев, исключает кромочные давления и дает возможность работы подшипника с очень тонкими несущими слоями. Регулирование диаметрального зазора производят подбором проставочного кольца *3* между опорными коническими кольцами, удерживающего одновременно вкладыши от проворота. Подача смазки принудительная под давлением.

Многоклиновой гидродинамический подшипник с вкладышами-сегментами 2, имеющими возможность самоустановки в плоскости вращения, приведен на рис. 4. Самоустановка осуществляется вследствие перекатывания вкладыша по своей наружной поверхности 1, имеющей радиус примерно на 10% меньше радиуса опорной цилиндрической поверхности корпуса шпиндельной бабки. Расположение опорных поверхностей вкладышей обеспечивает самоустановку вкладышей и образование при вращении вала оптимальных несущих масляных слоев (клиньев). Подача смазочного материала принудительная под небольшим давлением.

Лист 339. Опоры скольжения двигателей внутреннего сгорания. Опоры коленчатого вала автомобильного двигателя показаны на рис. 1. Вкладыши коренных и шатунных подшипников этого двигателя— тонкостенные короткие, выполняемые штамповкой из биметаллической ленты, получаемой методом прокатки. По мере износа шейки вала перешлифовывают, а вкладыши заменяют на следующий ремонтный размер. Смазочные материалы под давлением подаются к коренным подшипникам, а потом через отверстия в вале подводятся к шатунным шейкам.

Нижняя головка шатуна, блок цилиндров и крышки коренного подшипника подвержены температурным и силовым деформациям, вследствие чего рабочие поверхности вкладышей принимают во время работы овальную форму, причем меньший диаметр получается в плоскости разъема. Для устранения вредных последствий деформаций вкладыши часто делают с пологими скосами или «холодильниками».

Торцовые поверхности вкладыша, покрытые антифрикционным слоем, могут воспринимать небольшие осевые нагрузки и препятствовать осевому смещению вала. Сопряжение верхней головки шатуна, поршня и поршневого пальца двигателя работает в неблагоприятных условиях: при высокой температуре, динамических нагрузках и знакопеременном характере движения. Для равномерного распределения износа по окружности поршневые пальцы делают плавающими (рис. 3, 4). Смазочное вещество к поршневому пальцу поступает в виде масляного тумана через отверстие в верхней головке шатуна и со стенок цилиндра (рис. 3). В мощных двигателях смазочный материал к поршневому пальцу подается через специальный маслопровод или отверстие в стержне (рис. 4).

Лист 340. Опоры скольжения транспортных и тяжелых машин. Особенность опоры скольжения (буксы) товарного вагона (рис. 1) — неполный охват шейки, применение дешевых антифрикционных сплавов и упрощенных способов смазывания. Нагрузка на цапфу

имеет постоянное направление, близкое к вертикальному. Это позволило предельно упростить конструкцию подшипника. Бронзовая армировка вкладыша увеличивает теплоотвод от антифрикционной заливки.

Подшипники прокатных станов (диаметры шеек 180... 1500 мм) выполняют в виде самостоятельных узлов-агрегатов (рис. 2). Это вызвано частой сменой валков. Агрегат состоит из корпуса 2, подушки *5,* цилиндрического вкладыша *3* с баббитовой или пластмассовой облицовкой, втулки / (цапфы), насаженной на коническую шейку *4.* Подшипники работают в особо тяжелых условиях. Смазка принудительная под давлением от специальной масляной станции, снабженной надежными фильтрами и системой стабилизации температуры масла.

Лист 341. Подшипники судовых систем и турбин. Судовые дейдвудные подшипники являются очень ответственными тяжелонагруженными опорами. Опоры выполняются в виде отдельно стоящих узлов (рис. 1). Они воспринимают осевые и радиальные нагрузки. Смазывание принудительное под давлением от специальной станции, имеющей систему стабилизации температуры и надежные фильтры. Осевой подшипник выполняется многоклиновым с самоустанавливающимися вкладышами-секторами.

Опоры скольжения паровых и газовых турбин (рис. 2, 3) работают при высоких скоростях скольжения (до нескольких десятков метров в секунду) при жестких требованиях к точности и стабильности положения валов в процессе работы. Подшипники, как правило, имеют возможность самоустановки. Для этого применяют втулки *1 с* наружной сферической поверхностью (рис. 3) либо самоустанавливающиеся вкладыши-сегменты 1, рис. 2. В последнем случае резко возрастает сопротивление подшипника возникновению самовозбуждающихся колебаний.

Лист 342. Подшипники паровых и газовых турбин. В качестве опор указанных машин применяются подшипники скольжения. Это обусловлено размерами машин, окружными скоростями на шейках валов, антивибрационными свойствами таких подшипников. Как правило, подшипники этих машин тяжелонагружены, и для их надежной работы требуется интенсивный теплоотвод. Это достигается применением эффективной системы принудительного смазывания (рис. 1 и 2) с системой охлаждения масла, располагаемой вне машины.

В некоторых случаях производят охлаждение рабочей зоны вкладыша прокачкой охлажденной воды через систему трубок, размещенных во втулке подшипника. В других случаях в верхнем вкладыше выполняют полости, улучшающие отвод тепла от шейки вала в масло и снижающие потери на трение. Для уменьшения трения в момент пуска в рабочую зону подшипника под большим давлением подается масло (рис. 1).

Упорный подшипник выполняют многоклиновым, чаще с самоустанавливающимися вкладышами-секторами (рис. 2). Это резко повышает несущую способность и надежность работы подшипника, позволяет сократить его размеры.

Листы 343, 344. Подшипники крупных гидрогенераторов. Осевые подшипники крупных гидрогенераторов выполняют исключительно в виде опор скольжения. Это вызвано их огромными размерами (диаметр до 4,5 м) и нагрузками, доходящими до нескольких тысяч тонн. К конструкциям подпятников предъявляют требования возможности точной установки подушек по высоте, так как опора корпуса подпятника деформируется, а толщина масляного слоя незначительна—сотые доли миллиметра. Особые требования предъявляют к теплоотводу (потери на трение достигают сотен киловатт).

Осевой подшипник с самоустанавливающимися подушками *1,* поджатие которых к диску производится установочным винтом 2, показан на листе 343. Круглая опора *3* под подушкой выполняет функции тарельчатой пружины. В масляной ванне подпятника также расположены подушки верхнего направляющего подшипника. Охлаждение масла производится маслоохладителями в ванне подпятника с циркулирующей по трубкам водой. Осевой подшипник (лист 344, рис. 3) отличается от описанного наличием упругих камер 2, на которые опираются подушки *3.* Внутренние полости камер соединены и образуют единую замкнутую гидравлическую систему. Осевой подшипник компенсирует деформации опоры и может работать при значительном осевом биении упорного диска. В случае внезапного падения давления в гидросистеме верхние части камер упрутся в специальные цилиндры 7, расположенные внутри камеры, и подпятник будет работать как обычный. При такой конструкции подпятника можно увеличить предельную нагрузку на опоре почти на 50%. При двухслойной подушке (тонкая верхняя часть и жесткая опора) исключено вредное влияние температурной деформации.

В вертикальных гидрогенераторах основная нагрузка воспринимается осевым подшипником, который не может нести радиальной нагрузки, поэтому такие агрегаты имеют направляющие подшипники, нагруженные силами дисбаланса ротора, радиальной составляющей магнитного притяжения и т. п. (рис. 2). Радиальные нагрузки по сравнению с осевыми имеют незначительную величину.

Для облегчения центровки вала крупные направляющие подшипники выполняются в виде отдельных самоустанавливающихся подушек с установочными винтами (рис. 1).

Лист 345. Подшипники крупных гидрогенераторов. Направляющий подшипник гидротурбины расположен непосредственно над рабочей камерой (рис. 1). В качестве смазочного материала применяется вода. Нагрузка в направляющих подшипниках относительно невелика и вызывается дисбалансом вращающихся частей турбины и неуравновешенными гидравлическими силами, действующими на рабочее колесо турбины. Закон изменения направления и величины нагрузки неизвестен, поэтому вкладыши делают с четырьмя и более отдельными рабочими поверхностями, разделенными вертикальными канавками. Вода, протекая по канавкам, смазывает поверхности трения

и отводит тепло. Вкладыш облицован резиной. Упругие свойства резины способствуют самоустановке вала в подшипниках и делают подшипник менее чувствительным к частицам песка, попадающим в воду, которые легко проходят по поверхности трения, не внедряясь в поверхность резины. Коэффициент трения вкладышей с резиновой облицовкой не превышает коэффициентов трения металлических вкладышей при смазке маслом.

Листы 346, 347. Рациональные схемы смазывания подшипников. Приведены рекомендуемые способы подвода смазочных материалов в зависимости от конструкции подшипника, направления действия нагрузки, расположения подшипника в пространстве (лист 346) и конструктивные схемы осевых подшипников, обеспечивающие поступление смазочных материалов в рабочую зону и образование надежного несущего слоя (лист 347). Схемы «а», приводимые на листе 347, применяются исключительно в неответственных, легко нагруженных подшипниках.

Схемы *«б»,* «в», «г» (лист 347) применяют для тяжелонагруженных ответственных осевых подшипников и обеспечивают надежность и долговечность опор.

Лист 348. Воздушные опоры высокоскоростного электрошпинделя. Применение подшипников с воздушным смазыванием, имеющих малые потери на трение, позволяет создавать машины и узлы, имеющие высокооборотные шпиндели и валы. На листе 348 изображен пневмошпиндель А50/100 конструкции ЭНИМС, шпиндель которого вращается с частотой (4... 100) 10^4 мин"[1]. Шпиндель 2 приводится во вращение турбиной *4* типа сегнерова колеса, работающей на сжатом воздухе давлением 0,35...0,5 МПа. Изменение частоты вращения производится регулятором с пульта питания. Высокотвердый стальной шпиндель (вал) с напрессованной на него турбиной вращается в подшипниках, смазываемых сжатым воздухом. Радиальные подшипники состоят из латунной обоймы *3,* в которую со значительным натягом запрессованы вкладыши *1* из углеграфита, пропитанного баббитом для устранения пористости. Конструкция обоймы позволяет подшипнику расширяться при нагреве, что исключает заклинивание вала.

Осевые подшипники 5 выполнены из пористого углеграфита. Несущие воздушные слои создаются в результате поступления подаваемого под давлением воздуха через поры в рабочий зазор.

Подача воздуха под давлением обеспечивает:

устранение сухого трения при пуске и остановке шпинделя;

подавление вибраций вала (типа полускоростного вихря) с одновременным увеличением несущей способности подшипника;

исключение возможности попадания абразива в рабочий зазор подшипника.

Лист 349. Электромагнитные опоры высокоскоростного электрошпинделя. Электрошпиндель представляет собой электродвигатель, питаемый током повышенной частоты, вал которого, являющийся в данном случае одновременно шпинделем металлорежущего станка, покоится в электромагнитных радиальных и осевых опорах. Шпиндель вращается с частотой до 50 000 мин"[1]. Каждая электромагнитная опора состоит из собственно подшипника и электронной системы, осуществляющей питание электромагнитов и управление положением вала-шпинделя в опоре.

Радиальный подшипник состоит из вала *1* с насаженной на него втулкой *4* из специального ферромагнитного материала, втулки-статора 5, охватывающего вал и несущего электромагниты, и датчиков *3,* контролирующих положение вала в переднем радиальном подшипнике. Последние расположены в специальных держателях, крепящихся к корпусу *6* электрошпинделя, и являются составной частью системы питания электромагнитов. Вал удерживается в центральном положении магнитным полем, создаваемым электромагнитами. Величина и направление действия магнитных сил регулируется датчиками 5, фиксирующими малейшее отклонение вала от центрального положения под действием внешних сил. В процессе работы вал практически непрерывно совершает колебания около своего центрального положения во втулке. Для исключения аварии (схватывания) опоры в периоды отказа системы управления, питания, при перегрузке и т. п. в опору встроен радиальный подшипник *2,* между внутренним кольцом которого и шейкой вала имеется зазор, равный половине величины рабочего зазора в электромагнитной опоре (втулке).

Осевой подшипник состоит из диска *8,* выполненного из ферромагнитного материала, укрепляемого на вале *1,* электромагнитов 7, охватывающих диск с обеих сторон и размещенных в корпусе электрошпинделя, и датчика *9* положения осевого подшипника. Последний крепится в специальной державке *10,* укрепляемой в корпусе электрошпинделя, и является составной частью системы питания электромагнитов. Вал удерживается в среднем положении магнитным полем, создаваемым электромагнитами. Величина и направление действия магнитных сил регулируются датчиком 9, фиксирующим отклонение вала от середины осевого зазора. Для исключения возможности повреждения опоры в периоды отказа систем управления, питания, при перегрузке и т. п. в заднюю опору встроены два радиально-упорных подшипника 11, между внутренними кольцами которых и торцами опорных буртов, имеющихся на валу, и шейкой вала имеются осевые и радиальные зазоры, равные половине величины рабочих зазоров в электромагнитной опоре. В случае смещения вала в опоре на величину, превышающую половину рабочего зазора, шарикоподшипники воспринимают нагрузку на себя.

Электрическая система питания и управления электромагнитами опоры представляет собой обычную систему автоматического регулирования. Система обеспечивает центральное положение вала в опоре. В процессе работы вал практически непрерывно колеблется около своего центрального положения во втулке радиального и опорных дисков осевого подшипника.

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ. ЛИСТЫ 350...378

В атласе приведены краткие сведения о подшипниках и сопряженных с ними деталях, необходимые конструктору при проектировании подшипниковых узлов. В выдержках из каталога-справочника [7] приведены данные о размерах и характеристиках наиболее распространенных подшипников, выпускаемых отечественной промышленностью. Рекомендации по выбору подшипников дополнены примерами расчетов. С учетом возможности применения ЭВТ кроме табличных значений расчетных величин даны формулы для их вычисления. При составлении таблиц использованы данные ГОСТов и ведомственных нормалей.

Лист 350. Классификация подшипников качения. Подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам: направлению воспринимаемых нагрузок, форме тел качения, числу рядов тел качения и по основным конструктивным особенностям.

Лучшие цилиндрические и конические ролики изготовляют в настоящее время с небольшой (7...30 мкм на сторону) выпуклостью поверхности качения (бомбиной) и со скругленными торцами. Подшипники с таким модифицированным контактом отличаются повышенной грузоподъемностью и меньшей чувствительностью к перекосам колец.

Кроме основных конструкций каждого типа подшипников изготовляют их разновидности: с канавками под упорное кольцо, с защитными шайбами, с дополнительными бортами, с коническим отверстием внутреннего кольца и другие.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Основное условное обозначение, дополнительные знаки и знак завода-изготовителя (например, ГПЗ-1) нанесены на торцовые поверхности колец подшипников. Основное условное обозначение составляется из цифр (максимальное число цифр — 7) и определяет внутренний диаметр подшипника, его серию, тип, конструктивную разновидность. Порядок отсчета цифр справа налево.

Для подшипников с внутренним диаметром 20...495 мм, за исключением радиально-упорных шариковых со съемным наружным кольцом, две крайние правые цифры обозначения являются частным от деления внутреннего диаметра в миллиметрах на пять, а за тем же исключением внутренние диаметры 10, 12, 15 и 17 мм обозначаются соответственно 00, 01, 02 и 03. Третья и седьмая цифры определяют размерную серию подшипников всех диаметров, кроме малых (до 9 мм включительно). Причем третья цифра обозначает серию диаметров, а седьмая — серию ширин. Но если седьмая цифра —0, то третья цифра определяет серию и по диаметру и по ширине подшипника.

Четвертая цифра обозначает тип подшипника:

шариковый радиальный однорядный	О
шариковый радиальный сферический	1
роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами	2
роликовый радиальный сферический	3
роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами	4
роликовый радиальный с витыми роликами	5
шариковый радиально-упорный	6
роликовый конический	7
шариковый упорный и шариковый упорно-радиальный	8
роликовый упорный и роликовый упорно-радиальный	9

Пятая или пятая с шестой цифрой обозначают конструктивную разновидность подшипников. В основном условном обозначении нули, стоящие левее последней значащей цифры, опускаются.

Кроме цифр основного обозначения слева и справа от него могут помещаться дополнительные знаки (буквенные или цифровые), обозначающие класс точности, группу радиального зазора, ряд момента трения и категорию подшипников (А, В. С). Так, например, класс точности подшипника обозначается цифрой слева через тире от основного обозначения.

Обозначения классов точности в порядке возрастания точности: О, 6Х, 6, 5, 4, 2, Т. Класс точности подшипника «О» не проставляется. Слева от обозначения класса точности могут быть проставлены дополнительно знаки, указывающие на то, что подшипник изготовлен по специальным требованиям к радиальному зазору и моменту трения. При наличии этих знаков обозначение класса точности «О» сохраняется.

Справа от основного обозначения могут стоять буквенные знаки, характеризующие материал деталей подшипника (например, буква Е обозначает, что сепаратор выполнен из пластических материалов, буква Ю--все детали или часть деталей изготовлены из нержавеющей стали), конструктивные изменения деталей подшипника обозначаются буквой К с цифрами; буквы Т, Tl, Т2...Т6 указывают на специальную термообработку деталей подшипника (температура отпуска соответственно 200, 225, 250...450 С).

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ПОДШИПНИКОВ И ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ

Шариковые радиальные однорядные подшипники основного типа--0000 предназначены для восприятия радиальных и ограниченных осевых нагрузок любого направления, являются одними из наиболее распространенных и дешевых подшипников. Грузоподъемность их ниже, чем у роликоподшипников равных размеров. Допускаемые углы взаимного перекоса колец (внутреннего относительно наружного) подшипников с нормальными радиальными зазорами при радиальной нагрузке — до 8' (см. лист 376). Конструктивные разновидности: 1) с двумя защитными шайбами (тип 80000) — заполняются пластичным смазочным материалом на заводе-изготовителе; 2) с канавками для ввода шариков без сепаратора (тип 900000) — обладают большей радиальной грузоподъемностью, чем

подшипники основного типа. Для восприятия осевых нагрузок не применяются, отличаются повышенным моментом трения и, следовательно, меньшей быстроходностью.

Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники. Основной тип—1000. Предназначены для восприятия радиальных нагрузок, но могут воспринимать и ограниченные осевые нагрузки любого направления. Радиальная грузоподъемность значительно меньше, чем у радиальных однорядных шарикоподшипников. Применяются в узлах с нежесткими валами и в конструкциях, в которых не может быть обеспечена надлежащая соосность отверстий в корпусах. Допускают значительные (до 4") взаимные перекосы колец. Конструктивная разновидность-с коническим отверстием и закрепительной втулкой (тип 11000 на листе 350 не показан). Эти подшипники можно устанавливать на гладких (без бортов) валах.

Роликовые радиальные подшипники с короткими цилиндрическими роликами. Основной тип — 2000. Конструктивные разновидности: 1) без бортов на внутреннем кольце (тип 32000); 2) с однобортовым внутренним кольцом (тип 42000); 3) с однобортовым внутренним кольцом и плоским упорным кольцом (тип 92000). Роликоподшипники отличаются большей грузоподъемностью, чем шарикоподшипники. Подшипники основного типа могут воспринимать только радиальную нагрузку. Борта на кольцах и торцовые шайбы воспринимают весьма ограниченные осевые нагрузки. Роликоподшипники допускают раздельный монтаж внутренних и наружных колец. Подшипники с модифицированным контактом допускают взаимные перекосы колец до 6' (без модификаций — до 2').

Двухрядные роликоподшипники (тип 182000) применяют обычно в опорах шпинделей для обеспечения высокой жесткости и точности вращения.

Роликовые радиальные подшипники с длинными цилиндрическими роликами. Основной тип — 4000. Конструктивная разновидность— двухрядный без бортов на внутреннем кольце (тип 794000). Подшипники с длинными роликами отличаются от подшипников с короткими роликами большей грузоподъемностью и значительно меньшей быстроходностью.

Игольчатые роликоподшипники. Основной тип — 74000. Конструктивные разновидности (на листе 350 не показаны): 1) с одним наружным штампованным кольцом (тип 940); 2) с одним наружным кольцом (карданные — тип 804000); 3) с одним наружным кольцом (тип 24000). Игольчатые роликоподшипники отличаются большой радиальной грузоподъемностью при малых радиальных габаритах. Осевые нагрузки воспринимать не могут и осевое положение вала не фиксируют. Большинство конструкций изготовляют без сепараторов. Рекомендуются для применения в узлах, работающих при колебательном движении вала или при малых частотах вращения. Игольчатые подшипники с сепараторами могут работать при сравнительно высоких частотах вращения. Весьма чувствительны к взаимным перекосам колец (однорядные без модификации профиля допускают перекосы до Г, с модификацией до 4').

Роликоподшипники радиальные сферические двухрядные. Основной тип — 3000. Отличаются от радиальных сферических двухрядных шарикоподшипников значительно меньшей быстроходностью, большей грузоподъемностью, но сложнее в изготовлении и дороже.

Роликовые радиальные подшипники с витыми роликами. Основной тип — 5000. Применяются для восприятия радиальных нагрузок в неответственных узлах при малых частотах вращения и ярко выраженной ударной нагрузке.

Шарикоподшипники радиально-упорные однорядные. Основные типы: 36000, 46000, 66000. Отличаются расчетным углом контакта alfa (a =12, 26 и 36^{e} соответственно). Конструктивные разновид-ности: 1) со съемным наружным кольцом (тип 6000), 2) сдвоенные (типы 436000, 446000, 466000, 336000, 346000, 366000, 236000, 246000, 266000). Эти подшипники предназначены для восприятия комбинированных радиально-осевых нагрузок.

Подшипники типов 6000, 36000, 46000 и 66000 могут воспринимать осевые нагрузки только одного направления; работать только при радиальной нагрузке без осевой не могут.

При определении осевых нагрузок на опоры следует учитывать осевые силы, возникающие под действием радиальных нагрузок из-за наклона контактных линий. Чем меньше угол контакта, тем больше радиальная и меньше осевая жесткость и грузоподъемность подшипников. С ростом угла контакта снижается предельная быстроходность из-за отрицательного влияния гироскопического эффекта.

Для восприятия осевых нагрузок любого направления и двусторонней фиксации вала эти подшипники устанавливают на валу попарно, причем при сборке узла их необходимо регулировать для получения примерно нулевого зазора между шариками и желобами колец при установившемся температурном режиме. В некоторых машинах (например, в станках) путем регулировки парные подшипники собирают с предварительным натягом, благодаря которому повышается жесткость опор и точность вращения. Подшипники с разъемными внутренними кольцами типа 176000 воспринимают осевые нагрузки любого направления, обеспечивают точную осевую фиксацию валов. Эти подшипники не надо регулировать при сборке.

Радиально-упорные подшипники отличаются от радиальных большим числом шариков, поэтому их жесткость и грузоподъемность выше. Допустимые взаимные перекосы колец до 4...6' (большие значения — при малых углах контакта).

Сдвоенные радиально-упорные подшипники специально комплектуют и дорабатывают на заводе-изготовителе, регулировка их при сборке узла не требуется; взаимозаменяемы только полные комплекты, но не отдельные подшипники. Сдвоенные подшипники типов 336000, 346000, 366000 и особенно 236000, 246000, 266000 обеспечивают высокую жесткость опоры по отношению к угловому перемещению при прогибе вала.

Шариковые радиально-упорные двухрядные подшипники. Основной тип — 56000. Для обеспечения высокой жесткости опоры подшипники изготовляют с предварительным натягом. Могут воспринимать радиальные, осевые и комбинированные нагрузки.

Роликовые конические подшипники. Основной тип — 7000. Конструктивные разновидности (на листе 350 указаны только типы 67000, 97000): 1) с упорным бортом на наружном кольце (тип 67000); 2) с большим углом конуса (тип 27000); 3) двухрядные с цельным наружным кольцом и двумя внутренними кольцами (тип 97000); 4) четырехрядные (тип 77000).

Угол конуса: нормальный — 10...16 , большой — 21...27°. Однорядные конические подшипники необходимо регулировать при сборке. Двухрядные и четырехрядные регулировать не требуется. Роликовые конические подшипники отличаются от шариковых радиально-упорных подшипников большей грузоподъемностью, меньшими точностью и предельной частотой вращения. Стоимость этих подшипников обычно ниже, чем стоимость шариковых радиально-упорных.

В узлах с роликовыми коническими подшипниками должна быть предусмотрена регулировка осевого зазора подшипников. Допускают раздельный монтаж наружного кольца и внутреннего кольца с комплектом роликов. Подшипники с модифицированным контактом (бомбиной) допускают взаимные перекосы колец до 4' (без модификации — до 2', а с модификацией контакта на рабочей поверхности наружного кольца — до 8').

Шарикоподшипники упорные. Основной тип — 8000. Конструктивная разновидность — двойной упорный (тип 38000). Упорные шарикоподшипники воспринимают только осевые нагрузки, лучше работают на вертикальных валах. Очень чувствительны к точности монтажа, допускают взаимный перекос колец до 2'. Из-за отрицательного действия гироскопического эффекта применяются при значительно меньшей, чем у других шарикоподшипников, частоте вращения.

Роликоподшипники упорные. Основной тип — 9000. Конструктивная разновидность — двойной упорный (тип 59000). Применяются для восприятия только осевой нагрузки главным образом на вертикальных валах с малыми частотами вращения. Характеризуются весьма высокой грузоподъемностью. Очень чувствительны к перекосам колец (допустимый перекос —до Г).

Шариковые упорно-радиальные подшипники (тип 168000). Предназначены для восприятия осевых, но могут воспринимать и небольшие радиальные нагрузки. Угол наклона контактной линии 45...60". Применяются при небольших частотах вращения. Менее, чем упорные шариковые, чувствительны к взаимному перекосу колец (допустимый перекос до 4').

Роликовые упорно-радиальные сферические подшипники (тип 9039000). Способны воспринимать наряду с осевыми небольшие радиальные нагрузки. Допускают значительный взаимный перекос колец (до 3°)-

Листы 351...356. Общий вид деталей подшипников качения. Приведены шариковые радиальные однорядные, шариковые радиальные сферические двухрядные, роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами, шариковые радиально-упорные однорядные, роликовые конические однорядные и шариковые упорные однорядные подшипники.

Проектирование подшипников выполняется специализированными конструкторскими бюро. В настоящее время при проектировании особо напряженных узлов появилась тенденция к объединению деталей подшипника с прочими деталями узла. Например, дорожка качения может быть выполнена непосредственно на валу, что повышает прочность вала в этом сечении без увеличения общих габаритов.

При проектировании подобных узлов конструктор должен располагать или рабочими чертежами деталей подшипников, или данными о конструктивных соотношениях и требованиях к твердости, точности и шероховатости поверхностей этих деталей.

Шероховатость рабочих поверхностей (дорожек качения) выбирается по нормам, принятым в подшипниковой промышленности, и зависит от класса точности, типа подшипника и его габаритов.

Шероховатость торцов и посадочных поверхностей колец по ГОСТ 520—89 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» приведена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование поверхностей	Класс точности	Шероховатость Ra (по ГОСТ 2789 73). мкм. не более. для номинальных диаметров посадочных поверхностей колец подшипников. мм		
		До 80	св. 80 до 250	св. 250 до 500
Посадочная поверхность внутреннего кольца подшипника	0	1.25	1,25	2,5
	6 и 5	0,63	1,25	1,25
	4 и 2	0,32	0,63	0,63
Посадочная поверхность наружного кольца подшипника	0	0,63	1,25	1,25
	6 и 5	0,32	0,63	0,63
	4 и 2	0,32	0,63	0,63
Поверхность торцов колец подшипников	0	2,5	2,5	2,5
	6 и 5	1 25	1,25	2 5
	4 и 2	0,63	0,63	1,25

Твердость колец и роликов, предназначенных для работы при температурах до 100 С, должна быть в пределах:

из стали марок ШХ15 и 18ХГТ -- 62...66 $HRC_Э$,
из стали марки ШХ20СГ -61...65 $HRC_Э$,
из стали марки ШХ15СГ -61...65 $HRC_Э$,

при этом для колец толщиной более 35 мм и роликов диаметром более 55 мм — 59...63 $HRC_Э$

из стали марки 20Х2Н44А — 59...66 $HRC_Э$.

Листы 357...362. Основные размеры и характеристики подшипников. В атласе приведены данные по наиболее распространенным радиальным и радиально-упорным подшипникам.

В процессе проектирования конструктор должен выбрать тип, конструктивную разновидность и габаритные размеры подшипников. Среди большого разнообразия типов подшипников не всегда легко найти подходящий. Для этого необходимо четко знать характеристики подшипников и рекомендации по их применению. Рекомендуется прежде всего рассмотреть возможность использования дешевых и простых в эксплуатации радиальных однорядных шарикоподшипников. Применение других типов подшипников должно быть оправдано условиями эксплуатации, например требованием большего ресурса, потребностью повышенной жесткости, необходимостью компенсировать значительные перекосы осей валов и другие.

При выборе типа и размера подшипника для заданных условий работы необходимо учитывать:

1. Величину и направление нагрузки (радиальная, осевая, комбинированная).
2. Характер нагрузки (постоянная, переменная, вибрационная, ударная).
3. Какое из колец подшипника вращается (внутреннее или наружное), его частоту вращения.
4. Необходимый ресурс (в часах или миллионах оборотов) и надежность.
5. Состояние окружающей среды (температура, влажность, запыленность). Обычные подшипники, изготовленные по нормам ГОСТ 520-89, предназначены для использования при рабочих температурах, измеренных на наружном кольце, до 100 С. Подшипниковые кольца и тела качения по этим нормам закаливаются и проходят отпуск при температуре 150 С. При рабочих температурах выше 120 С в металле происходят необратимые структурные изменения с распадом остаточного аустенита, что приводит к изменению размеров деталей. Для работы при повышенных и высоких температурах следует применять подшипники со специальной стабилизирующей термообработкой или изготовленные из теплостойких сталей. Отпуск таких деталей производят при температурах, на 50 С превышающих рабочую. Условные обозначения таких подшипников дополнены справа знаками Т, Тl, Т2.....
6. Особые требования к подшипникам, вытекающие из условий их эксплуатации (самоустанавливаемость, способность допускать осевое перемещение вала, условия монтажа, требования к жесткости и точности вращения, момент трения, шумность).
7. Желательные размеры подшипника (посадочные размеры вала, диаметр отверстия в корпусе, ширина).
8. Стоимость подшипника и узла в целом.

Если нет особых требований к частоте и точности вращения, применяют подшипники класса точности 0 по ГОСТ 520—89.

Наметив тип и конструктивную разновидность подшипника, выполняют расчет его на статическую грузоподъемность или на заданные ресурс (долговечность) и надежность. В результате этих расчетов подбирают подшипник по каталогу.

Расчеты начинают с определения реакций в опорах.

Вал на подшипниках, установленных по одному в опоре, условно рассматривают как балку на шарнирно-подвижных опорах или как балку с одной шарнирно-подвижной и одной шарнирно-неподвижной опорой. Принимают, что радиальные реакции *(F_r)* приложены к оси вала в точках пересечения с ней нормалей, проведенных к серединам контактных площадок на наружных кольцах. Если в одной опоре установлены два подшипника, то задача оказывается статически неопределимой. Точное решение этой задачи весьма затруднительно, поэтому в инженерной практике обычно основываются на упрощающих предпосылках. Так, при длинных валах (l/d>=10) при установке сдвоенных радиально-упорных подшипников в одной опоре можно считать радиальную нагрузку приложенной в средней плоскости сдвоенных подшипников.

При выполнении расчетов и конструировании приходится применять метод последовательных приближений: вначале размеры подшипников и места их расположения намечают на чертеже приближенно, затем, после подбора подшипников, уточняют чертеж и расчет. В ряде случаев направление вращения может быть переменным или неопределенным, причем изменение направления вращения может привести к изменению не только направления, но и значений реакций в опорах. Некоторые нагрузки, например нагрузка на вал от муфты, могут иметь неопределенное направление. Во всех случаях при расчете реакций в опорах рассматривают опасный случай. Возможная ошибка при этом приводит к повышению надежности. Если известен закон изменения нагрузок, то расчеты выполняют по эквивалентной динамической радиальной *(Рэг)* или эквивалентной динамической осевой *(Рэа)* нагрузкам, метод расчета которых приведен ниже (формула 6).

При установке вала на двух радиальных или радиально-упорных подшипниках нерегулируемых типов внешнюю осевую нагрузку на вал *(Fa)* воспринимает один из них, причем в том направлении, в котором он ограничивает осевое перемещение вала.

При определении осевых нагрузок на радиально-упорные подшипники регулируемых типов следует учитывать осевые силы, возникающие под действием радиальных нагрузок из-за наклона контактных линий. Задача о нахождении осевых реакций в опорах *(F_a)* является в этом случае статически неопределимой, так как значения этих сил зависят и от осевых составляющих радиальных нагрузок, а следовательно, от типа подшипника (шариковый, роликовый), углов наклона контактных линий, значений радиальных нагрузок, а также от того, как отрегулированы подшипники. Если

подшипники собраны с большим зазором, то всю нагрузку будет воспринимать только один (или два) шарика или ролика. Осевая составляющая от радиальной нагрузки при этом будет равна $F_r tg$ а. Условия работы подшипников при таких больших зазорах крайне неблагоприятны, и поэтому такие зазоры недопустимы. Обычно подшипники регулируют так, чтобы осевая игра при установившемся температурном режиме была близка к нулю. В этом случае при действии на подшипник радиальной силы под нагрузкой будет находиться примерно половина тел качения, а суммарная по всем нагруженным телам качения осевая составляющая будет равна произведению $e'F_r$, где $e'=0{,}83e$ —для конических роликоподшипников (см. листы 361, 362); $e'=e$ для радиально-упорных шарикоподшипников при $\alpha \geqslant 18°$ (см. лист 360).

При определении e' для радиально-упорных шарикоподшипников с малыми номинальными углами контакта ($\alpha=12$) необходимо учитывать изменение этих углов под действием осевой нагрузки. Для этих подшипников e' можно определить по формуле

$$e'=0{,}563\left(\frac{F_r}{C_{0r}}\right)^{0.195}, \qquad (1)$$

где C_{0r} — базовая статическая радиальная грузоподъемность, или по рис. 1. Как следует из сказанного выше, произведение $e'F_r$ представляет собой минимальную осевую силу F_{Amin}, которая должна действовать на радиально-упорный регулируемый подшипник при заданной радиальной нагрузке. Сила эта возникает в месте контакта наружного кольца подшипника с крышкой корпуса. При отсутствии упора кольца в крышку оно будет отжато в осевом направлении, что приведет к нарушению нормальной работы подшипника. Таким образом, для нормальных условий работы этих подшипников должно выполняться условие

$$F_A \geqslant e'F_r = F_{a\min}.$$

Если $F_A \geqslant e'F_r$, то более половины или все тела качения подшипника оудут находиться под нагрузкой. Жесткость опоры с ростом осевой нагрузки увеличивается, и поэтому в некоторых опорах (например, в опорах шпинделей станков) применяют сборку с предварительным натягом. В этом случае за минимальную принимают несколько большую осевую силу, например $1{,}7\mathrm{tg}\,\alpha F_r$. Предварительный натяг применяется и в упорных шарикоподшипниках для предотвращения гироскопического верчения шариков.

С учетом сказанного, при нахождении осевых реакций следует исходить из условия равновесия всех осевых сил, действующих на вал, и условия ограничения минимального уровня осевых нагрузок на радиально-упорные подшипники, которое обеспечивается правильной регулировкой подшипников при сборке узла вала.

Так, для схемы, изображенной на рис. 2, составляются три уравнения:

$$F_A+F_{a1}-F_{a2}=0; \qquad F_{a1}\geqslant e'F_{r1}; \quad F_{a2}\geqslant e'F_{r2}.$$

Для нахождения решения в одной из опор осевая сила принимается равной минимальной: $F_a=e'F_r$.

Задаемся $F_{a1}=e'F_r$, тогда $F_{a2}=F_A+F_{a1}=F_A+e'F_r$. Если при этом $F_{a2}\geqslant e'F_{r2}$, то осевые силы найдены правильно. Если $F_{a2}<e'F_{r2}$, то следует принять $F_{a2}=e'F_{r2}$ и тогда $F_{a1}=F_{a2}-F_A=e'F_{r2}-F_A$, причем условие $F_{a1}\geqslant e'F_{r1}$ будет обязательно выполнено.

Расчеты подшипников на заданные ресурс (долговечность) и надежность по ГОСТ 18855—82 (СТ СЭВ 2793—80).

Одним из основных видов разрушения подшипников является усталостное изнашивание поверхностей качения в результате выкрашивания. Расчеты на долговечность (ресурс) основываются на экспериментальных данных, обработанных методами математической статистики, причем под долговечностью понимается свойство объекта сохранять работоспособность до предельного состояния, оговоренного в технической документации. Показателями долговечности могут служить ресурс или срок службы. Ресурс подшипника это наработка до предельного состояния, выраженная в миллионах оборотов или часах, а срок службы подшипника -календарная продолжительность его эксплуатации до момента наступления предельного состояния, выраженная в годах, месяцах, сутках, часах. Срок службы включает наработку изделия и время простоев.

При использовании данных, приведенных на листах 357...362, расчет подшипников следует выполнять только по скорректированной расчетной долговечности.

Скорректированная расчетная долговечность (ресурс) в миллионах оборотов при вероятности безотказной работы 90% шариковых подшипников

$$(2) \qquad L_{10a}=a_{23}\left(\frac{C}{P}\right)^3;$$

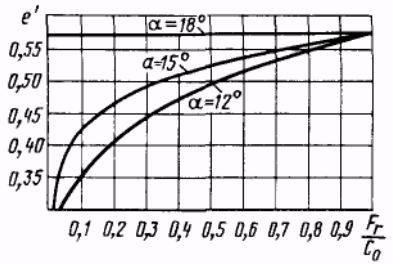


Рис. 1

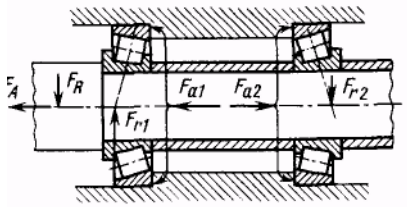


Рис. 2

роликовых подшипников

$$L_{10a}=a_{23}\left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}, \qquad (3)$$

где a_{23} — коэффициент (значения см. в табл. 2), характеризующий совместное влияние качества металла деталей подшипника и условий эксплуатации (наличие гидродинамической пленки масла между контактирующими поверхностями колец и тел качения, величина перекосов колец и др.) на ресурс подшипника; C — базовая динамическая грузоподъемность подшипника (C_r — радиальная или C_a — осевая); P — эквивалентная динамическая нагрузка (P_r — радиальная или P_a — осевая, а при переменных режимах работы — $P_{эr}$ или $P_{эa}$).

Скорректированный расчетный ресурс подшипника в часах

$$L_{10ah}=\frac{10^6}{60n}L_{10a}. \qquad (4)$$

Формулы (2) и (3) справедливы при частоте вращения от 10 мин$^{-1}$ до предельной по каталогу ($n_{пред}$), а также если P_r (или P_a) не превышает $0{,}5C_r$ (или $0{,}5C_a$).

Таблица 2

Тип подшипника	Значение коэффициента a_{23} для условий		
	1	2	3
Шарикоподшипники (кроме сферических)	0,7...0,8	1,0	1,2...1,4
Роликоподшипники с цилиндрическими роликами, шарикоподшипники сферические двухрядные	0,5...0,6	0,8	1,0...1,2
Роликоподшипники конические	0,6...0,7	0,9	1,1...1,3
Роликоподшипники сферические двухрядные	0,3...0,6	0,6	0,8...1,0

Примечание. По справочнику-каталогу [1] рекомендуется три вида условий использования коэффициента a_{23}:

1) обычные условия применений подшипников;

2) условия, характеризующиеся наличием гидродинамической пленки масла между контактирующими поверхностями колец и тел качения (Л>=2,5) и отсутствием повышенных перекосов в узле;

3) условия второго вида при изготовлении колец и тел качения из электрошлаковой или вакуумной сталей.

Рекомендуемые значения ресурсов подшипников различных машин в часах:

Приборы и аппараты, используемые периодически (демонстрационная аппаратура, бытовые приборы)	500
Механизмы, используемые в течение коротких периодов времени (сельскохозяйственные машины, подъемные краны в сборочных цехах, легкие конвейеры)	4000
Ответственные механизмы, работающие с перерывами (вспомогательные механизмы на силовых станциях, конвейеры для поточного производства, лифты, нечасто используемые металлообрабатывающие станки)	8000
Машины односменной работы с неполной нагрузкой (стационарные электродвигатели, редукторы общего назначения)	12000
Машины, работающие с полной нагрузкой в одну смену (машины общего машиностроения, подъемные краны, вентиляторы, распределительные валы)	20000
Машины для круглосуточного использования (компрессоры, насосы, шахтные подъемники, стационарные электромашины, судовые приводы)	40000
Непрерывно работающие машины с высокой нагрузкой (оборудование бумагоделательных фабрик, энергетические установки, шахтные насосы, оборудование торговых морских судов)	100000

По определению ГОСТ 18855—82, базовая динамическая радиальная (осевая) грузоподъемность — постоянная радиальная (осевая) нагрузка, которую подшипник качения может воспринимать при базовой долговечности, составляющей один миллион оборотов. Следует отметить условность этого определения, так как эта нагрузка слишком большая и соответствует теоретическому участку кривой усталости, для которого расчетные зависимости *2* и *3* фактически несправедливы.

Значения $C_г$, приведенные на листах 357...362, взяты из справочника-каталога [1], для которого они были подсчитаны по методике ГОСТ 18855—82.

При расчете базовой динамической радиальной грузоподъемности узла, состоящего из сдвоенных радиальных или радиально-упорных однорядных подшипников, пара одинаковых подшипников рассматривается как один двухрядный. Суммарная базовая динамическая радиальная грузоподъемность комплекта из двух шарикоподшипников $C_{г\,сум} = C_г\, i^{0,7} = C_г \cdot 1{,}625$, а двух (i=2) роликоподшипников $C_{г\,сум} = C_г i^{7/9} = C_г * 1{,}714$.

Под эквивалентной динамической радиальной нагрузкой радиальных и радиально-упорных подшипников подразумевают такую постоянную радиальную нагрузку, которая при приложении к подшипнику с вращающимся внутренним и неподвижным наружным кольцами обеспечит такие же ресурс и надежность, как и при действительных условиях эксплуатации. Формулы для определения приведены на листах 357...361.

В этих формулах: $K_б$ — коэффициент безопасности (табл. 3); $K_т$ — коэффициент температурный. Как было сказано выше, обычные подшипники предназначены для работы при температуре до 100 С. Для этих условий $K_m = 1$. Расчет с использованием $Km > 1$ применяется в основном для подшипников из сталей типа ШХ15 с высоким отпуском (200° и выше). Эти подшипники отличаются пониженной твердостью и отмечены специальным знаком в условном обозначении. При температурах выше 100° С рекомендуется применять

подшипники с температурой отпуска, превышающей на 50...60° С рабочую температуру (t), измеренную на наружном кольце. Значения $K_т$ для этих подшипников можно определить по формуле

$$K_т = 0{,}66 + \frac{100}{400 - t}. \qquad (5)$$

V — коэффициент вращения. При вращении, относительно направления радиальной нагрузки, внутреннего кольца подшипника $V = 1$, при вращении наружного $V = 1{,}2$.

В случае использования нержавеющих сталей и других, для которых твердость 60...65 $HRC_э$ недостижима, снижение грузоподъемности заложено в самих значениях базовой динамической грузоподъемности.

Таблица 3

Вид нагружения	$K_б$	Область применения
Спокойная нагрузка без толчков	1,0	Маломощные кинематические редукторы и приводы. Механизмы ручных кранов и блоков. Тали, кошки, ручные лебедки. Приводы управления
Легкие толчки; кратковременные перегрузки до 125% номинальной (расчетной) нагрузки	1,0...1,2	Прецизионные зубчатые передачи. Металлорежущие станки (кроме строгальных, долбежных и шлифовальных). Гироскопы. Механизмы подъема кранов. Электротали и монорельсовые тележки. Лебедки с механическим приводом. Электродвигатели малой и средней мощности. Легкие вентиляторы и воздуходувки
Умеренные толчки; вибрационная нагрузка; кратковременные перегрузки до 150% номинальной (расчетной) нагрузки	1,3...1,5	Зубчатые передачи. Редукторы всех типов. Буксы рельсового подвижного состава. Механизмы передвижения крановых тележек. Механизмы поворота кранов. Механизмы изменения вылета стрелы кранов. Шпиндели шлифовальных станков. Электрошпиндели
Нагрузки со значительными толчками и вибрациями; кратковременные перегрузки до 200% номинальной (расчетной) нагрузки	1,8...2,5	Зубчатые колеса. Дробилки и копры. Кривошипно-шатунные механизмы. Валки и адъюстаж прокатных станов. Мощные вентиляторы и эксгаустеры
Нагрузки с сильными ударами; кратковременные перегрузки до 300% номинальной (расчетной) нагрузки	2,5...3,0	Тяжелые ковочные машины. Лесопильные рамы. Холодильное оборудование. Рабочие роликовые конвейеры крупносортных станов, блюмингов и слябингов

РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ НАГРУЗОК ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Если нагружение подшипника задано циклограммой нагрузок, в которой приведены соответствующие этим нагрузкам значения частот вращения, то циклограммы следует схематизировать и представлять в упрощенном виде (рис. 3). Здесь $L_{10,1}$; $L_{10,2}$... — потребные ресурсы.

Эквивалентная динамическая радиальная нагрузка при переменном режиме работы для шарико- и роликоподшипников

$$P_{эr} = \sqrt[3]{\frac{P_{r1}^3 L_{10,1} + P_{r2}^3 L_{10,2} + \ldots + P_{rn}^3 L_{10,n}}{L_{10}}}, \qquad (6)$$

где $L_{10} = L_{10,1} + L_{10,2} + \ldots + L_{10,n}$.

Если ресурс на каждом режиме задан в часах, то его пересчитывают на миллионы оборотов:

$$L_{10,1} = \frac{60 n_i L_{10hi}}{10^6}. \qquad (7)$$

Если нагрузка на подшипник меняется по линейному закону от $P_{r\min}$ до $P_{r\max}$, то эквивалентная динамическая радиальная нагрузка

$$P_{эr} = (P_{r\min} + 2P_{r\max})/3. \qquad (8)$$

Эквивалентная динамическая осевая нагрузка $P_{эa}$ подсчитывается по аналогичным формулам с заменой P_r на P_a.

При подборе подшипников по каталогу на заданные ресурс и надежность, если на подшипник действуют одновременно радиальная и осевая нагрузки, прибегают к методу последовательных приближений: задаются подшипником, затем рассчитывают его скорректированный ресурс при принятой надежности и сравнивают расчетный ресурс с потребным. В случае необходимости производят перерасчет, принимая подшипник другой серии. Начинать выбор целесообразно с легких узких серий.

При действии на подшипник только радиальной или только осевой силы расчет упрощается.

Преобразуя формулы (2) и (3), определяют потребную базовую динамическую грузоподъемность подшипника:

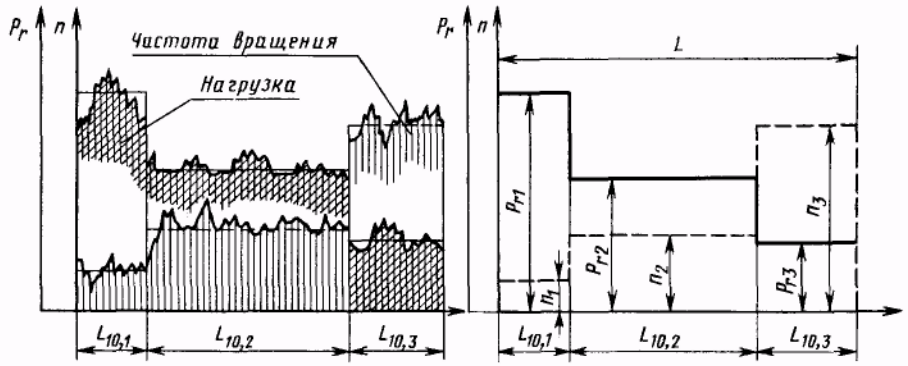


Рис. 3

для шарикоподшипников $C=\left(\frac{L_{10a}}{a_{23}}\right)^{1/3}P$;

для роликоподшипников $C=\left(\frac{L_{10a}}{a_{23}}\right)^{0,3}P$.

По потребной базовой динамической грузоподъемности подбирают по каталогу подшипник нужного размера. Применять подшипники, базовая динамическая грузоподъемность которых меньше потребной, не следует, так как при заданном ресурсе вероятность их безотказной работы будет меньше 90%.

РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ НА ЗАДАННЫЙ РЕСУРС ПРИ ПОТРЕБНОСТИ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

В некоторых случаях подшипники особо ответственных узлов следует рассчитывать при повышенных уровнях надежности (s от 0,91 до 0,99), т. е. при вероятности безотказной работы от 91 до 99%.

Скорректированный расчетный ресурс (долговечность) шариковых подшипников при повышенном уровне надежности (в миллионах оборотов)

$$L_{na}=a_1a_{23}\left(\frac{C}{P}\right)^3; \qquad (11)$$

роликовых подшипников

$$L_{na}=a_1a_{23}\left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}. \qquad (12)$$

Скорректированный расчетный ресурс в часах

$$L_{nah}=\frac{10^6}{60n}L_{na}. \qquad (13)$$

Здесь индекс n означает, что вероятность безотказной работы равна $(100-n)\%$.

Коэффициент надежности

$$a_1=\left(\frac{\lg s}{\lg 0,9}\right)^{1/k}, \qquad (14)$$

где k — параметр формы кривой распределения Вейбулла, который по рекомендации *ISO* принят равным 1,5 для шарико- и роликоподшипников. Значения a_1 в функции требуемой вероятности безотказной работы принимают следующие значения:

Вероятность безотказной работы, %	90	95	96	97	98	99
L_{na}	L_{10a}	L_{5a}	L_{4a}	L_{3a}	L_{2a}	L_{1a}
a_1	1,00	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21

Подшипники выбирают или проверяют по статической грузоподъемности, если они воспринимают внешнюю нагрузку в неподвижном состоянии или при частоте вращения до 10 мин$^{-1}$, а также если $P_r>0,5C_r$. Подшипники, работающие при частоте вращения $n\geqslant 10$ и резко переменных нагрузках, следует также проверять на статическую грузоподъемность.

При частоте вращения до 10 мин$^{-1}$, если при этом не требуется плавность хода, а ресурс подшипника невелик, допускается кратковременное повышение нагрузки до $2C_{0r}$ или $2C_{0a}$. Если требуется высокая плавность хода и стабильность момента трения при указанной выше малой частоте вращения, то рекомендуется уменьшить допускаемую статическую нагрузку до C_{0r}/ξ и C_{0a}/ξ. При этом коэффициент запаса для упорных подшипников крановых крюков и подвесов $\xi=1,5$; для приборных прецизионных поворотных устройств $\xi=2,0$; для ответственных тяжелонагруженных опор и поворотных кругов $\xi=4,0$.

Для работы с повышенной надежностью рекомендуется применять подшипники повышенных классов точности.

РАСЧЕТЫ ПОДШИПНИКОВ НА СТАТИЧЕСКУЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ ПО ГОСТ 18854—82

Допустимая общая остаточная деформация в месте контакта наиболее нагруженного тела качения с дорожкой качения не должна превышать 0,0001 диаметра тела качения. Для шариковых подшипников, а также для роликовых подшипников с линейным контактом по всей длине образующей эта деформация возникает при приложении эквивалентной статической нагрузки P_{0rr}, равной базовой статической грузоподъемности C_{0r}. Таким образом, для нормальной работы подшипников должно выполняться условие

$$P_{0r}\leqslant C_{0r}.$$

Значения C_{0r}, приведенные на листах 357...362, взяты из справочника-каталога [1], для которого они были подсчитаны по методике ГОСТ 18854-82. Базовая статическая радиальная грузоподъемность для двух одинаковых однорядных радиальных или радиально-упорных подшипников, установленных рядом на одном валу и образующих общий подшипниковый узел при расположении широкими или узкими торцами друг к другу, равна удвоенной базовой статической грузоподъемности одного однорядного подшипника.

Эквивалентная статическая радиальная нагрузка—статическая радиальная нагрузка, вызывающая такую же общую остаточную деформацию тела качения и дорожки качения в наиболее нагруженной зоне контакта, что и деформация, в условиях действительной нагрузки. P_{0r} при переменном режиме нагружения определяют по наибольшей нагрузке. Формулы для подсчета P_{0r} приведены на листах 357...361.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

Пример 1. Подобрать подшипники для вала конической шестерни по рис. 4 (здесь и далее все силы условно показаны в одной плоскости).

Дано: $d=35$ мм, $F_{r1}=5400$ Н, $F_{r2}=2000$ Н, $F_A=500$ Н, $n=1250$ мин$^{-1}$, потребный ресурс $L_{10}=6500$ ч, $V=1$, $K_б=1{,}3$, $K_т=1$.

Расчет. 1. Задаемся подшипником 7507, у которого $d=35$ мм, $D=72$ мм, $T=24{,}25$ мм, $b=23$ мм, $c=20$ мм, $C_r=53000$ Н, $C_{0r}=40000$ Н, $e=0{,}35$, $Y=1{,}73$ при $F_a/(VF_r)>e$, $n_{пред}=7000$ мин$^{-1}$ при жидком смазочном материале.

2. Определяем минимальные осевые нагрузки для подшипников:

$$e'=0{,}83e=0{,}83\cdot 0{,}35=0{,}29;$$

$$F_{a\min 1}=e'F_{r1}=0{,}29\cdot 5400=1566 \text{ Н};$$

$$F_{a\min 2}=e'F_{r2}=0{,}29\cdot 2000=580 \text{ Н}.$$

3. Определяем осевые реакции в опорах.

Принимаем, что $F_{a1}=F_{a\min 1}=1566$ Н, тогда из условия равновесия $F_{a2}=F_{a1}-F_A=1566-500=1066$ Н, что больше, чем $F_{a\min 2}$, следовательно, реакции найдены правильно.

4. Определяем эквивалентные нагрузки:

для первой опоры

$$F_{a1}/(VF_{r1})=1566/(1\cdot 5400)=0{,}29<e,$$

$$P_{r1}=VF_{r1}K_бK_т=1\cdot 5400\cdot 1{,}3\cdot 1=7020 \text{ Н};$$

для второй опоры

$$F_{a2}/(VF_{r2})=1066/(1\cdot 2000)=0{,}53>e,$$

$$P_{r2}=(0{,}4VF_{r2}+YF_{a2})K_бK_т=(0{,}4\cdot 1\cdot 2000+1{,}73\cdot 1066)1{,}3\cdot 1=3437 \text{ Н}.$$

5. Определяем скорректированный расчетный ресурс принятых подшипников. Расчет выполняем по 1-й, более нагруженной опоре в миллионах оборотов

$$L_{10a}=a_{23}\left(\frac{C_r}{P_{r1}}\right)^{10/3}=(0{,}6\ldots 0{,}7)\left(\frac{53\,000}{7020}\right)^{10/3}=506{,}5\ldots 591.$$

Принято $a_{23}=0{,}6\ldots 0{,}7$ для обычных условий эксплуатации (см. табл. 2).

6. Определяем скорректированный расчетный ресурс принятого подшипника в часах

$$L_{10ah}=\frac{10^6}{60n}L_{10a}=\frac{10^6}{60\cdot 1250}(506{,}5\ldots 591)=6753\ldots 7880 \text{ ч}.$$

Подшипник пригоден. При заданном ресурсе надежность подшипника будет несколько выше 90%.

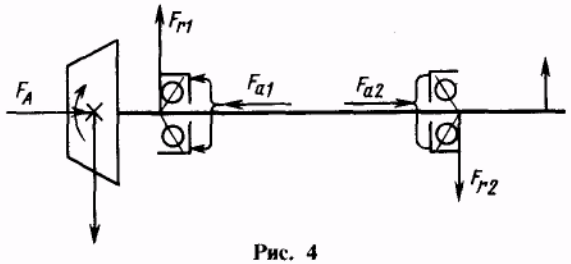


Рис. 4

Пример 2. Подобрать подшипники для вала червяка, изображенного на рис. 5.

Дано: диаметр вала $d=35$ мм, $F_{r1}=1000$ Н, $F_{r2}=1100$ Н, $F_A=4000$ Н, $n=630$ мин$^{-1}$, $K_б=1{,}3$, $K_т=1$, $V=1$, необходимый ресурс $L_{10}=1500$ ч.

Расчет: 1. Задаемся подшипниками 36207: $d=35$ мм, $D=72$ мм, $B=17$ мм, $C_r=30\,800$ Н, $C_{0r}=17\,800$ Н, $n_{пред}=12\,000$ мин$^{-1}$ при жидком смазочном материале; $\alpha=12°$.

2. Определяем минимальные осевые силы для первого и второго подшипников:

для первой опоры

$$e'_1=0{,}563\left(\frac{F_{r1}}{C_{0r}}\right)^{0{,}195}=0{,}563\left(\frac{1000}{17\,800}\right)^{0{,}195}=0{,}32,$$

$$F_{a\min 1}=e'_1F_{r1}=0{,}32\cdot 1000=320 \text{ Н};$$

для второй опоры

$$e'_2=0{,}563\left(\frac{F_{r1}}{C_{0r}}\right)^{0{,}195}=0{,}563\left(\frac{1100}{17\,800}\right)^{0{,}195}=0{,}327,$$

$$F_{a\min 2}=e'_2F_{r2}=0{,}327\cdot 1100=360 \text{ Н}.$$

3. Определяем осевые реакции в опорах.

Принимаем, что $F_{a1}=F_{a\min 1}=320$ Н, тогда $F_{a2}=F_{a1}+F_A=320+4000=4320$ Н, что больше $F_{a\min 2}$, следовательно, осевые реакции в опорах найдены правильно.

4. Определяем эквивалентную нагрузку. Расчет ведем по более нагруженной опоре:

$$e=0{,}618\left(\frac{F_{02}}{C_{02}}\right)^{0{,}163}=0{,}618\left(\frac{4320}{17\,800}\right)^{0{,}163}=0{,}49;$$

$$F_{a2}/(VF_{r2})=4320/(1\cdot 100)=3{,}92>e,$$

следовательно,

$$Y=\frac{0{,}55}{e}=\frac{0{,}55}{0{,}49}=1{,}12.$$

Эквивалентная нагрузка

$$P_{r2}=(0{,}45VF_{r2}+YF_{a2})K_бK_т=$$

$$=(0{,}45\cdot 1\cdot 1100+1{,}12\cdot 4320)\cdot 1{,}31=6933 \text{ Н}.$$

5. Определяем скорректированный расчетный ресурс подшипника в миллионах оборотов

$$L_{10a}=a_{23}\left(\frac{C_r}{P_{r2}}\right)^3=$$

$$=(0{,}7\ldots 0{,}8)\left(\frac{30\,800}{6933}\right)^3=61{,}37\ldots 70{,}14,$$

$a_{23}=0{,}7\ldots 0{,}8$ для обычных условий эксплуатации (см. табл. 2).

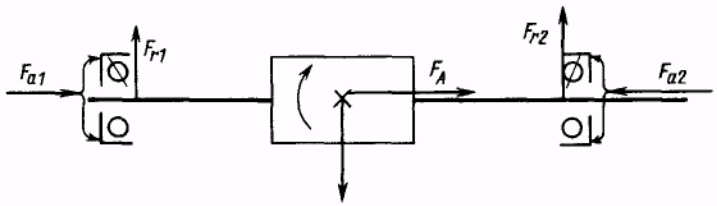


Рис. 5

6. Определяем скорректированный расчетный ресурс подшипника в часах

$$L_{10ah}=\frac{10^6}{60n}L_{10a}=\frac{10^6}{60\cdot 630}(61{,}37\ldots 70{,}14)=1623\ldots 1855.$$

Подшипник пригоден. При заданном ресурсе надежность несколько выше 90%.

Пример 3. Определить скорректированный расчетный ресурс конических подшипников 27307 вала червяка, изображенного на рис. 6.

Дано: $F_{r1}=1500$ Н, $F_{a1}=F_A=3700$ Н, $n=1000$ мин$^{-1}$; $K_б=1{,}2$, $K_т=1$, $V=1$.

Расчет. 1. Определяем характеристики подшипников 27307 по данным каталога: $C_r=45\,000$ Н, $C_{0r}=29\,000$ Н, $e=0{,}79$, $Y=0{,}76$ при $F_a/(VF_r)>e$; $n_{пред}=5600$ мин$^{-1}$ при жидком смазочном материале.

2. Рассматриваем два подшипника левой опоры как один двухрядный и определяем суммарную базовую динамическую грузоподъемность подшипников

$$C_{rсум}=C_r i^{7/9}=45\,000\cdot 2^{7/9}=77\,152 \text{ Н}.$$

3. Определяем эквивалентную нагрузку для двухрядного подшипника левой опоры

$$F_{a1}/(VF_{r1})=3700/(1\cdot 1500)=2{,}47>e,$$

следовательно, $X=0{,}67$, $Y=0{,}67\,\mathrm{ctg}\,\alpha=0{,}67\cdot 27{,}77=1{,}272$.

(Угол α в каталоге не указан, но так как $e=1{,}5\,\mathrm{tg}\,\alpha$, то $\alpha=\mathrm{arctg}\,\frac{e}{1{,}5}=\mathrm{arctg}\,\frac{0{,}79}{1{,}5}=27{,}77$),

$$P_{r1}=(XVF_{r1}+YF_{a1})K_б K_т=$$
$$=(0{,}67\cdot 1\cdot 1500+1{,}272\cdot 3700)1{,}2\cdot 1=6854 \text{ Н}.$$

4. Определяем скорректированный расчетный ресурс подшипников (в миллионах оборотов)

$$L_{10a}=a_{23}\left(\frac{C_{rсум}}{P_{r1}}\right)^{10/3}=(0{,}6\ldots 0{,}7)\left(\frac{77\,152}{6854}\right)^{10/3}=1918\ldots 2238,$$

$a_{23}=0{,}6\ldots 0{,}7$ (по табл. 2) для обычных условий эксплуатации.

5. Определяем скорректированный расчетный ресурс подшипников в часах

$$L_{10ah}=\frac{10^6}{60n}L_{10a}=\frac{10^6}{60\cdot 1000}(1918\ldots 2238)=31\,967\ldots 37\,300.$$

Листы 363...366. Способы крепления внутренних и наружных колец подшипников. При выборе способа закрепления внутренних и наружных колец следует учитывать величину осевой нагрузки на опору, метод фиксации осевого положения вала, размеры узла, частоту вращения вала, характер посадки, тип подшипника и общие требования к конструкции узла в целом.

В каждом частном случае принятому способу крепления внутреннего (наружного) кольца могут соответствовать различные способы крепления наружного (внутреннего) кольца, поэтому крепления, обозначенные тонкими линиями, следует рассматривать лишь как возможный вариант, приведенный для пояснения передачи силового потока.

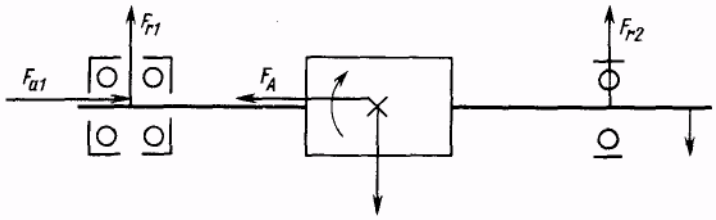


Рис. 6

По способности фиксировать осевое положение вала опоры разделяются на плавающие и фиксирующие. Плавающие опоры допускают осевое перемещение вала в любом направлении (лист 363, рис. 9, 10; лист 364, рис. 1, 8). Фиксирующие опоры ограничивают осевые перемещения, как в одном (лист 363, рис. 1, 5, 8; лист 364, рис. 4), так и в обоих направлениях (лист 363, рис. 2, 4, 7; лист 364, рис. 2, 3, 5, 6, 9). Осевые нагрузки могут воспринимать только фиксирующие опоры.

Крепление внутренних колец на валах различаются по форме вспомогательных деталей: крепления без вспомогательных деталей; крепления гайками различных типов; крепления торцовыми шайбами различных конструкций; крепления плоскими пружинными стопорными кольцами; крепления упорными кольцами; крепления на закрепительных и буксовых втулках.

Крепление внутреннего кольца с помощью одностороннего упора в заплечик вала (лист 363, рис. 1) применяется в сочетании с односторонним упором в корпусные детали и обеспечивает передачу осевой силы одного направления. При недостаточной высоте заплечика вала (лист 363, рис. 8) применяют упорные кольца. Указанные способы крепления просты и могут обеспечить работу подшипника при любой допустимой для него частоте вращения. Крепление внутреннего кольца с помощью заплечика вала и гаек различных конструкций (лист 363, рис. 2, 9) обеспечивает передачу осевых сил любого направления. Стопорящее устройство необходимо выбирать с учетом частоты вращения вала; так, например, лапки стопорной шайбы (лист 363, рис. 2) при большой частоте вращения могут быть отогнуты центробежными силами. При посадке внутреннего кольца на конический участок вала (лист 363, рис. 9) необходимо крепить кольцо гайкой независимо от того, передает подшипник осевые нагрузки или нет. Крепление радиально-упорных подшипников гайками при отсутствии упора с противоположной стороны (лист 363, рис. 5; лист 364, рис. 4) применяется в случаях, когда регулировка подшипников осуществляется смещением внутреннего кольца по валу. Крепление на закрепительной втулке (лист 363, рис. 7) применяется при посадке радиальных сферических двухрядных подшипников на гладкий вал. При таком креплении обеспечивается двусторонняя фиксация вала и передача осевых нагрузок. Крепление концевыми шайбами (лист 363, рис. 4) применяется только на концах валов и по условиям работы соответствует креплению при помощи гаек, при необходимости сократить длину заготовки вала или если нельзя нарезать на валу резьбу под гайку.

Фасонные торцовые шайбы (лист 364 рис 2) более точно центрируются по валу и могут работать при больших частотах

вращения. Крепления пружинными кольцами (лист 363, рис. 3, 6) просты и дешевы. При креплении пружинным кольцом нескольких деталей между кольцом и деталями следует предусмотреть установку регулировочного кольца. Крепление упорным кольцом на посадке с натягом (лист 363, рис. 10) применяют в случаях, когда недопустима значительная концентрация напряжений, возникающая в резьбе и канавке под пружинные кольца. На листах приведены также некоторые специальные крепления.

Крепления наружных колец подшипников выполняются с помощью заплечиков в корпусе или в стакане, различного типа крышек, шайб, упорных колец, разрезных пружинящих колец, упорных бортов на наружном кольце подшипника и другими специальными способами (лист 366); торцовые шайбы (рис. 1, 2), стопорные пружинные кольца (рис. 7, 8), подшипники с упорными бортами на наружном кольце (рис. 10), врезными крышками (рис. 9) применяют в случаях, когда необходимо сократить габариты узла.

Регулировка осевой игры, предварительного натяжения подшипников и осевого положения валов может быть осуществлена при помощи креплений, представленных на листе 365 (рис. 1, 2, 3) и листе 366 (рис. 4, 5). В узлах, изображенных на рис. 1, 2 (лист 365), регулировка производится подбором прокладок, подкладываемых под торцы крышек. В узлах на рис. 3 (лист 365) и 4, 5 (лист 366) регулировка осуществляется с помощью резьбовых деталей. В узле на рис. 6 (лист 366) установлен нерегулируемый подшипник, сменными кольцами и специальными винтами осуществляется осевая фиксация и регулировка осевого положения вала. Крепление бортами врезных крышек может быть применено при разъемных корпусах.

Листы 367, 368. Заплечики для установки подшипников качения. На листах приведены выдержки из ГОСТ 20226—82, который регламентирует размеры заплечиков валов и корпусов в местах установки подшипников качения. Размеры заплечиков выбраны с учетом следующих основных требований:

1. Для обеспечения перпендикулярности средней плоскости подшипника к оси вала торец внутреннего кольца всех типов подшипников следует упирать в заплечики или распорные втулки. Допуски торцового биения заплечиков при этом должны соответствовать приведенным в ГОСТ 3325—85 (см. лист 376).
2. Поверхность соприкосновения с торцом подшипника должна обеспечить передачу осевой нагрузки (внешней для узла или монтажной при запрессовке).
3. Заплечики не должны затруднять демонтаж подшипника при помощи съемника.
4. Заплечики или распорные втулки не должны задевать за сепаратор или тела качения, на что особенно важно обращать внимание при проектировании узлов с коническими, радиально-упорными и сферическими подшипниками.

В технически обоснованных случаях допускается увеличивать диаметры заплечиков валов и уменьшать диаметры заплечиков корпусов до размеров, обеспечивающих нормальную работу подшипников (не допускается касание заплечиков о сепаратор или тела качения).

Если диаметры заплечиков валов больше, а диаметры заплечиков корпусов меньше рекомендуемых пределов, то необходимо предусматривать демонтажные пазы под лапы съемников. В глухих корпусах для облегчения демонтажа делают резьбовые отверстия.

Следует обратить особое внимание на то, что у подшипников роликовых конических однорядных сепаратор может выступать за габариты подшипника, поэтому при креплении внутреннего кольца гайкой со стороны узкого торца следует между подшипником и гайкой устанавливать кольцо, диаметр которого должен быть не более d_a, а длина не менее a_1 (см. также лист 370, рис. 1).

Листы 369...372. Примеры конструкций опор валов с радиальными, радиально-упорными и упорными подшипниками. Обычно вал устанавливают на двух опорах, причем возможны различные сочетания плавающих и фиксирующих опор (схемы установки).

Схема 1. Обе опоры плавающие (лист 369, рис. 1, 4). Применяется в тех случаях, когда осевая фиксация осуществляется какими-либо другими элементами конструкции, например зубьями шевронных зубчатых колес, торцовыми шайбами.

Схема 2. Одна из опор фиксирующая, вторая плавающая (лист 369, рис. 2; лист 370, рис. 1, 2; лист 371, рис. 3; лист 372, рис. 1). Такие конструкции могут быть схематично представлены в виде вала с одной шарнирно-подвижной и одной шарнирно-неподвижной опорами. В качестве шарнирно-подвижной (плавающей) целесообразно применять менее нагруженную опору. Величина осевых перемещений в шарнирно-неподвижной (фиксирующей) опоре зависит от собственного осевого зазора в подшипниках, способов крепления колец подшипников на валах и в корпусах, а также от собственной осевой жесткости подшипников. Основные достоинства схемы:

а) не требуется точное расположение посадочных мест по длине;

б) опоры могут быть установлены на любом расстоянии друг от друга, так как даже значительные температурные деформации будут компенсироваться осевыми перемещениями плавающей опоры;

в) возможность обеспечения высокой осевой жесткости и грузоподъемности фиксирующих опор, особенно в случае применения двух радиально-упорных подшипников с большими углами наклона контактных линий.

Схема 3. Каждая из опор ограничивает осевое перемещение вала в одном направлении (лист 369, рис. 3; лист 370, рис. 3; лист 371, рис. 1, 3, *б)*. Такая схема наиболее проста, для ее конструктивного решения требуется меньшее количество деталей. Широко применяется, особенно при малых расстояниях между опорами. При больших расстояниях между опорами следует учитывать опасность нарушения нормальной работы узла в результате неодинаковых температурных деформаций вала и корпуса. По этой причине не рекомендуется использовать в таких узлах радиально-упорные подшипники с боль-

шими углами наклона контактной линии (при ос>20). Выбор конструкции опор валов производят с учетом особенностей эксплуатации и конструктивного оформления узла в целом. Важнейшими факторами, определяющими конструкцию опор, являются величина и направление внешних нагрузок на вал, метод фиксации осевого положения вала, способ регулировки осевого положения вала и предварительного натяжения подшипников, тип подшипников. Конструирование опор начинают с выбора схемы установки и типа подшипников. Следует стремиться к тому, чтобы вал с опорами представлял собой статически определимую систему, так как в статически неопределимых системах на опоры могут действовать усилия, во много раз превышающие внешние нагрузки. На листах приведены конструкции опор валов различных машин и механизмов с классификацией по способу фиксации положения вала, величине и направлению воспринимаемых нагрузок и способу регулировки. Краткие пояснения конструкций приведены непосредственно на листах.

Листы 373, 374. **Примеры конструкций тяжелонагруженных и высокоскоростных опор с подшипниками качения.** Коленчатый вал компрессора передает движение через два шатуна (один из них на чертеже не показан) на ползуны (крейцкопфы), совершающие прямолинейное возвратно-поступательное движение, а затем на поршни, разгруженные от радиальных усилий. В процессе работы опоры качения нагружаются значительными, переменными по величине и направлению усилиями. В опорах высокоскоростного шпинделя применены сдвоенные радиально-упорные подшипники прецизионного изготовления (классы точности 5 и 4) с малым углом контакта. Применение подшипников с малым углом контакта обеспечивает повышенную жесткость вала в радиальном направлении. Предварительный осевой натяг создается с помощью упругих элементов (пружин), что способствует компенсации деформаций вала при нагреве и предохраняет опоры от защемления.

Лист 375. **Посадка подшипников качения.** На листе приведены предельные отклонения размеров посадочных поверхностей подшипников класса точности 0. По ГОСТ 520—89 «Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования» регламентируются не только наибольшие и наименьшие значения диаметров, но и средние внутренние d_m и наружные D_m диаметры. Средний диаметр определяют как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего значений диаметра, измеренных в двух крайних сечениях кольца. Посадки подшипников отличаются от обычных расположением и величинами полей допусков на посадочные поверхности колец. Поля допусков на отверстие внутреннего кольца d_m смещены внутрь отверстия. По ГОСТ 3325—85 поля допусков на средний диаметр отверстия обозначаются *LO, L6, L5, L4, L2* (в зависимости от класса точности подшипника — 0, 6, 5, 4, 2), поля допусков на средний наружный диаметр подшипника обозначаются соответственно *10; /6; /5; 14; 12.*

Примеры обозначения посадок подшипников на вал $L0/j_s6$; $L0/k6$; $L6/k6$, в корпус $H7/l0$; $K7/l0$; $H7/l6$.

Допускается на сборочных чертежах подшипниковых узлов указывать размер, поле допуска или предельные отклонения на диаметр детали, сопряженной с подшипником, без указания поля допуска на посадочные диаметры колец подшипника, например $\varnothing 50j_s6^{(+0,008)}$, или $\varnothing 50j_s$; $\varnothing 90H7\left(^{+0,025}_{0}\right)$, или $\varnothing 90H7$. Рекомендации по выбору посадок содержатся в ГОСТ 3325—85 (СТ СЭВ 773—77).

В каждом конкретном случае, выбирая посадку, следует учитывать: условия нагружения кольца (местное, циркуляционное, колебательное); величину, характер (спокойная, ударная, вибрационная) и направление действующей нагрузки, режим работы (легкий, нормальный, тяжелый); тип подшипника; частоту вращения; способ монтажа и регулировки (регулировка смещением внутреннего или наружного кольца); конструкцию вала (сплошной, полый); диаметр подшипника; требования к точности; требования к самоустановке подшипников.

Режим работы подшипника зависит от отношения эквивалентной нагрузки *(P)* и базовой динамической грузоподъемности (С). При $P/C<=0,07$ режим считается легким, при $0,07< P/C<=0,15$ — нормаль-ным, при $P/C>0,15$— тяжелым. При особых условиях ударных и вибрационных нагрузках (железнодорожные и трамвайные буксы, коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания, прессы, дробил-ки, экскаваторы) — посадки выбираются, как для тяжелого режима независимо от отношения *P/C*.

Кольцо, испытывающее местное нагружение, следует устанавливать на вал или в корпус с зазором или малым натягом, при этом под действием толчков и вибраций кольцо постепенно поворачивается вокруг своей оси, меняя участки рабочей поверхности дорожки качения в зоне наибольшего нагружения; ресурс подшипника при этом возрастает. Наиболее распространенной для большинства типов подшипников при местном нагружении является посадка Н7. Из числа рекомендуемых посадок менее плотные применяют при посадке на вал в тех случаях, когда узел подвергается частым переборкам; в узлах с ударными и вибрационными нагрузками применяют более плотные посадки.

При циркуляционном нагружении кольца применяют посадки с натягом; при этом посадки с большим натягом применяют для валов больших диаметров при больших по величине и динамичности нагрузках.

При недостаточных натягах посадки и циркуляционных нагрузках между кольцами и посадочной поверхностью может появиться зазор в разгруженной зоне, что приводит к обкатке кольцом посадочной поверхности, ее развальцовке, контактной коррозии и истиранию. Натяг посадки вызывает уменьшение внутренних зазоров в подшипнике и, способствуя более равномерному распределению нагрузки между телами качения в нагруженной зоне, повышает ресурс

подшипника. Излишний натяг посадки опасен, гак как внутренний натяг (отсутствие зазора между кольцами и телами качения), появившийся в результате посадки или температурных деформаций колец, приводит к повышению сопротивления вращению и может вызвать защемление тел качения, если внешняя радиальная нагрузка не обеспечивает образования зазора между телами качения и кольцами в разгруженной зоне. Чем больше частота вращения подшипника, тем менее плотной должна быть посадка.

Выбор посадки для случая циркуляционного нагружения следует производить на основании расчета.

При колебательном нагружении колец применяют посадки j_s и J_s.

Лист 376. Технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. На листе приведены выдержки из ГОСТ 3325 85, относящиеся в основном к подшипникам класса точности 0.

Допуски торцового биения заплечиков валов и корпусов, допуски формы посадочных поверхностей, допускаемые углы взаимного перекоса колец подшипников, допуски соосности посадочных поверхностей и требования к шероховатости посадочных поверхностей предназначены для использования при выполнении рабочих чертежей деталей.

Лист 377. Корпуса подшипников качения. Корпуса подшипников качения по ГОСТ 13218.1—80 —ГОСТ 13218.10—80 разделяются на типы (неразъемные и разъемные) и серии (ШМ, УМ, ШБ, УБ, РШ и РУ). Буквы, входящие в обозначение корпусов, означают: Ш — широкая серия; У — узкая серия; М—корпус для малой нагрузки, действующей от опоры (при действии к опоре допускается большая нагрузка); Б — корпус для большой нагрузки, действующей от опоры; Р—корпус разъемный. Неразъемные корпуса могут воспринять нагрузки любого направления в плоскости, перпендикулярной оси вращения вала. Разъемные корпуса могут воспринимать нагрузки, действующие в направлении опоры, и горизонтальные.

На листе 377 приведены выдержки из ГОСТов, относящиеся к корпусам неразъемным серий ШМ с диаметрами отверстий 47...150 мм. Эти корпуса предназначены для шарико- и роликоподшипников радиальных сферических двухрядных (самоустанавливающихся), в том числе и для подшипников с закрепительными втулками. Корпуса бывают двух исполнений, отличающихся между собой только площадью опоры. Корпуса первого исполнения имеют уменьшенную площадь опоры за счет выемки длиной /. Корпуса второго исполнения (без выемки) имеют увеличенную площадь опоры.

Корпуса первого исполнения предназначены:

а) для нагрузок, имеющих произвольное направление в плоскости, перпендикулярной оси вращения вала, при установке корпуса на необработанной поверхности;

б) для нагрузок, направленных от опоры при установке корпуса на обработанной поверхности.

Корпуса второго исполнения предназначены для нагрузок, напра-вленных к опоре при установке корпуса на обработанной поверхности.

Роликоподшипники следует устанавливать только в корпусе второго исполнения.

Лист 378. Крышки торцовые диаметром 47...100 мм корпусов подшипников качения. На листе приведены выдержки из ГОСТ 13219.1—81 ГОСТ 13219.17 81, относящиеся к крышкам торцовым с манжетным уплотнением низким, предназначенным для герметизации подшипникового узла, осевой фиксации вала и восприятия осевой нагрузки. Низкие крышки предназначены для опор, в которых внутреннее кольцо подшипника закреплено без помощи гайки.

В ГОСТах приведены также данные по крышкам торцовым глухим (без отверстия). Как крышки с манжетным уплотнением, так и крышки глухие по ГОСТам могут иметь высоту *Н* большую, чем у низких крышек. Средние крышки применяют в опорах валов с установкой внутреннего кольца на закрепительной втулке. Высокие крышки применяю! в опорах валов, в которых внутреннее кольцо подшипника закреплено при помощи гайки, и устанавливаются со стороны гайки.

МУФТЫ ПРИВОДОВ. ЛИСТЫ 379...464

Муфты приводов предназначены для соединения двух валов (или валов со свободно сидящими на них деталями) и передачи вращающего момента.

Лист 379. Классификация муфт. На листе приведена классификация муфт, в основу которой положена рекомендация СЭВ РС 2201—69.

Согласно классификации муфт по функционально-конструктивному признаку установлены классы, группы, подгруппы и виды муфт.

Класс нерасцепляемых муфт включает муфты с постоянным соединением валов, допускающие разъединение валов только путем полной или частичной разборки муфты.

Класс управляемых муфт включает сцепные муфты, которые с помощью специального управляющего элемента допускают соединение и разъединение полумуфт.

Класс самодействующих муфт охватывает сцепные муфты, включение или выключение которых происходит автоматически в результате изменения заданного рабочего режима.

Класс специальных муфт включает муфты, не охватываемые предыдущими классами.

К механическим муфтам относятся муфты, в которых в качестве соединительного элемента используются твердые упругие и эластомерные упругие материалы.

В гидродинамических муфтах функции соединительного элемента выполняет жидкость и вращающий момент передается гидродинамическими силами кругового потока жидкости.

К электромагнитным муфтам сцепления относят муфты, в которых замыкание фрикционных поверхностей осуществляется с помощью электромагнитных полей.

К электромагнитным муфтам скольжения относят муфты, в которых полумуфты соединяются силами электромагнитных полей.

В практике машиностроения также применяют комбинированные муфты, сочетающие в одном блоке муфты различных типов, например, упругие и предохранительные, обгонные и компенсирующие, сцепные и компенсирующие и др.

Листы 380, 381. Ступицы полумуфт. Крепление полумуфт на концах валов. Основные формы и виды ступиц полумуфт представ-лены на рис. 1 и 2. Для определения размеров ступиц при проектировании рекомендуется использовать данные, приведенные на листе, а также размеры ступиц муфт, изготовляемых по ГОСТу и нормалям (например, упругих втулочно-пальцевых — по ГОСТ 21424—75, зубчатых —по ГОСТ 5006—83 и др.).

Удобство монтажа, обслуживания и надежность работы муфты во многом зависят от посадки и способа закрепления ступицы полумуфты на валу. Наибольшее распространение получили соединения полумуфт с валами цилиндрической формы с помощью шпонки, реже, шлицев. Самое простое соединение (лист 381, рис. 7) —посадка полумуфты на вал с натягом — обеспечивает необходимое центрирование вала и ступицы и предохраняет от осевых перемещений без дополнительных устройств. Однако осуществить посадку с натягом полумуфты на выступающий конец вала (двигателя, редуктора, барабана и т. п.) затруднительно. Последующие неизбежные разборки-сборки соединения вызывают потерю натяга и деформацию посадочных поверхностей вала и ступицы, что ограничивает их дальнейшее использование.

На листе 381 показаны различные способы осевого закрепления ступиц на валах. Они допускают применение более слабых посадок на валы. Наиболее надежные из них изображены на рис. 1...4. При правильном конструировании и технологическом выполнении устройств, показанных на рис. 5...7, также можно получить достаточно надежное и точное соединение.

Конические соединения ступиц с валом несколько сложнее в изготовлении, но более совершенны, так как обеспечивают хорошее центрирование ступицы на валу, высокую плотность в контакте и легкую многократную сборку и разборку.

Лист 382. Соединения бесшпоночные. На рис. 1 показаны соединения двух валов (рис. 1, *б)* и ступицы с валом (рис. 1,6) упругой гофрированной тонкостенной втулкой, размещенной в специальной кольцевой выточке ступицы или вала. При запрессовке ступицы на вал (рис.1,в) волнообразные гофры рубашки равномерно обжимаются, в результате чего по линии их контакта с валом и ступицей создаются силы трения, обеспечивающие передачу вращающего момента и осевой силы с вала на ступицу.

В табл. к рис. 1 приведены габаритные размеры муфт для валов диаметром 10...40 мм, а также значения коэффициента *К* для определения длины рубашки в зависимости от диаметра вала и действующих в нем напряжений кручения.

Способ установки ступицы муфты на вал с помощью тонкостенной конической втулки показан на рис. 2. На цилиндрический вал насаживают с малым зазором коническую (конусность 1:30... 1:50) тонкостенную втулку. Между валом и втулкой, а также втулкой и ступицей создается соединение, подобное соединению с натягом. В ступице имеются отверстия для подачи масла под высоким давлением в полость между втулкой и ступицей. Масло просачивается от кольцевых канавок к ступице по всей поверхности контакта и равномерно расширяет ступицу по диаметру. В таком состоянии ступицу легко снять со втулки или, наоборот, продвинуть дальше для увеличения натяга. На рис. 3 показана конструкция торцового зубчатого соединения двух валов. Вал, собранный из отдельных частей, воспринимает и передает вращающие и изгибающие моменты, а также осевые и перерезывающие силы, как целый вал. Соединение не выходит за габариты самого вала и используется, например, для коленчатых валов с подшипниками качения на его шейках. На рис. 3,в представлены конструктивные исполнения торцовых зубьев, а в табл. к рис. 3 приведены их параметры.

Лист 383. Соединение валов бесшпоночное. Передает вращающий *Т* и изгибающий *М* моменты, а также осевую силу *F*. Достоинства: высокое сопротивление усталости, простота сборки и разборки, возможность осевых перемещений валов перед сборкой, малый дисбаланс. Тсум — максимальный вращающий момент, передаваемый соединением при отсутствии изгибающего момента и осевой силы. При этом коэффициент трения между соединительной втулкой и валами принят 0,15. Если помимо вращающего момента соединение нагружено изгибающим моментом и осевой силой, то вращающий момент определяется по формуле, представленной на листе. Т3,— момент затяжки винтов, обеспечивающий передачу соединением момента T_E. При d_w>=340ММ винты располагаются по двум окружностям: диаметр дополнительной окружности равен *А* + 60 мм.

Перед сборкой концы валов и отверстие соединительной втулки обезжиривают. Предварительной затяжкой винтов внешние кольца сажают на конусы, обеспечивая отсутствие перекосов и взаимную параллельность стягиваемых колец. Затем болты затягивают моментом $T_{зав}$. При необходимости соединения могут иметь размеры, отличающиеся от приведенных.

Лист 384. Муфты глухие. Муфты фланцевые по ГОСТ 20761 — 80 (рис. 1) применяют для соосных валов при передаче вращающего момента от 1,6 до 4600 даН • м и окружной скорости на наружном диаметре до 70 м/с стальными муфтами и от 0,8 до 2240 даНм и окружной скорости до 35 м/с -чугунными

В гидродинамических муфтах функции соединительного элемента выполняет жидкость и вращающий момент передается гидродинамическими силами кругового потока жидкости.

К электромагнитным муфтам сцепления относят муфты, в которых замыкание фрикционных поверхностей осуществляется с помощью электромагнитных полей.

К электромагнитным муфтам скольжения относят муфты, в которых полумуфты соединяются силами электромагнитных полей.

В практике машиностроения также применяют комбинированные муфты, сочетающие в одном блоке муфты различных типов, например, упругие и предохранительные, обгонные и компенсирующие, сцепные и компенсирующие и др.

Листы 380, 381. Ступицы полумуфт. Крепление полумуфт на концах валов. Основные формы и виды ступиц полумуфт представ-лены на рис. 1 и 2. Для определения размеров ступиц при проектировании рекомендуется использовать данные, приведенные на листе, а также размеры ступиц муфт, изготовляемых по ГОСТу и нормалям (например, упругих втулочно-пальцевых — по ГОСТ 21424—75, зубчатых —по ГОСТ 5006—83 и др.).

Удобство монтажа, обслуживания и надежность работы муфты во многом зависят от посадки и способа закрепления ступицы полумуфты на валу. Наибольшее распространение получили соединения полумуфт с валами цилиндрической формы с помощью шпонки, реже, шлицев. Самое простое соединение (лист 381, рис. 7) — посадка полумуфты на вал с натягом — обеспечивает необходимое центрирование вала и ступицы и предохраняет от осевых перемещений без дополнительных устройств. Однако осуществить посадку с натягом полумуфты на выступающий конец вала (двигателя, редуктора, барабана и т. п.) затруднительно. Последующие неизбежные разборки-сборки соединения вызывают потерю натяга и деформацию посадочных поверхностей вала и ступицы, что ограничивает их дальнейшее использование.

На листе 381 показаны различные способы осевого закрепления ступиц на валах. Они допускают применение более слабых посадок на валы. Наиболее надежные из них изображены на рис. 1...4. При правильном конструировании и технологическом выполнении устройств, показанных на рис. 5...7, также можно получить достаточно надежное и точное соединение.

Конические соединения ступиц с валом несколько сложнее в изготовлении, но более совершенны, так как обеспечивают хорошее центрирование ступицы на валу, высокую плотность в контакте и легкую многократную сборку и разборку.

Лист 382. Соединения бесшпоночные. На рис. 1 показаны соединения двух валов (рис. 1,а) и ступицы с валом (рис. 1,6) упругой гофрированной тонкостенной втулкой, размещенной в специальной кольцевой выточке ступицы или вала. При запрессовке ступицы на вал (рис. 1,в) волнообразные гофры рубашки равномерно обжимаются, в результате чего по линии их контакта с валом и ступицей создаются силы трения, обеспечивающие передачу вращающего момента и осевой силы с вала на ступицу.

В табл. к рис. 1 приведены габаритные размеры муфт для валов диаметром 10...40 мм, а также значения коэффициента *К* для определения длины рубашки в зависимости от диаметра вала и действующих в нем напряжений кручения.

Способ установки ступицы муфты на вал с помощью тонкостенной конической втулки показан на рис. 2. На цилиндрический вал насаживают с малым зазором коническую (конусность 1:30... 1:50) тонкостенную втулку. Между валом и втулкой, а также втулкой и ступицей создается соединение, подобное соединению с натягом. В ступице имеются отверстия для подачи масла под высоким давлением в полость между втулкой и ступицей. Масло просачивается от кольцевых канавок к ступице по всей поверхности контакта и равномерно расширяет ступицу по диаметру. В таком состоянии ступицу легко снять со втулки или, наоборот, продвинуть дальше для увеличения натяга. На рис. 3 показана конструкция торцового зубчатого соединения двух валов. Вал, собранный из отдельных частей, воспринимает и передает вращающие и изгибающие моменты, а также осевые и перерезывающие силы, как целый вал. Соединение не выходит за габариты самого вала и используется, например, для коленчатых валов с подшипниками качения на его шейках. На рис. 3,в представлены конструктивные исполнения торцовых зубьев, а в табл. к рис. 3 приведены их параметры.

Лист 383. Соединение валов бесшпоночное. Передает вращающий *Т* и изгибающий *М* моменты, а также осевую силу *F*. Достоинства: высокое сопротивление усталости, простота сборки и разборки, возможность осевых перемещений валов перед сборкой, малый дисбаланс. *Тсум* — максимальный вращающий момент, передаваемый соединением при отсутствии изгибающего момента и осевой силы. При этом коэффициент трения между соединительной втулкой и валами принят 0,15. Если помимо вращающего момента соединение нагружено изгибающим моментом и осевой силой, то вращающий момент определяется по формуле, представленной на листе. $T_З$ — момент затяжки винтов, обеспечивающий передачу соединением момента T_E. При d_w >= 340 мм винты располагаются по двум окружностям: диаметр дополнительной окружности равен *А* + 60 мм.

Перед сборкой концы валов и отверстие соединительной втулки обезжиривают. Предварительной затяжкой винтов внешние кольца сажают на конусы, обеспечивая отсутствие перекосов и взаимную параллельность стягиваемых колец. Затем болты затягивают моментом $T_{зав}$. При необходимости соединения могут иметь размеры, отличающиеся от приведенных.

Лист 384. Муфты глухие. Муфты фланцевые по ГОСТ 20761—80 (рис. 1) применяют для соосных валов при передаче вращающего момента от 1,6 до 4600 даНм и окружной скорости на наружном диаметре до 70 м/с стальными муфтами и от 0,8 до 2240 даН • м и окружной скорости до 35 м/с — чугунными.

K_3 — коэффициент углового смещения, принимаемый по табл. 7; $T_{кр}$ — наибольший вращающий момент, передаваемый муфтой и принимаемый в соответствии с ГОСТом, Н · м; $T_{раб}$ — наибольший, длительно действующий на соединяемых валах вращающий момент, Н · м.

Лист 387. Муфты цепные и зубчатые. Основными частями цепной муфты являются две звездочки-полумуфты; цепь, охватывающая одновременно обе звездочки, и защитный кожух, заполненный маслом.

Таблица 4

Диапазон температур, °С	Масло		Примерные сроки замены масла
	основное	заменяющее	
−15...−40	ТС—10—ОТП ГОСТ 23652—79	—	В новых муфтах первая замена масла производится через 100...150 ч работы; последующие замены масла производятся через 2000...2500 ч работы
−15...+20	МТ—8П	И—50А (ГОСТ 20799—75) с присадкой ДФ—11 (3...5) %	
+20...+80	ИТП—300 ИГП—38		
+80...+120	ИПП—20	ИТП—300	

Таблица 5

Степень ответственности механизма	K_1
Останов машины	1,0
Авария машины	1,2
Авария ряда машин	1,5
Человеческие жертвы	1,8
Примечание. Кратковременные наибольшие моменты не должны превышать двукратной величины $T_{кр}$.	

Таблица 6

Режим работы механизма	K_2
Спокойная работа равномерно нагруженных механизмов	1,0
Работа неравномерно нагруженных механизмов	1,1...1,3
Тяжелая работа с ударами неравномерно нагруженных и реверсивных механизмов	1,3...1,5

Угол перекоса вала	0,25	0,5	1,0	1,5
K_3	1,0	1,25	1,50	1,75

Боковой и радиальный зазоры между цепью и звездочками обусловливают компенсирующие свойства муфты. Разъемная конструкция цепи и кожуха удобна для монтажа.

На рис. 1 показаны цепные муфты по ГОСТ 20742—81 с однорядной цепью. Посадка на вал со шпонкой. Цепные муфты с посадкой на шлицевой вал сохраняют конструктивное исполнение и габаритный размерный ряд. Муфты допускают угловое смещение валов до 1°, радиальное смещение от 0,16 до 0,7 мм. Не рекомендуется применять муфты при реверсивном движении.

Материал полумуфт — сталь 45 по ГОСТ 1050—74 с закалкой зубьев до твердости 40...45 HRC_3. Профиль зубьев берется по ГОСТ 591—69. Материал кожуха — алюминиевые сплавы марок АЛ3В, АЛ5В и АЛ9В по ГОСТ 2685—75.

При сборке муфты на зубья звездочек и звенья цепи наносится консистентный смазочный материал — солидол Л по ГОСТ 1033—73.

При номинальном вращающем моменте до 1000 Н • м и частоте вращения до Юс"[1] допускается применение муфт без кожуха.

На рис. 2 представлена муфта с двухрядной цепью фирмы *Renold.*

Зубчатая муфта *Bowex* фирмы *Kupplungstechnik* (Германия) (рис. 3), имеющая стальные зубчатые венцы и пластмассовую обойму, выпускается в двух исполнениях. Благодаря сочетанию трущихся пар сталь — пластмасса муфта не требует смазывания и отличается быстроходностью. Муфта допускает осевое смещение валов ±1 мм, радиальное смещение 0,3...1,1 мм (большие значения для больших муфт) и угловое смещение венца относительно обоймы ±1°.

Лист 388. Муфты шарнирные. Малогабаритные шарнирные муфты по ГОСТ 5147—80 имеют два исполнения (рис. 1 и 2). Одинарная муфта (рис. 1) применяется при угловом смещении валов и допускает максимальное смещение до 45°. Сдвоенная муфта (рис. 2) применяется при угловом и радиальном смещении валов.

Крестовины муфт выполняют из сталей 40Х по ГОСТ 4543—71 (48...52 HRC_3), вилки —из сталей 20Х по ГОСТ 4543—71 (56...62 HRC_3), палец — из сталей 40Х (48...52 HRC_3), втулки — из стали 40Х (48.,,52 HRC_3). Допускается изготовление этих деталей из других материалов с механическими свойствами не ниже, чем у указанных сталей после термообработки.

При одинарной муфте перекос валов на угол γ вызывает непостоянство угловой скорости ведомого вала ω_2 при постоянной угловой скорости ведущего вала ω_1. Коэффициент неравномерности вращения ведомого вала

$$k = \frac{\omega_{2\,max} - \omega_{2\,min}}{\omega_1} = \operatorname{tg}\gamma \sin\gamma.$$

Неравномерности вращения ведомого вала можно избежать применением двух муфт (рис. 2), расположенных так, чтобы оси ведущего и ведомого валов составляли одинаковые углы с промежуточным валом и располагались в одной плоскости; вилки на обоих

концах промежуточного вала должны быть расположены в одной плоскости.

Неравномерности вращения можно избежать также применением синхронной шарнирной муфты (рис. 4). Применяя сепаратор, положение которого устанавливается делительным рычагом, получают расположение шариков в плоскости биссектрисы угла 180" — у (где у— угол перекоса валов). Число шариков в муфте- —6. Муфта допускает угол перекоса валов до 35".

Муфта с опорами скольжения (рис. 3) предназначена для передачи средних и больших вращающих моментов.

Листы 389, 390. Валы карданные. Карданные валы, применяющие-ся в автомобилях, представлены на рис. 1 и 2. Цапфы крестовин расположены в игольчатых подшипниках, что обеспечивает малые потери на трение, незначительный нагрев, малую утечку смазки. Иглы подшипников установлены без сепараторов, вилки имеют неразборные гнезда.

При радиальных усилиях нагружений торец крестовин упирается в чашку, а чашка — в накладку. Уплотняющее устройство препятствует вытеканию смазки, выдавливанию ее наружу и попаданию внутрь воды и пыли.

В упругом карданном валу фирмы *Vulkan* (Германия), приведенном на рис. 3, крутящий момент с ведущей полумуфты на ведомую передается через пакет резинометаллических элементов, сжатых в осевом направлении. Допускаемый угол перекоса +-15 . При номинальном моменте концы валов поворачиваются относительно друг друга на 8 , при максимальном моменте—на 30".

На листе 390 рис. 1 представлен карданный вал с крестовиной на игольчатых подшипниках с фиксацией чашки стопорным кольцом и уплотнением специальной конструкции. Напряженность на различных участках карданного вала неодинакова, поэтому отдельные детали изготовляются из различных материалов. Трубчатая часть изготовляется из малоуглеродистой стали 10. 15 или 20, а наконечники— из стали 40.

На листе 390 рис. 2 представлен универсальный шпиндель для приводов прокатного оборудования, разработанный ВНИИМЕТмашем. Шарнирная муфта шпинделя допускает перекос валов на 2...12'". Вилки шарниров изготовляют из стали 34ХН3М, промежуточный вал — из стали 45, оси шарниров — из стали 40ХМ. Шпиндели выпускаются четырех исполнений: L = (5…12)D), L = (4…12)D), L = (3...4) и L = (1,3...3)D). В таблице приведены данные для исполнения с L = (5...12)D.

Лист 391. Упругие втулочно-пальцевые муфты (МУВП). Вращающий момент передается пальцами и упругими втулками. ГОСТ 21424—75 устанавливает размерный ряд муфт; основные параметры (номинальный вращающий момент $T_{кр}$, предельную частоту вращения *n,* допускаемое смещение валов), габаритные и присоединительные размеры (d, *D, L* и l) приведены в табл. к рис. 1, 2. Полумуфты могут быть двух типов (с цилиндрическим и коническим отверстием под вал) и двух исполнений (с длинными и короткими концами валов).

На рис. 1 и 3 приведена типовая конструкция муфты МУВП.

Материал полумуфт — чугун марки СЧ — 21 по ГОСТ 1412—79. Материал пальцев — сталь 45 по ГОСТ 1050—74 с твердостью 241...285 НВ. Материал упругих втулок — резина с пределом прочности не менее 80 МПа и твердостью 60…70 (по твердомеру ТМ2 ГОСТ 263—75).

На рис. 4 показана муфта МУВП, применяемая в подъемно-транспортном машиностроении. Одна полумуфта выполнена в виде тормозного барабана. Размеры муфт соответствуют ГОСТ 21424—75.

Лист 392. Муфты со звездочкой. Упругая муфта со звездочкой по ГОСТ 14084—76 (рис. 1). Материал звездочки — резина маслобензостойкая с пределом прочности не менее 8,0 МПа.

Материал полумуфт — сталь 35 по ГОСТ 1050—74 (для муфт с D = 32...53 мм) или чугун СЧ21 (для муфт с D = 53…166 мм).

Наибольшее допускаемое радиальное смещение осей 0,2 мм, угол перекоса 1 30'.

На рис. 2 показана муфта фирмы *Pouille* (Франция) с резиновой звездочкой, выпускаемой двух типов: поверхность лучей звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по сфере (первоначальный контакт в точке); поверхность лучей звездочки, соприкасающаяся с кулачками, очерчена по цилиндру (первоначальный контакт по линии). Муфта со звездочкой первого типа допускает угловое смещение валов до 16 и нагрев звездочки до 90 С. Муфта со звездочкой второго типа допускает угловое смещение валов до 10 и нагрев звездочки до 80 С. При малых и средних окружных скоростях полумуфты изготовляют из серого чугуна, при больших — из стали.

Лист 393. Муфты с резиновым упругим элементом. На рис. 1 представлена пальцевая муфта с промежуточным резиновым диском по ГОСТ 25021—81. Особая форма диска и утолщения под пальцами обеспечивает оптимальное распределение напряжений в диске. На рис. 2 представлены муфты фирмы *Pouille,* упругие элементы которых изготовляют из резины в форме шаров или цилиндров. Муфты с шарами допускают угловое смещение валов до 16 , с цилиндрами—до 10 . Допустимый разогрев упругих элементов 60...90 С.

Пальцевая муфта с резинокордным диском *Strqflex* фирмы *Poulstra* (Франция) (рис. 3) отличается высокой несущей способностью. Муфта допускает осевое смещение валов 1...3 мм, радиальное— 0,1...1,0 мм, угловое—1,5" при длительном и 5...10 при кратковременном смещении валов. При действии номинального вращающего момента полумуфты поворачиваются на 2 .

Лист 394. Муфты с резиновыми упругими элементами. Муфты (рис. 1) предназначены для привода ленточных конвейеров и других машин. Главные преимущества муфт — простота конструкции

упругого элемента (вкладыша) и удобство его замены. Муфты допускают перекос валов до 1°30'. Допускаемая несоосность валов А составляет 1,0...5,0 мм (большее значение для больших муфт).

Материал деталей муфты: полумуфт — чугун марки СЧ32 ГОСТ 1412—79, допускается изготовление из стали марки 35 ГОСТ 1050—74; болтов — сталь марки 45 ГОСТ 1050—74, улучшенная 240...270 НВ; вкладышей -резина марки 3465 ТУ МХП 1166—58 с сопротивлением разрыву не менее 8,0 МПа и относительным удлинением при разрыве не менее 180%. Для малых муфт ступица и венец с кулачками могут быть изготовлены как одно целое.

На рис. 2 представлена муфта фирмы *Pouille* (Франция). Упругие элементы изготовлены из резины в форме шаров или цилиндров. Муфты с шарами допускают угловое смещение валов до 16 , с цилиндрами—до 10°. Допустимый разогрев упругих элементов при работе 80...90 С.

Лист 395. Муфты с резиновыми упругими элементами. Муфты обладают высокими упругими и компенсирующими свойствами при больших габаритах.

Резиновые или резинокордные лепестки муфты, изображенной на рис. 1, могут быть сняты без смещения полумуфт.

Муфта фирмы *Vulkan* (Германия) (рис. 2) передает большие вращающие моменты, допускает значительные частоты вращения.

В муфтах, изображенных на рис. 3, в качестве упругих элементов регулируемой жесткости использованы пневмоамортизаторы в виде гофрированных резинокордных оболочек, одна половина которых работает на сжатие, другая — на растяжение.

Представленная на чертеже сборка из двух дисков, колодок и оболочек может быть установлена на ступицы или фланцы валов, при соответствующем выполнении посадочных мест, без смещения последних.

Жесткость оболочек увеличивается с повышением давления воздуха до 0,2...0,8 МПа. Воздух нагнетают в полость оболочки через ниппель.

В таблице к рис. 3 приведены основные параметры и размеры муфт фирмы *Vulkan*.

Лист 396. Муфты упругие с торообразной оболочкой. Муфты по ГОСТ 20884—82 имеют два исполнения, различающиеся формой упругого элемента. Муфты с упругим элементом в виде внутренней части тора (рис. 2) допускают большие частоты вращения и создают существенно меньшие осевые силы на валы и опоры, обусловленные центробежными силами. Муфты допускают соединение валов с угловым перекосом до 2 , радиальным смещением до 2 мм и осевым смещением до 4 мм.

Полумуфты и другие детали изготовлены из стали марки СтЗ по ГОСТ 380—71. Торообразная оболочка выполнена из резины с сопротивлением разрыву не менее 10 МПа и модулем упругости при 100% удлинении не ниже 5 МПа.

При монтаже муфты по рис. 1 сначала с обеих сторон внутрь оболочки заводят полукольца и скрепляют кольцами и винтами. Сжатие борта оболочки не должно превышать 1/3 толщины. Величину и равномерность затяжки контролируют глубиномером. Для этого делают 3...4 отверстия диаметром 6 мм в фланцах полумуфт.

На рис. 3 представлена муфта фирмы *Stromag* (Германия), обладающая повышенной несущей способностью за счет увеличения толщины резинокордной оболочки, увеличения числа слоев корда и повышения сил сцепления борта оболочки с металлическими деталями напылением металлического порошка на них.

Лист 397. Муфты с резиновыми упругими элементами. Резинокорд-ные элементы придают муфтам повышенные упругие и компен-сирующие свойства при высокой несущей способности. Допускаемые угловые перекосы валов составляют 5...6 в зависимости от типа и размера муфты, а радиальное и осевое смещение — до 10 мм.

На рис. 1 показана конструкция муфты фирмы *Vulkan.* Винты, сжимающие борта упругих элементов, разгружены от изгибных деформаций штифтами. В конструкции муфты фирмы *Stromag* (рис. 2) предусмотрена возможность свободного осевого перемещения полумуфт.

Муфта фирмы *Stromag* (рис. 3) с резиновым упругим элементом в виде внутренней части тора, как и муфта на рис. 1, имеет кулачки, обеспечивающие соединение валов после разрушения упругого элемента.

Лист 398. Муфты с привулканизированными упругими элементами. На рис. 2 представлена упругокомпенсирующая муфта *Radiaflex* фирмы *Paulstra.* Варьированием числа резиновых упругих элементов можно менять жесткость муфты и передаваемый вращающий момент. Муфта допускает смещение валов: осевое 2...3 мм, угловое до 1° 30'. При передаче номинального момента полумуфты поворачи-ваются на 10°.

На рис. 1 представлена муфта с резиновой конической шайбой, привулканизированной к полумуфтам, разработанная в МГТУ им. Н. Э. Баумана. Форма упругого элемента обеспечивает равномерное напряженное состояние в шайбе при действии вращающего момента. Кулачки на полумуфтах обеспечивают соединение валов после разрушения упругого элемента.

На рис. 3 представлена муфта фирмы *Vulkan* с резиновой конической шайбой, привулканизированной к полумуфтам, в комбинации с компенсирующей муфтой с металлическими пластинами. Комбинация с компенсирующей муфтой существенно разгружает резиновый упругий элемент при расцентровке валов, повышая тем самым ресурс муфт.

Лист 399. Муфты с металлическими упругими элементами. На листе представлены муфты переменной жесткости, получаемой за счет формы гнезда для пружины.

В муфте фирмы *Vorst* (Великобритания) (рис. 2) упругий элемент выполнен в виде цилиндрических стержней, закладываемых в отверстия, расположенные на полумуфтах по окружности в один или два ряда. Образующие отверстий очерчены дугами окружности. Полумуфты выполнены из среднеуглеродистой стали, а упругие стержни — из пружинной стали со шлифованной и полированной наружной поверхностью. Муфта заполняется жидким смазочным материалом.

В муфте, представленной на рис. 1, упругий элемент состоит из пакетов пластин, расположенных радиально и закрепленных в одной иолумуфте. Внешние концы пакетов входят в пазы трапецеидального профиля на другой полумуфте. При увеличении вращающего момента точка приложения окружной силы перемещается к центру муфты, уменьшая длину пружин и соответственно увеличивая жесткость муфты.

В муфте, изображенной на рис. 4. упругий элемент состоит из пакетов пластин, расположенных параллельно оси муфты. Пазы для пакетов с профилем, очерченным по дуге окружности, выполнены на втулках, связанных с корпусами полумуфт кулачковым соединением с центрированием по боковым граням. Расположение пазов на отдельных втулках упрощает технологию их изготовления и позволяет применять износостойкий материал только для втулок, выполняя ступицы из низкоуглеродистой стали или чугуна.

В муфте со змеевидной пружиной (рис. 3) упругий элемент состоит из нескольких секций зигзагообразной (змеевидной) ленточной пружины, закладываемой в пазы на полумуфтах с профилем, боковые стороны которого очерчены дугами окружности.

Материал пластин (рис. 1 и 4) и ленты (рис. 3)--пружинная сталь. Детали муфт, имеющие пазы для пластин или ленты, выполняют из стали, прошедшей термообработку, обеспечивающую достаточную ее износостойкость. Муфты снабжены кожухом для удержания смазочного материала.

Для муфт, представленных на рис. 1...4, допускаемое радиальное смещение валов в зависимости от размеров муфты 0,5...2 мм, угловое до 1,5 . Угол закручивания при номинальном моменте 1,5...2,5 .

Лист 400. Муфты с металлическими упругими элементами. В муфтах, представленных на рис. 2...3, упругие элементы работают на кручение при действии вращающего момента. Муфты имеют линейную характеристику жесткости.

В упругой муфте с цилиндрическими винтовыми пружинами (рис. 3) пружины имеют предварительное поджатие, что исключает люфт в муфте. Предельный момент, при котором произойдет соприкосновение витков пружины, превосходит номинальный вращающий момент в 2...3 раза.

Муфта с фасонными стержневыми пружинами (рис. 2) применяется в одинарном или сдвоенном исполнении. Допустимое угловое смещение полумуфт для одинарной муфты до 1,5 . осевое +-1,5 мм.

Муфта с пакетами гильзовых пружин, закладываемых в круглые гнезда в полумуфтах, представлена на рис. 1. С ростом вращающего момента пружины прилегают к сухарям, изменяя жесткость муфты при кручении. Для выравнивания напряжений в отдельных пружинах пакета толщина пружины различна. Наибольшая толщина у наружной пружины. Материал полумуфт — углеродистая сталь.

МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ. ЛИСТЫ 401...424

На листах 401...403 представлены муфты жесткого сцепления. Передача вращающего момента в этих муфтах осуществляется зацеплением кулачков или зубьев ведущей полумуфты с кулачками или зубьями ведомой, что дает жесткое соединение валов с определенными угловыми положениями одного вала относительно другого. Преимущество сцепных кулачковых и зубчатых муфт — малые габариты, простота конструкции и изготовления, а также малая стоимость. Включение муфты, не имеющей синхронизатора, на быстром ходу недопустимо.

Лист 401. Муфты сцепные кулачковые. Кулачковые полу муфты снабжены выступами-кулачками на торцовых поверхностях (рис. 1). При прямоугольном профиле кулачков (рис. 1,а) возможно изменение направления вращения, причем осевая составляющая от давления на кулачках не возникает. Недостаток — включение и выключение муфт затруднено и неизбежны угловые зазоры. Прямоугольный профиль кулачков применяют в муфтах для ручного включения при остановленных валах.

Трапецеидальный профиль кулачков (рис. 1,6 и в), облегчающий включение и выключение, применяют в муфтах для передачи больших вращающих моментов. Симметричный профиль пригоден для передачи моментов в обоих направлениях, а несимметричный— только в одном. Число кулачков обычно берут в пределах 6...12.

Треугольный профиль кулачков (рис. 1, *г* и д*)* используют в муфтах для передачи главным образом небольших моментов. При симметричном треугольном профиле возможно реверсирование, при несимметричном — момент передается только в одном направлении. Число кулачков обычно в пределах 15...60.

Для облегчения включения муфт с трапецеидальным и прямоугольным профилями кулачков последние нередко выполняют с дополнительными скосами под углом 120 (рис. 1, *е)*.

В осевом сечении кулачковая муфта выполняется по одной из форм, показанных на рис. 1, *ж, з, и.* Посадка подвижной полумуфты на вал H7/f7 или *H7/g6*.

Кулачковая полумуфта с трапецеидальными кулачками изображена на рис. 2. В табл. к рис. 2 приведены размеры кулачков.

На рис. 3 представлена кулачковая муфта с центрирующей втулкой. Втулка устанавливается в расточке ведущей полумуфты.

Кулачковая полумуфта с V-образным мелким (мышиным) зубом представлена на рис. 4. В табл. к рис. 4 приведены основные параметры муфт. Основное достоинство этих муфт-- легкость и быстрота включения за счет большого числа зубьев.

Лист 402. Муфты сцепные зубчатые с механическим переключением. На рис. 1 представлены конструктивные схемы муфт. В этих муфтах одна из полумуфт имеет внешние, а другая — внутренние зубья при одинаковых модуле и числе зубьев. Для уменьшения ударов и шума при включении применяют синхронизаторы.

На рис. 2 показана форма зубьев муфты облегченного включения на ходу (при большой скорости вращения и небольших вращающихся массах). На полумуфте с внешними зубьями зубья через один укорочены наполовину, а на полумуфте с внутренними зубьями — через один удалены. Положение *а* соответствует моменту, когда муфта выключена; положение б -первому моменту включения; положение в -моменту выравнивания угловых скоростей и положение *г* — -второму периоду включения.

Зубчатые муфты с промежуточной втулкой, имеющей внутренние зубья, представлены на рис. 3 и 4. На полумуфтах выполнены зубчатые венцы с наружными зубьями. В муфте на рис. 3 включение и выключение осуществляется перемещением правой полумуфты вдоль оси ведущего вала. Для центрирования промежуточной втулки при расцеплении муфты на левом конце подвижной полумуфты установлен подшипник качения, входящий в кольцо, установленное в промежуточной втулке. В муфте, изображенной на рис. 4, включение и выключение осуществляется осевым перемещением промежуточной втулки. При расцеплении муфты промежуточная втулка центрируется по специальному пояску, выполненному на левой полумуфте. При расцеплении зубьев одной из полумуфт зубья второй полумуфты находятся постоянно в зацеплении, что обеспечивается соответствующей длиной зубьев левого зубчатого венца промежуточной втулки.

Лист 403. Двухшпоночная муфта кривошипного пресса. Муфта соединяет коленчатый вал с маховиком для выполнения единичных или автоматических ходов ползуна. При включении через электромагнит автомата 7 проходит ток, якорь магнита втягивается и через рычажный механизм поворачивает упор *2*. Упор отходит от выступа *3* на шпонках, которые под действием предварительно закрученных пружин 5 поворачиваются и входят в соответствующие гнезда втулки *4*. закрепленной в маховике. Шпонка включения обеспечивает прямое соединение вала с маховиком. Обратная шпонка предотвращает обгон маховика коленчатым валом при подъеме ползуна (под действием упругих сил со стороны штампа или штампуемой детали) или его опускания (под действием веса ползуна и шатуна).

При выключении ток в обмотке электромагнита исчезает, упор автомата выключения становится на линию движения выступа *3* шпонки; выступ, встречая упор, поворачивает шпонку включения в положение, соответствующее холостому ходу. Кулачками *6*, укрепленными на квадратных шипах шпонок, производят поворот и установку обратной шпонки в положение холостого хода одновременно с поворотом шпонки включения. Необходимый вращающий момент шпонкам при включении пресса сообщают пружины 5, заведенные предварительно при сборке муфты и во время выключения муфты. На другом конце коленчатого вала установлен тормозной механизм. Правильным расположением упора автомата выключения и регулировкой тормозного момента осуществляется достаточно точная остановка коленчатого вала в верхнем положении. Надежная работа муфты в основном зависит от качества материалов вала, шпонок, втулки, маховика и их термообработки.

Двигатель вращает шкив муфты с частотой 80 мин"[1]. Муфта может делать 40...60 включений в минуту.

Лист 404. Муфты сцепные фрикционные многодисковые с механическим переключением. Муфты работают со смазкой и всухую. Материал деталей муфты: втулки (корпуса) и гайки регулировоч-ной— сталь 45 с улучшением до твердости 260...280 НВ; нажимного диска- сталь 45 с закалкой до твердости 28...35 $HRC_э$; втулки переводной —сталь 20Х с цементацией и закалкой торцов канавки до твердости 58...62 HRC_3; рычагов — сталь 65Г твердостью 28...35 HRCэ; концов рычага, сопрягающихся с нажимным диском и переводной втулкой,— 58...62 HRCэ,.

Фрикционные диски изготовлены из стального листа или стальной ленты твердостью 40...45 HRC_3 Фрикционные металлокерамические накладки соединяются со стальной основой в процессе спекания. Фрикционные пластмассовые накладки соединены с основой методом горячего прессования.

Лист 405. Муфты сцепные фрикционные сухие с механическим переключением. Дисковая муфта сухого трения (рис. 1) предназначена для передачи небольших моментов. Открытый рычажно-кулачковый механизм управления муфты позволяет иметь свободный доступ к его частям при регулировках и ремонтах. Накладки на рабочих поверхностях внутренних дисков выполнены из фрикционных материалов.

Муфта, изображенная на рис. 2, предназначена для установки в узлах, где возможна изоляция от масла, например в шкивах.

Суммарный зазор между дисками выключенной муфты берется равным А= 1,5...2,5 мм.

В условиях частых включений для лучшей теплоотдачи предпочтительно выбирать муфты с небольшим числом дисков. Число наружных дисков при этом берут равным 1 или 2.

Фрикционные диски для муфт сухого трения изготовляют из асбестовой основы и связующего вещества — каучука, латекса или синтетических смол. Дополнительно может подмешиваться латунная стружка или проволока.

Лист 406. Муфты сцепные фрикционные с механическим переключе-нием. На рис. 1 представлена многодисковая муфта. Боковые поверхности внутренних дисков имеют радиальные выпуклости,

образующие волнистую поверхность. Для включения служат несколько рычагов, расположенных параллельно оси муфты и приводимых в действие при помощи втулки включения. При этом выпуклости (волны) на поверхности внутренних дисков упруго сжимаются. Высота волн определяет силу прижатия дисков и, следовательно, силу трения и передаваемый муфтой вращающий момент. Для регулирования последних служит упорная гайка. При выключении волны на дисках принимают прежнюю форму и автоматически разобщают диски. Для уменьшения силы включения длинные плечи рычагов снабжены роликами.

В муфте на рис. 2 упорный и нажимной диски выполнены с радиальными ребрами, обеспечивающими циркуляцию воздуха (на чертеже показано стрелками) и отвод тепла в окружающую среду. Муфта может быть выполнена также с пневматическим или гидравлическим переключением.

На рис. 3 представлена двусторонняя муфта со спиральной пружиной. На валу установлен фрикционный барабан, который свободно охватывает пружина (обычно переменного сечения). Толстый конец пружины закреплен в полумуфте, насаженной на ступицу зубчатого колеса. При включении муфты включающая втулка нажимает на длинное плечо рычага. Рычаг, поворачиваясь, нажимает установочным винтом на выступ, прикрепленный к последнему витку пружины. Тонкий конец пружины, а затем и прочие ее витки стягиваются вокруг фрикционного барабана и, начиная вместе с ним вращаться, приводят в движение ведомую полумуфту.

Лист 407. Сцепление автомобиля «Москвич 2141». Сцепление представляет собой однодисковую сухую сцепную муфту с центральной тарельчатой пружиной. Основными частями сцепления являются нажимной диск в сборе с кожухом, соединенным, в свою очередь, с маховиком, и ведомый диск с гасителем крутильных колебаний, установленный на шлицах первичного вала коробки передач. Тарельчатая пружина, обладающая нелинейной характеристикой, обеспечивает более надежную передачу вращающего момента по мере износа фрикционных накладок ведомого диска. Гаситель крутильных колебаний имеет шесть винтовых пружин, которые входят в окна пазов шлицевой ступицы, ведомого диска и пластины, соединенной с диском пальцами. Крутильные колебания гасятся за счет трения , при перемещении диска и пластины относительно шлицевой ступицы. Пружинное кольцо, сжимающее трущиеся поверхности, имеет нелинейную характеристику, поэтому износ трущихся поверхностей слабо влияет на величину момента трения.

Лист 408. Муфты сцепные фрикционные сухие конусные с механиче-ским переключением. На рис. 1 представлена конусная сцепная муфта с промежуточным фрикционным кольцом, разделенным на сек-торы-колодки, стягиваемые пружинным шнуром. Колодки выпол-нены из прессованной асбосмоляной массы. При включении муфты промежуточное кольцо зажимается между барабаном и конусными дисками.

На рис. 2 представлена двухконусная муфта, предназначенная для соединения валов, имеющих до сцепления неодинаковые частоты вращения. Корпус муфты связан с левой полумуфтой. Две внутрен-ние конические поверхности корпуса снабжены фрикционными накладками; такие же накладки прикреплены к наружным поверхностям двух внутренних конусов, которые связаны с правой полумуфтой. Последняя снабжена тремя выступами, в которых закреплены поводковые пальцы, одновременно связанные с внутренними конусами. До включения муфты контакт между фрикционными коническими поверхностями отсутствует. Сцепление муфты осуществляется перемещением включающей втулки влево через три шарнирных механизма (на рисунке виден один), которые раздвигают конусы и прижимают их к внутренним поверхностям корпуса. При этом звенья шарнирного механизма самозаклиниваются. Расцепляется муфта при перемещении включающей втулки в исходное положение.

Листы 409, 410. Муфты сцепные фрикционные с гидравлическим переключением. Муфты допускают дистанционное управление. Высокое давление масла в муфте, изображенной на листе 409, обеспечивает малые диаметральные размеры поршня, расположенного внутри пакета дисков, что сокращает осевые габаритные размеры муфты. Внутренние диски изготовляют из износостойкой закаленной стали с шлифованной поверхностью. Наружные диски имеют покрытие из спеченной керамики на основе бронзы. Масло должно иметь вязкость 16...32 сСт при температуре 50°С. Подвод масла осуществляется через отверстие в вале.

Муфта, представленная на рис. 1 (лист 410), выполнена в виде автономного узла, охватывающего вал, и может крепиться к фланцу в заданном положении вдоль оси вала. Включение муфты осуществляется пружинами, выключение — при подаче масла в цилиндр. Подвод масла через корпус. В муфте, представленной на рис. 2, диски сжимаются пальцами, запрессованными в поршень. Замена нажимного диска пальцами уменьшает массу и момент инерции муфты.

Листы 411...413. Муфты сцепные фрикционные с пневматическим переключением. В однодисковой консольной муфте (лист 411, рис. 1) фрикционный диск жестко соединен со ступицей. По окружности диска расположены отверстия с вставленными в них фрикционными вкладышами из асбосмоляной массы. Соединение ступицы с валом осуществляется одной или двумя шпонками или шлицами. Рабочее давление в воздушной полости муфты передается диафрагмой. Ход нажимного диска составляет 1,5...3 мм.

В муфте, представленной на рис. 2, применены диски с фрикционными накладками на основе асбеста. Давление на диски передается поршнем с манжетным уплотнением. Головка подвода воздуха установлена на торце муфты.

Муфты, изображенные на листе 412, имеют наружные диски с фрикционными накладками. Муфта (рис. 1) устанавливается на

конце вала. Большой объем цилиндра позволяет создать большое замыкающее усилие. Муфта снабжена регулировочной гайкой. Выключение муфты осуществляется тарельчатыми пружинами. В му-(фте изображенной на рис.2, сжатие дисков осуществляется пальцами, запрессованными в поршень. Применение пальцев исключает дополнительную нажимную деталь, уменьшает массу и момент инерции муфты.

На листе 413, на рис. 1 и 5 представлены муфты с пневмокамерами. Между диафрагмой (или пневматическим баллоном) и нажимным диском установлены пластмассовые теплоизолирующие диски (рис. 1,5). В муфте на рис. 5 в фланцах полумуфт, в промежуточном, нажимном и теплоизолирующем дисках выполнены радиальные каналы и отверстия. При вращении муфты воздух проходит по каналам (показано на чертеже стрелками), дополнительно охлаждая муфту. Эти муфты не требуют повышенной точности изготовления деталей, уплотнений; отсутствуют утечки воздуха. Муфты обеспечивают амортизацию ударов, демпфирование крутильных колебаний и виброизоляцию.

В однодисковых муфтах с большими габаритами, изображенных на рис. 2 и 3, снижены моменты инерции. Это позволяет уменьшить время переключения и нагрев муфты, что особенно важно при частых переключениях. Внутренние диски выполнены с фрикционными накладками, а наружные — с ребрами для охлаждения. Включение муфты, изображенной на рис. 2, осуществляется при подаче в цилиндр сжатого воздуха, выключение — пакетами тарельчатых пружин. Муфта, изображенная на рис. 3, используется в качестве тормоза. Включение производится пакетами тарельчатых пружин, а выключение — при подаче в цилиндр сжатого воздуха. Тарельчатые пружины, обладающие нелинейной характеристикой, обеспечивают стабильный момент срабатывания тормоза и, следовательно, редкие регулировки. Регулировка производится на стенде.

Муфта, представленная на рис. 4, охватывает вал и может крепиться к фланцу в заданном положении вдоль оси вала. Включение муфты осуществляется тарельчатыми пружинами, выключение— при подаче в цилиндр сжатого воздуха. Муфта снабжена регулировочной гайкой.

Лист 414. Муфта-шкив четырехкривошипного пресса усилием 5МН. Муфта многодисковая сухого трения с пневматическим управлением. Схема управления муфтой представлена на рис. 2. Включение муфты кнопочное от сети постоянного тока напряжением 30 В. Кнопка, расположенная на столе пресса, приводит в действие включающий вентиль, электромагнит которого открывает доступ воздуха в воздухораспределитель. Воздухораспределитель является, по существу, клапаном, проходное сечение которого много больше, чем сечение включающего вентиля. Для быстрого впуска и выпуска воздуха из полости муфты требуется еще большее проходное сечение клапана. Поэтому в воздухопровод введена специальная головка для подвода воздуха (рис. 3).

Схема подвода воздуха к тормозу, установленному на другом конце кривошипного вала, аналогична предыдущей (конструкция и размеры тормоза также подобны конструкции и размерам муфты).

Введение в воздухопровод к муфте и тормозу воздухораспределителя и головки подвода воздуха позволяет довести до минимума скольжение и износ дисков при выключении, а также приблизить остановку кривошипного вала к точке его верхнего мертвого положения. Такое устройство воздухопровода позволяет осуществлять до 50 включений в минуту.

Листы 415, 416. Муфты пневмокамерные радиального действия. Баллон для сжатого воздуха (лист 415) установлен на внутреннем барабане, разгружен от крутящего момента и поэтому не крепится к барабану. Трущиеся поверхности колодок достаточно удалены и изолированы от поверхности баллона, что допускает более частое включение и работу с перегрузками, характеризующуюся интенсивным скольжением колодок по барабану и обильным выделением тепла.

В конструкции колодок предусмотрена возможность компенсации износа фрикционных накладок. Колодка состоит из двух частей: нижней пластмассовой, лежащей непосредственно на баллоне, и верхней— металлической с приклепанной к ней фрикционной накладкой.

Если в одном положении верхняя часть колодки стыкуется с выступами нижней плоскими местами, то при повороте на 180 ее платики совпадают с выступами нижней части и тогда радиальный размер колодки увеличивается почти на половину толщины фрикционной накладки. Операцию перестройки колодок производят при указанной в таблице величине износа фрикционной накладки.

Зазор между внешним барабаном и колодками и их прижим к баллону после выключения обеспечивают рессорные пружины. При установке изношенных колодок планка на пружине поворачивается и обеспечивает необходимое первоначальное натяжение пружины.

Лист 417. Муфты шинно-пневматические. В муфте, представленной на рис. 1, каждая колодка имеет собственную шину в виде резиновой оболочки. Воздух в шины поступает через пустотелый вал и воздухопроводы. Малый объем полости шины и собственный воздухопровод обеспечивает быстрое срабатывание муфты при включении и выключении.

Муфта может сохранить работоспособность при выходе из строя даже нескольких шин. Шинно-пневматическая дисковая муфта с осевым нажимом представлена на рис. 2. В центральном теплоизолирующем пластмассовом диске, а также диске правой полумуфты имеются каналы и отверстия. При вращении муфты под действием центробежных сил через каналы проходит воздух, дополнительно охлаждающий муфты (указано на чертеже стрелками).

При увеличении размеров L и / на 30...40% за счет увеличения сечения вентиляционных каналов возможно увеличение передаваемого момента вдвое. Шинно-пневматические муфты радиального действия могут быть выполнены с двумя параллельно работающими

баллонами на один шкив. Шинно-пневматические муфты обеспечивают амортизацию ударов, демпфирование крутильных колебаний и виброизоляцию, а также компенсируют перекосы валов.

Лист 418. Муфты шинно-пневматические. Конструкция баллона шинно-пневматической муфты обжимного типа показана на рис. 1. Баллон *3* представляет собой замкнутую резинокордную оболочку, облицованную внутри и снаружи резиной. Внутренняя облицовка из эластичной резины является камерой для удержания в баллоне сжатого воздуха. Стороны оболочки, обращенные к стальному ободу 1 и колодкам 2, имеют протекторы из более твердой резины. На рис. 1 показан баллон, привулканизированный непосредственно к ободу.

Баллон (рис. 2) прикреплен к ободу болтами и металлическими пластинами 5 с резьбовыми гнездами. На внутреннем протекторе баллона укреплены шпильками металлические колодки с фрикционными накладками. Обод прикреплен к одной полумуфте, вторая полумуфта — гладкий цилиндрический шкив. Сжатый воздух поступает через ниппель *4* в полость баллона, который, расширяясь, прижимает колодки к шкиву. С падением давления между колодками и шкивом образуется зазор.

Лист 419. Муфты фрикционные электромагнитные с вынесенными дисками. В муфтах данного типа фрикционные диски не входят в магнитную цепь муфты и поэтому не намагничиваются.

На листе представлены муфты с токоподводящими кольцами (рис. 1) и с бесконтактным токопроводом (рис. 2), при котором катушка для намагничивания остается неподвижной. Муфты выполняют с одним токоподводящим кольцом (с замыканием электрической цепи через корпус муфты) или двумя.

В муфтах, предназначенных для работы в масле в качестве пары трения, используется покрытие из спеченной керамики на бронзовой основе, работающее по закаленной стали с шлифованной поверхностью. Контактные кольца таких муфт стальные, а щетки выполнены из бронзовой сетки.

В муфтах сухого трения в качестве фрикционных используются те же материалы, что и для смазываемых муфт, или накладки на асбестовой основе, работающие по стали. Контактные кольца в этом случае изготовляют из бронзы, а щетки— из меднографита.

Усилие нажатия на диски передается от якоря через навинченную на него круглую разрезную гайку. Перемещением гайки по резьбе регулируется остаточный зазор между якорем и корпусом катушки (для измерения которого щупом имеются радиальные пазы на гайке), а также компенсируется износ дисков. Гайка стопорится на якоре тангенциально установленным винтом, стягивающим гайку.

Листы 420, 421. Муфты электромагнитные однодисковые. Муфты просты по конструкции, имеют высокое быстродействие. Представленные на листе муфты с одной парой поверхностей трения имеют увеличенные габариты по сравнению с многодисковыми. Однодисковые муфты в основном работают в условиях сухого трения. Для обеспечения требуемого зазора между якорем и корпусом с катушкой и компенсации износа поверхностей трения на корпусе в муфте с якорем, перемещающимся по шлицам (лист 420), установлены два резьбовых кольца. Стопорение осуществляется затягиваемыми кольцами и подвижными шпонками, расположенными по окружности специальной формы.

На листе 421 представлена муфта с якорем на мембране и с конусной поверхностью трения. Компенсация износа и регулирования зазора поверхностей трения производится прокладками. Муфта обеспечивает передачу момента до 20 кНм при частоте вращения 1500 мин"[1], при мощности потребляемого тока 600 Вт. Масса муфты 900 кг.

На листе 421 приведена конструкция муфты, в которой якорь закреплен на стальной мембране, на деформацию которой расходуется незначительная часть усилия электромагнита. В муфте с целью разгрузки подшипников валов поставлен упорный подшипник в виде бронзового кольца, укрепленного на одной из полумуфт. Бронзовое кольцо трется о ступицу второй полумуфты только в период включения, что позволяет обходиться без смазки. Применена обмотка питания, которая потребляет мощность 53 Вт при напряжении 48 В.

Лист 422. Муфты электромагнитные зубчатые и порошковые. Муфты включаются при неподвижных валах и при небольшой относительной скорости их вращения. Возможно выключение на ходу с полной нагрузкой. Зубчатые муфты имеют короткоходовую магнитную систему и мелкий торцовый зуб.

На рис. 1 приведена конструкция муфты с контактным токопроводом, на рис. 2 — с бесконтактным. Магнитная катушка при бесконтактном подводе расположена радиально.

На рис. 3 представлена электромагнитная муфта, разработанная в Германии. Обмотка возбуждения питается постоянным током напряжением 24 В.

Лист 423. Электромагнитные муфты скольжения. Передача вращающего момента с ведущей части на ведомую осуществляется вследствие их электромагнитного взаимодействия. Ведущая и ведомая части муфт образуют замкнутую магнитную систему. Одна часть магнитной системы имеет в воздушном зазоре зубцы, выполняющие роль полюсов, и является индуктором, вторая часть, не имеющая зубцов,— якорем. При относительном вращении возбужденного индуктора и якоря последний пересекается переменным магнитным потоком, индуктирующим переменные э.д.с., взаимодействие которых с потоком полюсов создает вращающий момент, увлекающий ведомую часть за ведущей.

На рис. 1,а и *б* представлены муфты со скользящим токопроводом фирмы *Stromag* (Германия), имеющие индуктор панцирного типа с укороченными зубьями. Индуктор и ступица якоря центрированы относительно друг друга подшипниками. Контактные кольца размещены на выступающей части индуктора. Муфты

выпускаются в нескольких исполнениях, различающихся конструкциями якоря и системы охлаждения. Параметры этих муфт приведены в таблице.

На рис. 2 представлена конструкция муфты *УЕВ* (Германия) с дисковым якорем, предназначенная для установки на валах двигателей редукторов и механических передач. Муфта содержит ведущую ступицу 7, которая скреплена с дисковым якорем *7*. Ведомый индуктор состоит из зубчатых деталей *6* и *8,* между которыми размещена обмотка возбуждения *2*. Питание муфты производится через контактные кольца 5. Индуктор соединен со ступицей якоря подшипниками *3* и *4*. Система вентиляции образована радиальными ребрами на внутренней и наружной стороне ступицы.

По конструкции якоря муфты имеют несколько исполнений (рис. 3). Муфты исполнения *КА* имеют якорь с короткозамкнутыми обмотками, т. е якорь практически представляет собой плоскую беличью клетку, окна которой заполнены ферромагнитным материалом. Муфты ' исполнения *KW* имеют массивные якоря. Муфты исполнения *KS* отличаются тем, что ферромагнитные вставки якоря по размерам и шагу совпадают с торцовыми поверхностями зубцов индуктора.

Лист 424. Гидромуфта. Муфта выполнена в комбинации с упругокомпенсирующей муфтой с резиновыми брусками, работающими на сжатие при передаче крутящего момента. С целью быстрого самоосвобождения рабочей полости от масла по мере разгона муфты на турбинном колесе имеется специальный порог, способствующий при значительных скоростях вращения перетеканию масла из рабочей полости в сборную полость. На насосном колесе расположена камера облегченного пуска. При неподвижной гидромуфте камера заполнена маслом, по мере разгона камеры под действием центробежных сил жидкость через ряд малых отверстий перетекает в сборную полость; таким образом обеспечивается защита двигателя от перегрузок при разгоне. Увеличение крутящего момента происходит при перетекании масла из сбросной полости в рабочую полость муфты.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ МУФТЫ. ЛИСТЫ 425...432

Предохранительные муфты служат для предохранения деталей машин от воздействия перегрузок.

По принципу работы различают муфты с разгружающимся элементом, которые полностью прекращают передачу крутящего момента; муфты фрикционные и кулачковые, которые ограничивают величину момента, позволяя валам проворачиваться относительно друг друга, передавая лишь тот момент, на который муфты настроены.

***Лист 425*. Муфты предохранительные.** На рис. 1 и 2 представлены муфты с разрушающимся элементом в виде цилиндрического штифта тфработающего на срез. Такие муфты применяют в машинах с редкими случайными перегрузками. Втулки *1 и 2* (рис. 1) изготавливают из стали 40 Х с последующей термообработкой до твердости 50...60 HRC_3 . Штифт *4* изготавливают из сталей У8А, У10А или 40, 50, 60. При перегрузке штифт срезается и после отворачивания винта *3* удаляется. Для облегчения замены штифта на наружную поверхность полумуфт наносят риски-метки, при совмещении которых оси отверстий втулок *2 и 1* совпадают. Вместо гладких штифтов могут применяться штифты с проточкой (рис. 2). Они проще удаляются после разрушения, так как заусенец не выступает за пределы диаметра штифта.

Лист 426. Муфты предохранительные шариковые. На рис. 1 приведена шариково-кулачковая предохранительная муфта для металлорежущих станков.

Муфта (рис. 2) выполнена по типу муфты фирмы *SAD i*; внутренняя полость муфты заполнена маслом.

Лист 427. **Муфты предохранительные фрикционные.** На рис. 1 представлена муфта по ГОСТ 15622—77 общемашиностроительного применения. Муфты выполняются с цилиндрическим посадочным отверстием и шпоночным пазом по ГОСТ 23360—78, со шлицевым посадочным отверстием, соответствующим соединению средней серии по ГОСТ 1139—80 и со шлицевым посадочным отверстием по ГОСТ 6033—80. Допускаемое отношение моментов срабатывания

$T_{max}/T_{ном} = 1,2$

На рис. 2 дан пример конструкций муфты для соединения вала с деталью, свободно на нем установленной, и для соединения двух валов.

Лист 428. Муфты центробежные. На листе представлена муфта фирмы *CROFITS* (Великобритания), выпускаемая двух модификаций: с постоянным поджатием колодок *3* к полумуфте *4* и свободным расположением колодок (винты *1* и пружины *2* отсутствуют). Колодки *4* имеют фрикционные накладки. Ведомая полумуфта *4* выполняется либо цельной, либо состоящей из двух деталей, что упрощает монтаж и уход за муфтой.

В таблицах представлены значения мощности, передаваемой муфтами с пружинами сжатия в зависимости от частоты вращения и числа колодок, и основные геометрические размеры.

Лист 429. Муфты центробежные. На рис. 1 представлена колодочная муфта фирмы *Vulkan* (Германия) для соединения со шкивом клиноременной передачи. По мере разгона ведущей полумуфты колодки под действием центробежных сил смещаются в радиальном направлении и прижимаются к рабочей поверхности ведомой полумуфты, создавая силу трения, необходимую для вращения ведомой полумуфты. Крышка предохраняет колодки от осевых смещений. Замена колодок производится без разборки муфты, после снятия крышки.

На рис. 2 представлена комбинация центробежной муфты, запол-

Внутренняя полость муфты заполняется стальными шариками диаметром 5...10 мм. Для уменьшения износа шарики смазывают маслом или графитом.

Лист 430. Муфты центробежные. На рис. 1 представлена двухрядная колодочная муфта для соединения валов. Процесс сцепления муфты состоит из двух этапов: после разгона ведущей полумуфты происходит сцепление полумуфт одним рядом колодок, сцепление полумуфт вторым рядом колодок осуществляется после разгона ведомой полумуфты, благодаря этому процесс сцепления происходит плавно.

На рис. 2 изображена двухрядная муфта для соединения вала с деталью, свободно установленной на том же валу.

Лист 431. Муфты центробежные. Крутящий момент в центробежных колодочных муфтах передается силами трения. Величина передаваемого ими момента пропорциональна квадрату скорости вращения полумуфт.

Любая из полумуфт имеет свой ряд колодок, каждая из них может быть ведущей, так как благодаря зубьям на торцах пластин и осям шарниров рычаг может быть повернут относительно шарнира на такой угол, чтобы колодки не касались рабочей поверхности ведомой полумуфты у невращающейся муфты. По мере разгона ведущей полумуфты центробежные силы преодолевают упругие силы резины и прижимают колодки к ведомой полумуфте. Наличие в муфте резиновых втулок и торцевого шлицевого закрепления рычагов позволяет создавать и регулировать предварительный натяг или зазор между колодками и шкивом. Благодаря шарнирам муфта обладает крутильной податливостью. При изменении направления вращения крутящий момент меняется.

Лист 432. Муфты центробежные с дробью. Для плавного разгона машин с большими маховыми массами и предохранения машин от кратковременных перегрузок служат муфты «Штромаг». Внутренняя полость муфты заполняется рабочей смесью крошки стальной из проволоки с графитом.

С увеличением количества рабочей смеси в муфте увеличивается ее несущая способность; при этом сокращается время полного сцепления полумуфт. По мере разгона ведущего вала под действием центробежных сил дробь уплотняется и плавно увлекает ведомый диск, связанный с ведомой частью муфты. Для лучшего сцепления рабочей смеси со стенками кожуха в муфте выполнен ряд радиальных ребер. Компенсация неточности расположения валов осуществляется за счет резинокордного диска.

ОБГОННЫЕ МУФТЫ. ЛИСТЫ 433...436

По принципу работы обгонные муфты могут быть подразделены на храповые и фрикционные.

Листы 433...435. Муфты обгонные роликовые. Муфты могут быть выполнены с тремя или пятью роликами. Заклинивание роликов осуществляется между обоймой *1* и ступицей *2*. В двух последних размерах муфт исполнения 2 на ступице под роликом установлен сухарь из закаленной стали. Муфты исполнений 2 и 3 без поводковой вилки связывают две кинематические цепи и передают вращение в одном направлении. Муфты исполнения 3 снабжены дополнительной деталью — поводковой вилкой, которая может принудительно выталкивать ролики из клиновой щели. Эти муфты, связывающие три кинематические цепи, передают медленное вращение в одном направлении и ускоренное вращение в двух направлениях. Даны примеры встройки муфт в приводы. Целесообразно центрировать обоймы и ступицы посредством подшипников качения или скольжения.

Лист 436. Муфты обгонные. У роликовой обгонной муфты (рис. 1) для центрирования ступицы и обоймы установлены два шарикоподшипника. Рабочая поверхность ступицы выполнена в виде правильного многоугольника, на гранях которого закреплены отжимающие пружины. Для уменьшения трения о рабочие ролики пружины снабжены вращающимися на осях роликами.

Ступица и обойма обгонной муфты (рис. 2) имеют цилиндрические рабочие поверхности, вместо роликов применены эксцентрики. Эксцентрики имеют пазы, которыми опираются на винтовую пружину, охватывающую ступицу, чем достигается ориентирование роликов в одном положении.

На рис. 3 представлена бесконтактная муфта. При достижении наружной звездочкой определенной скорости ролики под действием центробежной силы займут положение, обеспечивающее зазор *S,* и будут двигаться без контакта с внутренней обоймой, что снизит потери в механизме муфты. Этот зазор будет сохраняться в течение всего свободного хода. При снижении скорости движения ведущего элемента муфта автоматически включится.

КОМБИНИРОВАННЫЕ МУФТЫ. ЛИСТЫ 437...464

Нередко от муфт требуется комплекс свойств, сочетание в одной конструкции различных функций. В этом случае объединяют различные по назначению муфты. Полученные в результате объединения конструкции называют комбинированными муфтами.

Лист 437. Конструирование комбинированных муфт. Рис. 1 иллюстрирует сущность создания комбинированной муфты на примере объединения компенсирующей (или упругокомпенсирующей) и предохранительной муфт. На рис. \,*а* и *б,* где представлены схемы соответственно компенсирующей и предохранительной муфт, обозначено: 1 и *3* — полумуфты компенсирующей муфты; 2 — промежуточный (плавающий или упругий) элемент компенсирующей муфты; *4* и *6* — полумуфты предохранительной муфты; 5 — предохранительный элемент. На рис. 1, в представлена схема комбинированной муфты. Полумуфты *1* и 6 устанавливают соответственно на ведущий и ведомый валы без изменения конструкции. Полумуфты *3* и *4* объ-

единяют и устанавливают на ведомом валу на подшипнике скольжения (или качения), предельно сокращая размер l_0. На рис. 1,*г* полумуфты *3* и *4* установлены на ступице полумуфты *б,* что позволяет уменьшить размер *L*. На рис. *2, а* представлены полумуфты *4* я *6* муфты по рис. 1,*г,* а на рис. 2,6 и *в* — варианты выполнения полумуфты *6*. На рис. 2 г представлены варианты установки штифтов в полумуфтах *4* и *6*.

Листы 438...440. Комбинирование компенсирующей и предохранительной с разрушающимся элементом муфт. На рис. 1 и 2 (лист 438) компенсирующие муфты изображены не полностью -показана часть объединенной муфты. На рис. 1 штифт предохранительного устройства имеет канавки в местах среза. Срезанный участок штифта выталкивают в промежуток между полумуфтами компенсирующей и предохранительной муфт, после чего штифт устанавливают в новое положение.

Предохранительное устройство имеет радиальный размер больше размера компенсирующей муфты (рис. 2). Это позволяет разместись резьбовую пробку, предохраняющую штифт от выпадания, со стороны компенсирующей муфты и тем самым несколько сократить осевой габарит муфты.

В муфте, изображенной на рис. 3, доступ к штифту обеспечивают выемки между лучами упругого элемента.

На листе 439, рис. 1, компенсирующая часть выполнена в виде муфты со скользящим сухарем.

В конструкции муфты, показанной на рис. 2. функции компенсирующей выполняет зубчатая муфта. Правая крышка зубчатой муфты выполнена разъемной.

В конструкции, представленной на листе 440, рис. 1, компенсирующие функции выполняет пальцевая муфта с упругим диском. Диск армирован кордом. Штифты установлены на втулках, завинченных в фланцы полумуфт. Для обеспечения минимального зазора между плоскостями среза под фланец одной втулки установлено компенсаторное кольцо. Взаимное расположение приливов (фланцев) на полумуфтах позволяет заменить срезанные штифты.

В конструкции, представленной на рис. 2, смещения валов комденсирует зубчатая муфта.

.Листы 441, 442. Комбинирование упругой и предохранительной с разрушающимся элементом муфт. Конструкции, представленные на листе 441, в основном отличаются исполнением упругой муфты: со стальными стержнями (рис. 1); с винтовыми пружинами, работающими на сжатие (рис. 2); с резиновыми цилиндрами, работающими на сжатие и сдвиг (рис. 3). Даны варианты выполнения втулок для установки штифтов, стопорения резьбовой пробки и крепления полумуфт на валах.

В конструкциях, изображенных на листе 442, упругие свойства обеспечивают втулочно-пальцевая муфта (рис. 1), муфты с резиновыми цилиндрами и брусками, работающими на сжатие (рис. 2 и 3). Для удаления срезанного штифта объединенная полумуфта (рис. 1) выполнена с лысками, а на фланце наружной полумуфты упругой муфты имеется прорезь (рис. 3). Доступ к штифту (рис. 2) осуществляется через отверстие в крышке, предохраняющей резиновые цилиндры от выпадания. Объединенная полумуфта установлена на фланце полумуфты предохранительной муфты.

Листы 443, 444. Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-кулачковой муфт. На рис. 1 (лист 443) упругая муфта полностью не показана. Осевую силу сжатой пружины воспринимает упорный подшипник. Подвижная полумуфта кулачковой муфты и регулировочная втулка установлены на валу на шлицах. Кулачки объединенной полумуфты выполнены на сменной втулке.

Объединенная полумуфта, изображенная на рис. 2, установлена на валу на подшипнике скольжения, имеющем бурт. Кулачки выполнены непосредственно на объединенной полумуфте. Подвижная полумуфта кулачковой муфты и регулировочная втулка установлены на валу па направляющей шпонке. Кулачки изображены в выключенном положении муфты.

В конструкциях, представленных на листе 444, упругие свойства обеспечивают работающие на сжатие и сдвиг резиновые цилиндры (рис. 1) и резинометаллический упругий элемент (рис. 2). Кулачки объединенной полумуфты выполнены на сменных втулках. Сменная втулка на рис. 1 посажена на ступицу полумуфты с натягом, а на рис. 2 соединена с полумуфтой штифтами.

Лист 445. Комбинирование компенсирующей и предохранительной пружинно-шариковой муфт. Кулачки объединенной полумуфты выполнены на сменных втулках, которые крепятся к полумуфтам винтами. Вращающий момент с полумуфты на втулку передают штифты. В конструкции муфты (рис. 1) корпус шариковой муфты и регулировочная втулка установлены на валу на шлицах, а в конструкции муфты, изображенной на рис. 2, каждая пружина регулируется независимо резьбовой пробкой, что позволяет несколько сократить длину консольного участка вала.

Лист 446. Комбинирование цепной и предохранительной пружинно-шариковой муфт. Кулачки объединенной полумуфты выполнены на сменной втулке, которая крепится к полумуфте винтами. Вращающий момент с полумуфты на втулку передают штифты. Осевую силу сжатых пружин воспринимает упорный подшипник. Корпус шариковой муфты и регулировочная втулка установлены на валу на шлицах.

Лист 447. Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-шариковой муфт. Упругая муфта с повышенной компенсирующей способностью выполнена с шестью подковообразными резинокордными упругими элементами, которые с помощью нажимных колец и винтов крепятся к фланцам полумуфт. Сжатие упругих элементов регулируется сменными кольцами. Предохранительная муфта выполнена с радиальными пружинами. Гнезда для шариков и пружин расположены в промежутках между упругими элементами. Пружины регулируют резьбовыми пробками. Упорный подшипник восприни-

мает осевую силу, создаваемую упругими элементами при нагруже-нии муфты вращающим моментом и при вращении муфты.

Листы 448, 449. Комбинирование компенсирующей и предохранительной фрикционной муфт. На листе 448 компенсирующая муфта полностью не показана. На рис. 1...3 представлены конструкции, в которых диаметры компенсирующих и предохранительных муфт близки. Достоинством конструкций, изображенных на рис. 1 и 2, является наличие у объединенной полумуфты двух опор. Недостток— обработка шлицевых пазов долбяком. В конструкции, представленной на рис. 3, обработка шлицевых пазов дисковой фрезой более производительна, но полумуфта установлена на одной опоре. В конструкции муфты, представленной на рис. 4, предохранительное устройство размещено снаружи компенсирующей муфты, что позволяет уменьшить осевой размер муфты и длину консольного участка вала. Удобнее обработка шлицев. Даны варианты выполнения шлицев на полумуфтах.

В конструкциях, представленных на листе 449, функции компенсирующей выполняет муфта со скользящим сухарем. Исполнения муфт, показанные на рис. 1 и 2, позволяют уменьшить длину консольного участка вала.

Листы 450...456. Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт. В конструкциях, представленных на листе 450, упругие свойства обеспечивают муфты с аксиальными пакетами плоских пружин. В муфте, представленной на рис. 1, пакеты пружин закреплены своими концами в хвостовиках посредством штифтов. Левый, неподвижный конец пакета крепится к полумуфте с помощью пружинного кольца. В полость корпуса упругой муфты, изображенной на рис. 2, закладывается пластичный смазочный материал.

В конструкциях на листах 451...455 применены упругие муфты с неметаллическими упругими элементами. Упругие муфты, изображенные на листах 451...452, отличаются сравнительно небольшими габаритами. В конструкциях, изображенных на листе 451, использованы упругие муфты со звездочками, а на листе 452 — с резинометаллическими упругими элементами. В фланцах упругой муфты на рис. 1 (лист 452) выполнены отверстия, в которые вставлены резинометаллические упругие элементы. Упругий элемент состоит из концентрических металлических втулок, между которыми находится привулканизованная к ним резина. Внутренняя втулка сплошная, наружная состоит из двух частей, имеющих упорные бурты. В муфте, представленной на рис. 2, сокращен осевой размер. В конструкциях, изображенных на листе 453, упругие муфты снабжены резиновыми цилиндрами, работающими через один на сжатие.

На листах 454, 455 упругие элементы выполнены в виде оболочек вращения. Муфта, показанная на рис. 1 (лист 454), имеющая малый осевой размер, предназначена для соединения вала одного узла с фланцем другого. Перспективны торообразные оболочки вогнутого профиля (рис. 2 и 3). В конструкциях, представленных на листе 455, использованы горообразные оболочки выпуклого профиля. Разрезные оболочки (рис. 1 и 2) позволяют создать муфту с меньшим осевым размером, чем при использовании неразрезной оболочки (рис. 3).

Разнообразны конструкции, представленные на листе 456. На рис. 1 показано сочетание упругой муфты с радиальными резиновыми брусками и предохранительной конусной муфты. Предохранительная муфта имеет промежуточное фрикционное кольцо, составленное из отдельных секторов-колодок, стягиваемых пружинным шнуром. В конструкции, изображенной на рис. 2, объединены упругая муфта с цилиндрическими винтовыми пружинами, работающими через одну на сжатие, и предохранительная конусная муфта. Конструкция имеет малый осевой размер.

В муфте, представленной на рис. 3, размещение предохранительного устройства внутри объединенной полумуфты позволяет сократить осевой размер. В конструкции, показанной на рис. 4, внутренняя полумуфта упругой муфты закрепляется на валу посредством кольца, насаживаемого с помощью винтов на коническую ступицу полумуфты. В конструкции, изображенной на рис. 5, полумуфты упругой муфты соединяются через пальцы, запрессованные в полумуфты, и два упругих резиновых элемента в форме колец, свободно установленных на ступицах полумуфт.

Лист 457. Комбинирование упругой и сцепной дисковой муфт. Упругие муфты — пальцевые с упругим диском (рис. 1, 4) или с упругим элементом в виде оболочек вращения (рис. 2, 3). Сцепные муфты с механическим переключением. Давление от нажимного устройства на фрикционные поверхности передается через пружину (рис. 1, 3) или непосредственно (рис. 2, 4). В сцепных муфтах, изображенных на рис. 1 и 3, предусмотрены регулировочные гайки. Объединенная полумуфта установлена на подшипнике скольжения (рис. 1, 2) или на подшипниках качения (рис. 3, 4).

Лист 458. Комбинирование упругой и сцепной муфт. На рис. 1 представлено сочетание упругой муфты с резинометаллическими дисками и сцепной двухконусной муфты с механическим переключением. Резинометаллические диски выполнены так, что при их осевом сближении в резине возникают предварительные напряжения, повешающие ресурс муфты. Наличие металлических колец в средней части дисков увеличивает радиальную жесткость упругих элементов.

В конструкциях, представленных на рис. 2 и 3, применены сцепные муфты с пневматическим управлением. В муфте, представленной на рис. 2, упругий элемент выполнен в виде резинометаллического диска. Сжатый воздух подводится в цилиндр сцепной муфты через корпус. Конструкция особенно удобна, если невозможен подвод воздуха с торца вала. В комбинированной муфте, представленной на рис. 3, упругими элементами являются разнокордные оболочки переменного сечения. Подвод сжатого воздуха в цилиндр сцепной муфты осуществляется с торца вала. Отключение сцепной муфты происходит с помощью пружин. Во всех конструкциях, представлен-

ных на листе, объединенная полумуфта установлена на подшипниках качения.

Лист 459. Комбинирование компенсирующей, упругой и сцепной конусной муфт. Представленные на листе комбинированные муфты предназначены для передачи больших вращающих моментов (до 315 КНМ на рис. 1 и до 700 КНм на рис. 2) и применяются в судостроении. В конструкциях применены сцепные фрикционные сухие двухконусные муфты с пневматическим переключением. Вращающий момент передается на внутренние конусы сцепных муфт через упругие стальные диски. Отключение сцепной муфты осуществляется цилиндрическими винтовыми пружинами растяжения (рис. 1) или за счет упругости стальных дисков, которые деформируются при включении муфты (рис. 2).

Лист 460. Муфты комбинированные. На рис. 1 представлена упругопредохранительная муфта с шиной. Несколько увеличенный профиль сечения шины улучшает упругие и компенсирующие свойства муфты. В конструкции, изображенной на рис. 2, сцепная муфта имеет пневмокамеру и фрикционные колодки, связанные с наружной полумуфтой посредством стержней и подпружиненные в радиальном направлении. При подаче в пневмокамеру сжатого воздуха она расширяется и прижимает колодки к ободу, опирающемуся через промежуточные кольца на внутреннюю полумуфту. Окружная сила передается через стержни и колодки на обод, и далее через резинокордные упругие элементы на внутреннюю полумуфту. Пневмокамера же в передаче вращающего момента не участвует. При удалении воздуха из пневмокамеры пружины возвращают фрикционные колодки в исходное положение.

Листы 461, 462. Комбинирование упругой и сцепной электромагнитной муфт. Упругие муфты—с резинокордными оболочками вращения (лист 461; лист 462, рис. 1) и пальцевая с упругим диском (лист 462, рис. 2). Муфты сцепления — фрикционные дисковые или зубчатые с зубьями на цилиндрических или торцовых поверхностях — отключаются возвратными пружинами. Объединенные полумуфты установлены на подшипниках качения.

Лист 463. Комбинирование упругой и обгонной муфт. В конструкциях, представленных на рис. 1...4, обгонные муфты выполнены с цилиндрическими роликами, на рис. 5 — с эксцентриковыми роликами. Обойма и ступица обгонных муфт центрируются посредством подшипников качения. В конструкциях применены упругие муфты с цилиндрическими винтовыми пружинами сжатия (рис. 1 и 3), втулочно-пальцевая (рис. 2), с резинометаллическим диском (рис. 4), с радиальными резиновыми брусками (рис. 5).

Лист 464. Муфты комбинированные. На рис. 1 представлено сочетание обгонной муфты с цилиндрическими роликами и шарнирной муфты. Одна из вилок шарнирной муфты снабжена фланцем, который крепится к торцовой крышке обгонной муфты. На рис. 2 шарнирная муфта карданного вала объединена с упругой муфтой, которая снабжена радиальными кулачками, ограничивающими закручивание муфты. Упругий элемент выполнен в виде резинокордной оболочки переменного сечения. На рис. 3 показано сочетание упругой муфты с резиновыми втулками, обгонной муфты с цилиндрическими роликами и сцепной фрикционной многодисковой муфты с механическим переключением.

Конструкция, представленная на рис. 4, является сочетанием центробежной муфты с дробью и упругой муфты с разрезной торообразной оболочкой. Центробежная муфта состоит из ступицы и корпуса, отлитого из легкого металла. На наружной и внутренней поверхностях корпуса имеются ребра. Наружные ребра служат для охлаждения корпуса, внутренние — для лучшего сцепления с рабочей смесью. К ступице центробежной муфты крепится диск с лопастями. Внутренняя полость корпуса заполняется рабочей смесью из крошки стальной проволоки с графитом. Ведущим является корпус. По мере разгона корпуса центробежной силой увлекается диск с лопастями и ступицей.

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СМАЗЫВАНИЕ. УПЛОТНЕНИЯ. ЛИСТЫ 465...506

Смазывание, т. е. подведение смазочного материала к поверхностям трения, является одним из эффективных путей обеспечения их износостойкости и снижения энергетических потерь. Для машиностроения общего назначения обычно используют жидкие смазочные материалы (смазочные масла) и пластичные смазочные материалы (ПСМ).

Смазочные масла обладают хорошей проникающей способностью в трущийся контакт, с их помощью можно осуществить значительный теплоотвод, удалить продукты изнашивания из зоны трения и защитить от коррозии. Масляные слои обеспечивают снижение динамических нагрузок и повышают демпфирование и герметичность узла. Сравнительно невысокая стоимость нефтяных масел определяет их широкое распространение. Однако серьезным недостатком нефтяных масел является зависимость вязкости от температуры и давления, сказывающаяся на изменении служебных свойств. С повышением температуры снижается вязкость масла, уменьшается толщина масляного слоя и несущая способность масляной пленки. Повышение вязкости при низких температурах снижает КПД и даже может препятствовать нормальному (без предварительного подогрева) пуску машины в работу. Увеличение давления в зоне непосредственного контакта вызывает повышение вязкости масла. Однако при этом, как правило, растет температура и происходит нивелирование встречных физических процессов.

Вязкость синтетических масел меньше, чем вязкость нефтяных масел зависит от температуры, диапазон рабочих температур их шире, выше термоокислительная стойкость: некоторые сорта имеют

повышенную маслянистость, другие — негорючесть. Однако стои-мость синтетических масел на порядок выше нефтяных и поэтому их применение в машиностроении общего назначения весьма ограничено.

В настоящее время масла растительного и животного происхождения из-за низкой долговечности, незначительной механической прочности и термостабильности в чистом виде практически не применяют, несмотря на высокую маслянистость. В основном их используют как присадки или в качестве компонентов в рабочих жидкостях (например, в тормозных жидкостях).

Твердые смазочные материалы в виде покрытий или, реже, в виде порошков назначают для работы узлов трения в экстремальных условиях по разряжению рабочей среды (вакууму) или по температуре, что не является характерным для машиностроения общего назначения.

При весьма высоких скоростях движения смазывание выполняют масляным туманом во избежание больших потерь, а при сверхвысоких скоростях — очищенными, лучше инертными газами, подводимыми в зону трения под давлением (газостатическая смазка).

Лист 465. Смазочные масла. Приведены наиболее распространенные в СНГ марки масел нефтяного происхождения, используемых в машинах и узлах трения общего назначения, а также значения их кинематических вязкостей, измеряемых при температуре 40 С (v_{40}). 50° С (v_{50}) или при 100°С (v_{100}). В расчетах принимают динамическую вязкость, причем

$$\mu = \nu\rho,$$

где q = 820...960 кг/м^3 — плотность нефтяных масел при атмосферном давлении и температуре 20°С.

Единицы вязкости приведены в табл. 7.

Индекс вязкости ИВ (по Дину и Девису) характеризует зависимость вязкости масла от температуры в области положительных температур; значения ИВ = 80... 100 и выше характеризует более слабое снижение вязкости с возрастанием температуры, чем для масел с ИВ<=60.

Индустриальные масла применяют в промышленном оборудовании. Обозначение этих масел состоит из четырех групп знаков, расположенных в определенной последовательности и разделенных знаком «дефис». Первая буква И — индустриальное. Вторая группа прописных букв обозначает рекомендуемую область назначения: Л — легко нагруженные узлы; Г — гидравлические системы; Н — направляющие скольжения; Т — тяжело нагруженные узлы. Третья группа прописных букв обозначает состав масла: А — минеральные масла без присадок; В — минеральные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками; С — минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками; Д — минеральные масла с антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными присадками; Е — минеральные масла с антиокислительными, адгезионными, противоизносными, противозадирными и противоскачковыми присадками. Четвертая группа— цифры, характеризующие класс вязкости, т. е. среднее значение кинематической вязкости при температуре 40 С, измеряемой в мм^2/с (сСт): 2; 3; 5; 7; 10; 15; 22; 32; 46; 68; 100; 150; 220; 320; 460; 680; 1000; 1500.

Названия специализированных масел свидетельствуют об особом их назначении, однако они находят также широкое применение для смазывания передач и узлов трения общего назначения.

Таблица 7

Вязкость	Единицы измерения в системах		
	СИ	СГС	Перевод единиц
Динамическая μ	Па · с	П (пуаз) = дина · с/см^2	П = 0,1 Па · с
Кинематическая ν	м^2/с	Ст (стокс) = см^2/с	Ст = 10^{-4} · м^2/с или сСт = мм^2/с

Трансмиссионные масла предназначены для смазывания агрегатов трансмиссий различной техники, а также могут применяться в тяжело нагруженных узлах трения, включая механические передачи. Обозначение этих масел состоит из трех групп знаков, расположенных в определенной последовательности и разделенных знаком «дефис». Первые буквы ТМ—трансмиссионное масло. Вторая цифра характеризует принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам: 1—без присадок; 2 — с противоизносными присадками; 3 с противозадирными присадками умеренной эффективности; 4— с противозадирными присадками высокой эффективности; 5 —-с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия. Третья цифра — класс вязкости, т. е. среднее значение кинематической вязкости при температуре 100 С и измеряемой в мм^2/с (сСт). У третьей цифры может быть индекс «з», обозначающий наличие загущающей присадки.

Гидравлические масла применяют в качестве рабочей жидкости в гидросистемах различных механизмов, в том числе эксплуатируемых на открытом воздухе; обозначение этих масел состоит из трех групп знаков, расположенных в определенной последовательности и разделенных знаком «дефис». Первые буквы МГ — минеральное гидравлическое масло. Вторая цифра — класс вязкости, т. е. среднее значение кинематической вязкости при температуре 40° С, измеряемой в мм^2/с (сСт). Третья буква характеризует принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам: А — без присадок; Б — с антиокислителями и антикоррозионными присадками; В — с антиокислителями, антикоррозионными и противоизносными присадками.

Листы 466, 467. Пластичные смазочные материалы. Пластичные смазочные материалы (ПСМ) состоят из жидкой основы (смазочное масло) и из загустителя (обычно мыла жирных кислот). Загуститель образует жесткий каркас, в ячейках которого удерживается жидкое масло. При небольших нагрузках они ведут себя как твердые тела — не растекаются, удерживаются на наклонных и даже вертикальных поверхностях. С увеличением скорости деформирования их вязкость резко снижается (определяющее свойство неньютоновских жидкостей); при снятии нагрузок их упругие свойства восстанавливаются.

Специфические свойства ПСМ определяют их преимущественное применение: в открытых или трудногерметизируемых узлах трения; с малым тепловыделением; работающих в широком диапазоне температур, нагрузок, скоростей; с ресурсным смазыванием; для длительной консервации. По назначению они делятся на антифрикционные, консервационные и уплотнительные. Для узлов трения общего назначения используют в основном антифрикционные ПСМ, наиболее распространенные марки которых и основные их показатели приведены в таблице.

Лист 468. Выбор масел для смазывания зубчатых передач. Приведены ориентировочные рекомендации для целевого выбора масел для смазывания зубчатых передач общего назначения в зависимости от режима смазки и наиболее вероятного (ожидаемого) вида отказа. Окончательный выбор проводят экспериментальным путем и уточняют опытной эксплуатацией. Определяющим показателем эффективности действия смазочного материала является толщина масляного слоя в трущемся контакте, зависящая от линейной скорости, вязкости масла в зоне трения и геометрических параметров контактирующих поверхностей. При десятикратном превышении толщины масляного слоя величины $\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}$ (здесь R_{a1} и R_{a2} — средние арифметические отклонения профилей шероховатостей контактирующих поверхностей) практически наступает режим жидкостной смазки — наиболее благоприятный безызносный режим трения. При низких скоростях и высоких контактных давлениях или температурах обычно наблюдается наиболее неблагоприятный вид трения — трение масляных пленок, т. е. граничная смазка. Решающее значение в этих условиях играет липкость смазочного материала, т. е. способность образовывать прочные и относительно толстые (полимолекулярные) пленки, достигается в настоящее время в основном с помощью присадок. Полужидкостная смазка смешанный вид жидкостной и граничной смазки.

В зависимости от режима работы стальных зубчатых колес могут наблюдаться наиболее характерные виды отказов:

в тяжелонагруженном контакте, работающем при объемной температуре масла $\vartheta > 110$ °С или при весьма низких окружных скоростях $v \leqslant 0{,}5...2$ м/с и $\vartheta < 80$ °С, может возникнуть заедание - наиболее опасный вид отказа:

в средне- или легконагруженных передачах, в которых не обеспечена жидкостная смазка, неизбежно изнашивание от истирания рабочих поверхностей вершинами микронеровностей;

в остальных случаях происходит или усталостное выкрашивание при твердости рабочей поверхности зубьев $< 55\text{HRC}_э$, или усталостная поломка зубьев при твердости $\geqslant 55\text{HRC}_э$.

Загрязнение смазочного масла абразивными частицами или продуктами изнашивания, старение масла, а также частые пуски и остановки передач под нагрузкой повышают интенсивность истирания. Уменьшения истирания достигают совершенствованием герметизации передач, фильтрацией масла и воздуха, засасываемого во внутрь при остывании, и путем использования масел с противоизносными присадками. Вероятность возникновения заедания эффективно снижают противозадирными присадками. Однако оба эти вида присадок способны ослабить сопротивление контактной усталости и понизить ресурс передач.

Во избежание больших энергетических потерь в зубчатых передачах ограничивают вязкость смазочного масла в зависимости от комплексного параметра зоны трения $5 \cdot 10^{-6} \sigma_H^3 / v$ (где σ_H — контактное напряжение но Герцу в МПа, г- окружная скорость в м/с), учитывающего также увеличение толщины масляной пленки с возрастанием вязкости масла.

Периодичность смены масла устанавливают опытным путем:

эксплуатация не подверженных истиранию передач в отапливемых незапыленных помещениях допускает смену масел через 10... 15 тыс. ч работы;

при ухудшении условий работы и при отсутствии систематического контроля качества в процессе эксплуатации легированные масла меняют через 2500... 5000, нелегированные — в 2...3 раза чаще.

Изложенные рекомендации даны для закрытых передач и узлов трения, в достаточной степени хорошо защищенных от внешней среды.

По сравнению с базовыми стоимость современных легированных масел выше. Но их применение оправдывает более высокая эффективность и долговечность.

Лист 469. Выбор масел для смазывания передач и узлов трения. Обоснование выбора масла для смазывания зубчатых передач, изложенное выше, в полной мере справедливо для других узлов трения с учетом специфики их работы. В передачах винт — гайка скольжения, в червячных и цепных передачах, а также в направляющих скольжения и смазываемых муфтах обычно наблюдается полужидкостная или граничная смазка. Поэтому для них применяют легированные масла с учетом практических рекомендаций. Особенно строго следует придерживаться приведенных рекомендаций по выбору масел при наличии в узлах трения цветных металлов, которые могут быть разрушены некоторыми поверхностно-акгивными присадками. При выборе вязкости масел следует также

учитывать наиболее целесообразный способ смазывания: капельное, погружением в масляную ванну, циркуляционное и др.

Лист 470. Смазывание погружением цилиндрических передач. Для смазывания закрытых передач, в том числе зубчатых цилиндрических, целесообразно применять самую простую смазочную систему — погружением вращающихся деталей в залитое внутрь корпуса масло, т. е. в масляную ванну. Во избежание больших гидравлических потерь ограничивают параметр $v_Б \nu_t \leqslant 600$ (м/с)·(мм²/с) (где - окружная скорость быстроходной детали; ν_t—кинематическая вязкость масла при рабочей температуре), а также зазоры ΔR между деталями с различной скоростью движения (рис. 1). Глубину погружения быстроходных элементов принимают минимальной, но с учетом понижения уровня масла от его разбрызгивания. Надежное смазывание других узлов за счет разбрызгивания возможно при $v_Б \nu_t \geqslant 120...180$ (рис. 3); при $v_Б \nu_t \leqslant 60...80$ считают разбрызгивание недостаточным и приходится прибегать к вспомогательной шестерне (рис. 4) или маслоразбрызгивающему диску (рис. 2) и др. (см. также листы 465, 469, 470).

Масло, разбрызгиваемое во время работы, и масляный туман тре-буют обеспечения герметизации корпуса. Это обусловливает приме-нение герметиков для недеформируемых неподвижных стыков или упругих прокладок для неподвижных стыков, допускающих некоторое взаимное сближение под действием нормальных сил (см. лист 492). Для снижения расхода масла объем ванны принимают минимальным, а повышения противоокислительных свойств масла достигают соответ-ствующими присадками.

Лист 471. Смазывание конического зацепления. Изложенное выше в полной мере справедливо для смазывания конического зацепления. Для конического зацепления применяют преимущественно круговые зубья, отличающиеся повышенным скольжением и в связи с этим требующие для смазывания специальных масел (например, ТМ-5-18—см. лист 465); зубья колеса погружают в масляную ванну на полную длину (рис. 1). Обычно коническую шестерню располагают на валу консольно, что требует конструктивных мер для обильного смазывания дальнего конического подшипника (рис. 2). Для весьма быстроходных передач можно применять раздельное смазывание зубчатых колес (рис. 3) или смазывание кольцом (рис. 4). Допол-нительное корытце (рис. 3) заливается первоначально полностью, а во время работы оно пополняется за счет попадания брызг. Размеры плоскости зеркала масла в корытце назначают наиболь-шими и уточняют опытным путем. Установка штампованного зонтика на вертикальном валу конического колеса (рис. 4) существен-но снижает вероятность попадания продуктов изнашивания в ниж-нюю опору.

Лист 472. Смазывание погружением волновой зубчатой передачи. Смазывание волновых зубчатых передач (ВЗГТ) при горизонтальной оси редуктора выполняют в соответствии с рекомендациями для обычных зубчатых передач.

При вертикальном расположении оси смазывание погружением проводится при значении параметра для шариков гибкого подшипника $v\nu_t \leqslant 600$ (м/с)·(мм²/с) (v— окружная скорость; ν_t—кинематическая вязкость при рабочей температуре). Глубина погружения генератора в масляную ванну—до касания масла шариками гибкого подшипника. При более высоких значениях параметра $v\nu_t$ выбирают другие способы (см. лист 476) или циркуляционное смазывание. Для предотвращения попадания масла в нижерасположенный электродвигатель на дне внутренней полости ВЗП установлен стакан, который с вращающимся генератором волн образует щелевое уплотнение (см. лист 499). Верхний край стакана на 10... 15 мм выше уровня масла.

Лист 473. Смазывание погружением червячного зацепления. Отличительной особенностью смазывания червячной передачи является погружение нижнего червяка так, чтобы начальный цилиндр был полностью погружен в масляную ванну (рис. 1), или погружение впадин витков червяка на глубину до двух модулей зацепления для редуктора с вертикальным валом червячного колеса (рис. 2). В этом случае требуется повышенная надежность уплотнения вала червяка (см. лист 500), причем применение герметиков для неподвижных стыков является обязательным. Учитывая ограниченную частоту вращения $n \leqslant 1500\,(3000)$ мин$^{-1}$) х небольшиерадиальные размеры, допускается некоторое увеличение гидравлических потерь. Применение щелевого уплотнения обеспечивает надеж-ную изоляцию нижней опоры от попадания продуктов изнашивания (рис. 2); смазывание подшипников вертикального вала выполняется пластичным смазочным материалом, который удерживается в верх-ней опоре лабиринтным кольцом. При низком расположении верхней опоры, как показано на рис. 2, допустимо ее смазывание маслом для зацепления, неизбежно заполняющим чашу червячного колеса. В этом случае надобность в лабиринтном кольце отпадает. Общие элементы смазочных систем приведены на листах 477 и 478. Для обеспечения ресурса масла до 500 ч объемную температуру нелегиро-ванных масел ограничивают 95° С, а легированных—110° С при ресурсе до 2000 ч.

При большом тепловыделении помимо дополнительного оребре-ния корпуса применяют различные способы искусственного охлаждения или циркуляционное смазывание. Для смазывания малогабаритных червячных передач целесообразно применять антифрикционные ПСМ (см. листы 466 и 467).

Лист 474. Смазывание погружением редукторов с верхним расположением червяка. Общие указания по системе смазывания даны в пояснениях к листу 473. Уровень масла при верхнем расположении червяка следует принимать по его касанию делительного цилиндра червяка (рис. 2). Объем масляной ванны следует принимать минимальным, назначая расстояния от вращающихся элементов зацепления до днища и стенок не более $(1...2)\delta$ (δ—толщина стенки корпуса). Иногда для удобства слива отработанного масла можно применять односкатное дно без перелома (рис. 1). Для двухступен-

чатых червячных редукторов с общей масляной ванной марка масла определяется по условиям работы быстроходной ступени.

Лист 475. Смазывание различных узлов. Для уменьшения изнашивания при фреттинг-коррозии и улучшения виброхарактеристик быстроходных подшипников электродвигателей с вертикальным расположением оси (рис. 1) рекомендуется применять автономную систему капельного смазывания с помощью инжекции, используя наддув воздуха вентилятором. Система не имеет движущихся частей, и энергетические потери минимальны.

Часто работающие направляющие возвратно-поступательного движения в горизонтальной плоскости можно смазывать, применяя непрерывную подачу масла с помощью роликов, окунающихся в небольшую масляную ванну станины (рис. 2). Клинообразный скос улучшает условия смазывания, повышая гидродинамическое давление в масляном слое. Защитные устройства в виде телескопических щитков или мехов гармонии снижают изнашивание. Для вертикально расположенных направляющих можно применять фитильное смазывание (рис. 3) или капельное смазывание масленками (рис. 1 и рис. 2 на листе 476). При фитильном смазывании вязкость масла ограничивают до v_{50}<=20мм^2/с.

Для среднескоростных (2...5 м/с) приводных цепей жидкое масло во время работы подают с помощью масленок-капельниц (рис. 4, а, а также рис. 1, рис. 2 на листе 479) в зазоры между внутренними и наружными звеньями роликовых и по всей ширине зубчатых цепей с расходом 5... 15 капель в минуту. Смазывание цепей путем погружения в масляную ванну (рис. 4,б) на глубину не более 0,8...1,5 шага принято выполнять при скоростях 5...10 м/с (большие значения для мелких шагов). При более высоких скоростях целесообразно применять циркуляционное смазывание (рис. 4, *в)* путем поливания внутренней (нижней) части ветви цепи. Герметичные картеры цепных передач выполняют роль масляной емкости, защищают от загрязнений и обеспечивают снижение шума и требования техники безопасности; они оборудованы обычными масляными устройствами (см. листы 477 и 478).

Для тихоходных цепных передач применяют периодическое внутришарнирное смазывание путем погружения демонтированной цепи в предварительно подогретый ПСМ, осуществляемое в среднем через каждые 250...300 ч работы.

Лист 476. Смазывание узлов вертикальных валов. При одностороннем вращении вертикального вала масло захватывается благодаря его липкости, нагнетается в винтовую канавку и равномерно распределяется по длине вкладыша подшипника скольжения (рис. 1).

Подъем масла с помощью трубки Пито (вертикальной трубки, расположенной от оси вращения на определенном расстоянии и имеющей заборник) происходит за счет скоростного напора. Во избежание дисбаланса обычно применяют две трубки (рис. 2). Наружный диаметр стальных трубок в среднем принимают $d_н$=10мм ,а миним радиус гибкой заборной части не менее 3$d_н$. Обычно их применяют при окружной скорости до 10 м/с и кинематической вязкости масла до 50 мм^2/с. Зазор между трубкой и стенкой или днищем корпуса не менее d_H обеспечивает сравнитель-но небольшое, но дополнительное сопротивление вращению.

Вращающаяся коническая насадка при расположении основанием вниз (рис. 3) подает масло к подшипнику вертикального вала за счет центробежных сил. При больших радиальных размерах корпуса целесообразнее применять конические насадки основанием вверх.

Для повышения коррозионной стойкости и повышения виброхарактеристик весьма быстроходных подшипников качения вертикальных валов можно применить циркуляционное смазывание с помощью вращающегося масляного резервуара (рис. 4). Центробежные силы освобождают подшипник от масла и постоянно перегоняют масло в верхнюю неподвижную чашку, откуда оно по внутреннему каналу поступает тонкой струйкой к подшипнику.

Лист 477. Пробки и крышки-отдушины. Заправку корпуса передачи смазочным маслом выполняют через смотровые люки корпуса (рис. 4, *а, 4,б)* или через заливные отверстия, закрываемые пробками с цилиндрической (рис. 5) или лучше конической резьбой (рис. 3), как более герметичной. Из технологических соображений желательно применять одинаковые резьбы для заливных, сливных и контрольных отверстий, диаметр проходного сечения которых принимают не менее 20 мм. Во избежание прохода воздуха через уплотнения валов при нагревании или охлаждении передач внутренняя полость сообщается с атмосферой при помощи простой отдушины (рис. 4) с горизонтальным каналом. Такую конструкцию допустимо применять при эксплуатации в незапыленных помещениях. Для фильтрации засасываемого воздуха служат простейшие воздушные фильтры (рис. 3, рис. 4, б, рис. 5). В качестве фильтрующего элемента можно применять набивки из различных волокон или нитей.

Отверстия для слива отработанного масла следует располагать в нижней точке днища, имеющего небольшой уклон (2...3^0). Наличие приямка (рис. 1) снижает вероятность повреждения инструмента при сверлении и нарезании резьбы сливного отверстия. Сливные пробки могут быть снабжены магнитом для сбора ферромагнитных продуктов изнашивания. При применении сливных пробок с цилиндрической резьбой устанавливают герметизирующие прокладки: плоские металлические (рис. 2, а) или неметаллические (рис. 2, б), а также резиновые кольца круглого сечения (рис. 2, в). При многократном завинчивании плоские неметаллические прокладки часто повреждаются, что делает эту конструкцию менее надежной.

Лист 478. Маслоуказатели. Каждый корпус закрытой передачи должен быть оборудован маслоуказателем во избежание переполнения при масляной заправке или аварийной ситуации в результате случайного падения уровня масла ниже погруженной вращающейся детали. Наиболее простым является контроль уровня масла с помощью контрольных пробок (рис. 2); указания по выбору размера резьбы см. лист 477.Широко применяют также жезловый маслоука

затель облегченного проволочного типа с фетровым уплотнителем и охранным колпачком (рис. 1,а), установленным на герметике, или с пластмассовой втулкой (рис. 1,6); угол наклона жезла до 30". Реже применяют маслоуказатели оконного типа (рис. 3). Маслоуказатель, изображенный на рис. 3, *в,* используется для контроля больших колебаний уровня. Эти маслоуказатели весьма оперативны, но требуют обзорного пространства (особенно по высоте), что не всегда можно обеспечить. Редко встречается маслоуказатель-краник (рис. 4). Поплавковые маслоуказатели служат для измерений в крупных емкостях со значительным колебанием уровня жидкости (рис. 5).

Лист 479. Масленки. Масленки-капельницы служат для непрерывной дозированной подачи к узлам трения масла с кинематической вязкостью не более 20 мм^2/с. Во время длительных пауз в работе подача масла наливной масленкой с запорной иглой (рис. 1) может быть прекращена поворотом верхнего рычажка в горизонтальное положение. Фитильная масленка (рис. 2) является неуправляемой и подает масло беспрерывно. По мере расхода масла, контролируемого визуально благодаря прозрачным корпусам масленок, они пополняются вручную.

Для периодической подачи ПСМ в недостаточно герметичные узлы трения могут служить колпачковые масленки (рис. 5). При подвинчивании колпачка ПСМ выдавливается небольшими порциями. Обычно колпачок поворачивают на четверть оборота через каждые 2 часа работы. Во избежание потери колпачка в результате самоотвинчивания колпачка от вибраций его завинчивают полностью до посадки стопорной иглы в масляный канал. В настоящее время колпачковую масленку применяют редко.

Периодическую подачу ПСМ под давлением до 3 МПа осуществляют обычно плунжерными шприцами (рис. 3) через пресс-масленки (рис. 4 и 6). Они оборудованы обратным клапаном, открывающимся под действием создаваемого шприцом давления и исключающим попадание извне загрязнений. Пресс-масленку, изображенную на рис. 7, используют при периодической заправке узла маслом, например, с помощью мембранной масленки (рис. 8). Для удобства обслуживания труднодоступных узлов мембранные масленки оснащают удлиненным гибким носиком.

Лист 480. Циркуляционная система смазывания. Система смазывания, схема которой изображена на рис. 1, обеспечивает снижение гидравлических потерь, которые становятся существенными для смазывания погружением при $v_б \nu_{50} > 600$ (м/с) · (мм^2/с); здесь ν_{50} — кинематическая вязкость смазочного масла при 50 С, $v_б$ — окружная скорость быстроходной вращающейся детали. Эту систему применяют также при значительном тепловыделении в смазываемом узле, для подачи масла под давлением или при автоматическом контроле, исключающем работу узла без смазывания.

Маслораспределитель (рис. 2) позволяет подавать масло к нескольким объектам смазывания и регулировать расход в каждом отводе. Коллектор (рис. 3) и сопло (рис. 4) служат для равномерной подачи масла по ширине соответственно широких и более узких зубчатых колес.

Фильтр-приемник исключает попадание в масляную систему крупных посторонних частиц и продуктов изнашивания, случайно оказавшихся в масляном баке. В небольших баках, где масло не успевает отстаиваться, фильтр-приемник делают плавающим, засасывающим сверху более чистое масло. Применяемая для фильтров-приемников латунная сетка № 07 ограничивает кинематическую вязкость масел $\nu_{50} \leqslant 52$ мм^2/с. При перепаде давления во всасывающем патрубке более 0,01 МПа необходимо фильтр демонтировать и подвергнуть тщательной очистке.

Лист 481. Насосы шестеренные. Рабочий орган шестеренных насосов состоит из двух обычно прямозубых зубчатых колес, находящихся в зацеплении (разрез *А—А* на рис.2): верхнее из них — приводное. При вращении зубчатых колес масло переносится из всасывающей полости во впадинах между зубьями и стенкой корпуса, а при входе зубьев в зацепление выжимается в нагнетательную полость. Нереверсивные насосы находят более широкое применение, чем реверсивные. Шестеренные насосы просты, надежны и компактны, но быстро изнашиваются, вследствие чего снижается их производительность, и характеризуются слабым подсасывающим действием. При малых оборотах их необходимо располагать ниже уровня масла. Насосы можно располагать в вертикальном или горизонтальном положении. Они предназначены для подачи масел с кинематической вязкостью от 30 до 60 мм^2/с при давлении до 1 МПа. Насосы типа СП (или Г11) крепятся на лапах, АГ11—на фланце, БГ11---на лапах и соединяются с электродвигателем через промежуточный фланец, ВГ11—соединяются с фланцевым электродвигателем через промежуточный фланец. Опережение включения насоса с электродвигателем, сблокированным с основным электродвигателем, исключает работу узла без смазывания.

Лист 482. Насосы лопастные (шиберные). Преимущественно применяют лопастные (шиберные) насосы с двумя подпружинными лопастями, установленные подвижно во вращающемся роторе (разрез *А — А* на рис.2). При одностороннем вращении ротора лопатки захватывают масло, поступающее от всасывающего канала, и вытесняют его в нагнетающую магистраль. Лопастные насосы просты, компактны, надежны и предназначены для подачи масел с кинематической вязкостью от 12 до 600 мм^2/с при рабочем давлении до 0,3 МПа. Из-за небольшого всасывающего действия рекомендуется располагать их возможно ближе к масляному баку. На рис. 1 приведены варианты крепления насоса; на рис. 3 — варианты вращения ротора с помощью муфты Ольдгема *(а),* зубчатой *(б)* или ременной передачи (в), а также варианты присоединения трубопроводов (г).

Лист 483. Насосы плунжерные. Подача масел с кинематической вязкостью 7...118 мм^2/с и давлением до 10 МПа одноплунжерным насосом (рис. 1) осуществляется возвратно-поступательным движением

подпружиненного плунжера, ход которого устанавливают (6... 12 мм) в зависимости от необходимой производительности (рис. 4). Плунжер приводится в действие вращающимся эксцентриком через подшипник качения или через дополнительный рычаг, предохраняющий плунжер от поперечных сил со стороны эксцентрика (рис. 5); ход плунжера равен удвоенному эксцентриситету. Разновидности крепления насоса: на рис. 1 настенное, на рис. 2 -настольное; может быть также встроенное крепление. Плунжерные насосы имеют повышенную высоту всасывания и могут работать при реверсивном приводе; они весьма компактны и надежны, но имеют ограниченное число ходов плунжера в минуту и пульсирующую подачу масла.

Лист 484. Соединения трубопроводов смазочных систем (прямые). В нагнетательных трубопроводах масляных магистралей применяют трубы: при давлениях масла до 12,5 МПа стальные бесшовные холоднодеформируемые (по ГОСТ 8734—75), при давлениях масла до 6,3 МПа—медные (по ГОСТ 617—72). Последние следует согласовывать с наличием присадок к маслам. Минимальный радиус гибкий (по оси трубы) составляет: для стальных — $4d_H$, медных—$2d_H$ (где $d_н$ — наружный диаметр трубы). Внутренний диаметр трубопровода в мм определяют по формуле

$$d=\sqrt{\frac{21,22Q}{v}},$$

где Q — расход, л/мин; v—средняя скорость течения масла; для нагнетательных магистралей принимают $v=2...3$ м/с, для всасывающих— до 1,5 м/с.

Трубопроводы крепят к основанию скобами (по ГОСТ 16686-71, 16687—71, 16688—71, 16689—71, 16690—71), устанавливаемыми через (45...65) d_H мм. Для гибких трубопроводов для подачи масел и рабочих жидкостей под давлением до 2 МПа применяют резиновые напорные рукава с текстильным каркасом класса Б (1) по ГОСТ 18698—73.

На штуцерах, которыми трубопроводы присоединяются к агрегатам, нарезают цилиндрическую (рис. 1) или коническую резьбу (рис. 2). Коническая резьба не требует уплотняющих прокладок, но при частой разборке изнашивается. Тонкостенные трубы соединяют со штуцерами с помощью накидных гаек (по ГОСТ 23353—78) и ниппелей, предварительно надетых на трубы с развальцованными концами; максимальное давление: для медных труб—6,3 МПа, для стальных—12,5 МПа. Возможно также концевое соединение без ниппеля, с помощью уплотнительного кольца из стали или меди (рис. 5). При давлении до 20 МПа стальные трубы соединяют с помощью приваренного шарового ниппеля (рис. 3) с предварительно надетой на трубу накидной гайкой. Соединение отдельных частей трубопровода приведено на рис. 4.

Лист 485. Соединения трубопроводов смазочных систем (угловые и тройниковые). Общие положения, изложенные в описании листа 484, справедливы и для этого листа. Материал угольников и тройников для цельного или сварного варианта один и тот же — сталь 35 или сталь А12.

Лист 486. Узлы смазочных систем (фильтры). Постоянная фильтрация масла в циркуляционных системах смазывания снижает изнашивание узлов трения и повышает их долговечность. В зависимости от размеров пропускаемых частиц различают фильтры грубой (размер задерживаемых частиц до 0,125 мм), средней (до 0,01 мм) и гонкой очистки (до 0,001 мм). Их устанавливают в нагнетательной части масляной магистрали.

Пластинчатые (щелевые) фильтры с периодической ручной очисткой (рис. 1) предназначены для предварительной (грубой) фильтрации масел вязкостью 7...600 мм^2/с при давлении до 6,3 МПа и перепаде давления до 1 МПа.

Фильтрующий элемент состоит из набора тонких пластин и звездообразных прокладок, образующих зазор между пластинами для прохода фильтруемого масла. Толщиной «звездочек» определяется тонкость фильтрации, которая составляет 80... 125 мкм. Периодическую очистку фильтра выполняют 1 раз в смену путем поворота рукоятки на полный оборот. При этом набор пластин «прочесывается» неподвижными скребками, входящими в зазоры между пластинами и счищающими продукты изнашивания. Для их удаления необходимо систематически сливать отстой из фильтра через нижнюю пробку.

Фильтры средней очистки имеют сменные войлочные (рис. 2) или бумажные фильтроэлементы и предназначены для очистки масел вязкостью не более 500 мм^2/с при давлении до 20 МПа с тонкостью фильтрации до 10 мкм. Фильтрация происходит при проникновении масла под давлением от периферии к центру через пористый материал фильтра. Попутно может происходить удаление ферромагнитных продуктов изнашивания (рис. 3). Эти фильтры снабжают перепускными клапанами и индикаторами загрязненности.

Лист 487. Смазывание подшипников качения масляным туманом. На листе дана схема смазывания подшипников высокооборотного шлифовального шпинделя, показанного на рис. 1. Масловоздушная смесь подается в корпус шпинделя через патрубок перед правым подшипником. Пройдя через подшипники, масловоздушная смесь попадает на отбойник, которым отделяется большая часть жидкой фазы. Воздух с остатками масляного тумана выходит через сетку на торце шпинделя.

На рис. 2 изображена бабка высокооборотного токарного станка, подшипники шпинделя и промежуточные зубчатые колеса которой смазываются масляным туманом. Крыльчатки, посаженные на шпиндель, направляют поток масловоздушной смеси через подшипники качения, чем достигается их смазывание и охлаждение. Масляный туман создается за счет разбрызгивания масла при поливе зубчатых колес. Воздух в бабку станка подается через фильтр, расположенный на левой стенке. После прохождения через подтип-

пики передней опоры шпинделя масловоздушная смесь попадает на вращающийся отбойник и далее с малой скоростью выходит через кольцевую проточку, затянутую сеткой.

Регулятор давления мембранного типа (рис. 3) понижает и поддерживает давление в заданных пределах.

Лист 488. Элементы системы смазывания масляным туманом. Система приготовления масловоздушной смеси подключается к цеховому воздухопроводу. Сжатый воздух подается во влагоотделитель (рис. 1) для частичной осушки и фильтрации. Далее регулятор давления мембранного типа (лист 487, рис. 3) понижает и поддерживает давление воздуха в заданных пределах. Маслораспылитель (лист 488, рис. 2) состоит из резервуара, заполненного маслом, уровень которого контролируется мерной трубкой. Смеситель расположен в крышке резервуара. Поток воздуха, пройдя с большой скоростью мимо сопла жиклера, вызывает понижение давления в трубе, вследствие чего масло поступает из резервуара в жиклер и дробится струями воздуха. Регулировку подачи масла производят игольчатым краном.

Лист 489. Циркуляционные смазочные системы редукторов. Приме-ненная для трехступенчатого редуктора с вертикальным расположе-нием валов упрощенная циркуляционная система смазывания обес-печивает небольшие гидравлические потери. Она состоит из плунжер-ного насоса, погруженного до оси плунжера в масло, и трубопровода, имеющего против колес 2 и *3* ступени по два калиброванных отверстия для подачи масла. Первая ступень и верхние подшипники смазываются поливанием масла из каналов, просверленных в стенках корпуса.

Для равномерного распределения масла, подаваемого к быстроходным зубчатым колесам, применяют специальные насадки. При окружной скорости узких прямозубых колес до 20 м/с и косозубых до 50 м/с сопло устанавливают непосредственнб у входа зубьев в зацепление (рис. 2). Скорость выхода масла из сопла составляет 2...4 м/с, расход 10...15 л/мин. Для широких колес применяют коллектор (рис. 4), имеющий выходные отверстия диаметром 2...4 мм, расположенные через 20...30 мм. Во избежание больших потерь рекомендуется подавать масло на каждое зубчатое колесо отдельно со стороны входа зубьев в зацепление (рис. 3). При реверсивных передачах коллекторы устанавливают с двух сторон.

Лист490.Смазочная система высокоскоростной зубчатой передачи. Смазочная система высокооборотного одноступенчатого редуктора с шевронными колесами состоит из шестеренного насоса с двигателем 0,25 кВт, фильтра-приемника, пластинчатого фильтра, предохранительного клапана и коллектора для подачи масла в зацепление. Подшипники качения смазываются брызгами и масляным туманом, который заполняет корпус редуктора при работе насосной системы. Внешняя электроблокировка не позволяет включать основной двигатель агрегата до пуска двигателя масляного насоса, вследствие чего до начала работы зацепление и подшипники оказываются смазанными.

Смазочная система редуктора работает в следующем порядке: через фильтр-приемник насос засасывает масло из картера редуктора, далее масло через пластинчатый фильтр и коллектор подается на зубья шестерен. В случае засорения фильтра масло выливается в корпус, частично смазывая зубья колес, что необходимо для предотвращения их заедания.

При выборе элементов соедини тельной арматуры для трубопроводов необходимо придерживаться следующих правил: сборка и разборка участков маслопровода должна быть достаточно легкой (необходимость в специальных ключах и сборочных приспособлениях нежелательна), внешняя разводка трубопроводов не должна далеко отходить от стенок редуктора, длинные участки трубопроводов должны быть закреплены скобами, выход трубопровода из редуктора не должен нарушать герметичность его корпуса, трубопроводы внутри корпуса должны быть минимальной длины, радиусы гибки груб не должны быть менее допускаемых.

Лист 491. Классификация и основные характеристики уплотнений. Уплотнения — устройства для разделения сред, предотвращения или уменьшения утечек через подвижные или разъемные неподвижные соединения. На работоспособность уплотнений влияют свойства рабочей и окружающей среды (токсичность и химическая агрессив-ность), свойства материалов уплотняемого соединения и уплотни-теля, а также режимы работы, величина допускаемых утечек и ресурс.

В передачах и узлах трения общего назначения уплотнения, прежде всего, предотвращают утечки смазочных материалов наружу и защищают внутренние полости от проникновения извне загрязнений и влаги, вызывающих изнашивание трущихся поверхностей. Совершенствование уплотнений обеспечивает снижение интенсивности изнашивания, особенно при эксплуатации в запыленных условиях.

Для разъемных неподвижных соединений (УН) с высоким классом герметизации (рис. 3 и 4), допускающих сближение уплотняемых стыков при затягивании, целесообразно применять простые плоские прокладки из неметаллических материалов. В стыках, сближение которых при сборке или под нагрузкой недопустимо, используют металлические плоские прокладки, герметизирующие пасты (герметики) и уплотнительные резиновые кольца.

В узлах вращательного движения (УВ) преимущественно применяют контактные уплотнения, обеспечивающие хорошую герметиность, но имеющие повышенное трение. Минимальные энергетические потери характерны для бесконтактных уплотнений, которыми целесообразно оборудовать быстроходные сопряжения.

Узлы возвратно-поступательного движения (УПС) чаще всего герметизируют различными манжетами и поршневыми кольцами, а при небольших перемещениях — диафрагмами.

На рис. 2 приведены диапазоны основных параметров эксплуатации уплотнений по скорости движения и давлению, по герметичности, температуре, позволяющих правильно выбирать тип уплотнений.

Средние значения удельных утечек (т. е. расхода (мм ^{3}/с) уплотняемой среды, отнесенного к длине (м) периметра уплотнителя) и визуальные оценки характеризуют герметизирующие способности выбираемых уплотнений.

Лист 492. Уплотнения неподвижных соединений общего назначения. Повышение герметичности часто разбираемых стыков обеспечивают обычно точной механической обработкой поверхностей и увеличением предварительного давления. Редко разбираемые плоские стыки целесообразно уплотнять прокладками. Уплотняющий эффект достигается заполнением всех макро- и микронеровностей материалом прокладки при создании предварительного давления. Металлические прокладки более прочные и долговечные, работают в широком диапазоне эксплуатационных параметров, но требуют повышенного предварительного давления. Большие поверхности стыков не целесообразно уплотнять металлическими прокладками из-за их высокой стоимости и больших сил затягивания; кроме того, при многократном демонтаже они могут повреждаться. Прокладки из неметаллических листовых материалов значительно дешевле, не требуют больших сил затягивания, способны герметизировать более грубые поверхности. При затягивании или рабочем нагружении они имеют значительные деформации, что в ряде случаев может отрицательно сказаться на работе сопряженных узлов. Для герметизации смазываемых узлов общего назначения преимущественно применяют бензомаслостойкие резины на основе синтетических каучуков; однако диапазон эксплуатационных параметров для них ограничен, кроме того, они могут выдавливаться из открытых стыков.

Герметики применяют для уплотнения неразбираемых стыков соединений без существенного избыточного давления, практически не допускающих взаимного сближения контактирующих поверхностей под действием нормальных сил, а также для стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания. Пастообразный герметик при сборке наносят тонким слоем на уплотняемую поверхность, который заполняет впадины шероховатостей поверхностей деталей, избыток-герметика при затягивании стыка выдавливается. При разборке таких стыков остатки герметика необходимо удалить для облегчения повторной сборки. Особенно выгодно применять герметики для уплотнения сложных по форме стыков (сквозные резьбовые отверстия, закладные крышки и т. п.).

Лист 493. Кольца резиновые круглого сечения. Их устанавливают во врезных канавках для уплотнения неподвижных и, реже, подви-жных соединений. Они являются активными уплотнениями, в кото-рых давление от уплотнителя на герметизируемую поверхность возрастает с увеличением давления рабочей среды. Материалы колец - резины на основе некристаллизующихся синтетических каучуков, обычно из бутадиен-нитрильных (СКН); применение группы резин в зависимости от температуры окружающей среды приведено ниже:

Группа резин	0	1	2	3
Температурный диапазон, °С	−15...+100	−30...+100	−50...+100	−60...+120
Группа резин	4	5	6	—
Температурный диапазон, °С	−30...+120	−20...+150	−20...+200	—

Кольца допускают давление рабочей среды: до 50 МПа в неподвижных и до 32 МПа в подвижных соединениях при работе в среде минеральных масел, топлив, пресной и морской воды; до 40 МПа в неподвижных соединениях и до 10 МПа в подвижных соединениях в среде сжатого воздуха. Скорость перемещения не более 0,5 м/с.

Лист 494. Установка уплотнительных колец и прокладок. Надежная работа резиновых колец круглого сечения обеспечивается прежде всего строгим соблюдением размеров канавок (рис. 1) и правильным монтажом. При сборке необходимо применять меры по защите колец от повреждения острыми кромками отверстий, резьбой, шпоночными и шлицевыми пазами. На рис. 2 приведены примеры установки уплотнительных колец в гладких соединениях, на рис. 3 — в цилиндрических соединениях, имеющих трубную резьбу.

Уплотнение трубопроводов плоскими прокладками приведено на рис. 4; материал прокладок выбирают в зависимости от совместимости с рабочей средой и от эксплуатационных параметров (см. лист 492).

Лист 495. Уплотнения вращающихся деталей. Контактные уплотнения характеризуются достаточно хорошей герметичностью (см. лист 491), но на поверхностях подвижного контакта развивается значительное трение. Поэтому для особо быстроходных подвижных соединениях они не приемлемы.

Набивочные или сальниковые уплотнения (1; 2) наиболее простые как по конструкции, так и по возможности замены сальниковой набивки. Последняя состоит обычно из волокон (хлопок, лен, чаще всего асбест и др.) или пластмасс (капрон, фторопласт-4). Они регламентированы ГОСТ 5152—84. Широко применяются в насосах, в машинах и аппаратах нефтяного, химического, горнодобывающего производства, в запорной арматуре в широком диапазоне давлений, температур и скоростей скольжения.

Кольца (3; 4) из грубошерстного (ГОСТ 6418—67) или полугрубошерстного (ГОСТ 6308—71) войлока применяют при окружной скорости не более 2 м/с, а из тонкошерстного войлока (ГОСТ 288—72) — до 5 м/с. В настоящее время в машиностроении общего

Наиболее широкое применение в машиностроении общего назначения находят манжетные уплотнения (5...10), параметры которых приведены на листе 496. При повышенных давлениях уплотняемой среды (на рисунках со стороны подшипника) дополнительно устанавливают опорный конус, предохраняющий уплотняющую кромку от выворачивания (7; 8). Сдвоенная установка манжет (9) повышает герметичность соединения; манжету с пыльником (10) устанавливают при повышенной загрязненности внешней среды.

Торцовые уплотнения в виде стальной упругой шайбы (11, 12) имеют незначительный осевой размер и достаточно хорошо предохраняют от вытекания пластичного смазочного материала.

Торцовые уплотнения (13... 16) отличаются небольшими радиальными размерами, допускают относительные смещения деталей в работе, а также могут работать в специальных условиях, в том числе в химически агрессивных средах, в средах с большим содержанием абразивных частиц.

В бесконтактных уплотнениях имеется значительный зазор и герметизация осуществляется жидким или газообразным уплотнителем, т. е. рабочей средой. Они обладают минимальными потерями на трение и устанавливаются в быстроходных подвижных соединениях.

Щелевые уплотнения (17...24) при перепадах давления снижают перетоки жидкостей или газов внутри машины. При практическом отсутствии перепада давления они хорошо удерживают пластичный смазочный материал в быстроходном узле трения (подробнее см. лист 499).

В магнитожидкостных уплотнениях (23, 24) зазор между вращающейся поверхностью и неподвижными деталями заполнен ферромагнитной жидкостью, удерживаемой магнитным полем. Ферромагнитная жидкость состоит из несущей жидкости (керосин, трансформаторное масло и др.), магнитных мелкодисперсных частиц (окись железа, кобальта и т. п.) и поверхностно-активных веществ (спирты, жирные кислоты и т. п.), препятствующие слипанию магнитных частиц. Уплотнения работают в широком диапазоне скоростей при перепаде давления до 0,5 МПа. Они весьма перспективны.

В центробежных уплотнениях окружная скорость на периферии маслосбрасывающего диска (25) или заостренного гребня (26), выполненного заодно с валом, должна быть свыше 7…10 м/с.

Винтовые уплотнения состоят из вращающегося винта с многозаходной мелкой нарезкой и неподвижной гладкой втулкой (27) и устанавливаются в быстроходных устройствах. Вращающийся винт захватывает за счет липкости и вязкости уплотняемую среду и отгоняет ее назад, создавая противодавление. Они эффективно работают в жидкостях с относительно большой вязкостью при нереверсивном вращении. Частота вращения винта ограничивается из-за подсоса (инжекции) газа из окружающего пространства, что может привести к потере герметичности уплотнения. Для маловязких жидкостей лучше применять вращающийся винт и неподвижную втулку, имеющую резьбу противоположной нарезки (28).

Импеллерные уплотнения по форме сходны с рабочими колесами центробежных насосов. Противодавление создается силой инерции жидкости, увлекаемой при вращении в узкой камере, что препятствует вытеканию ее наружу. Лопатки открытого импеллера (29) и каналы полузакрытого импеллера (30) имеют прямолинейную радиальную форму. Количество лопаток (каналов) принимают 12...16; высота лопаток (каналов) 2,5...3,5 мм. Широкое использование импеллерные уплотнения нашли в насосах.

Для создания противодавления рабочей среде (жидкости, газа) в гидрозатворах используется гидростатическое давление затворной жидкости (обычно ртути). Цилиндрический гидрозатвор обратного типа (31) с опрокинутым стаканом имеет предельную частоту вращения, при которой наступает потеря герметичности. Величина противодавления рабочей среды пропорциональна высоте стакана и разности плотностей ртути и рабочей среды.

Лист 496. Резиновые армированные манжеты для валов. В машиностроении общего назначения манжеты являются основным уплотнением контактного типа. Они препятствуют вытеканию из уплотняемого узла смазочного материала и попаданию в него извне пыли и влаги (рис. 1, тип Г). Металлический каркас придает резиновой манжете жесткость и обеспечивает ее плотную посадку в корпус без дополнительного крепления. Уплотняющая часть (рабочая кромка) прижимается к валу браслетной пружиной и силами упругости резины (рис. 2). При эксплуатации в условиях повышенной загрязненности окружающей среды применяют манжеты с пыльником (рис. 1, тип 2). Избыточное давление уплотняемой среды (со стороны браслетной пружины) составляет не более 0,05 МПа. В условиях повышенных перепадов давления применяют манжеты с опорным конусом и специальные манжеты (см. лист 495). С увеличением окружной скорости герметичность манжеты уменьшается. На рис. 3 показана рабочая кромка активного типа с мелкими профилированными насечками, отгоняющими назад жидкость, просочившуюся под рабочую кромку, но при этом возможен подсос загрязненного воздуха из внешней среды. Манжета с двумя браслетными пружинами, в которой пространство между рабочими кромками заполняют пластичным смазочным материалом, обладает повышенной герметичностью. В табл. 1 приведены размеры манжет предпочтительного ряда; в стандарте предусмотрено всего четыре ряда размеров.

Лист 497. Стальные уплотнительные шайбы. Контактные уплотнительные шайбы (рис. 1) изготавливают штамповкой из стальной ленты, и поэтому они обладают упругостью. Они служат для уплотнения подшипников качения при скорости скольжения трущегося торца шайбы до 6 м/с: в исполнении I трущийся торец шайбы прижимается к наружному кольцу подшипника, в исполнении II — к внутреннему.

Бесконтактные ушютнительные шайбы изготовляют также штамповкой из стальной ленты и устанавливают в виде набора *с* многократным повторением пар, образующих лабиринтное уплотнение. Пространство между шайбами при сборке заполняют пластичным смазочным материалом (ПСМ). Для лучшего удержания ПСМ тугая шайба на валу (исполнения *F)* покрыта ворсистой пластмассой, что повышает герметичность соединения и обеспечивает нормальную работу подшипника в условиях повышенной загрязненности внешней среды.

Лист 498. Уплотнения валов разрезными кольцами. Для обеспечения больших ресурсов уплотнений как для вращающихся деталей (УВ), так и для возвратно-поступательно движущихся деталей применяют преимущественно разрезные кольца из металлов, реже из углеграфитов и др. Здесь рассматриваются только поршневые кольца (рис. 1), как имеющие общее назначение.

Кольца устанавливают в канавки, изготовляемые на внешней поверхности целой (рис. *3,6)* или разрезной втулки (рис. *3,а)* в виде набора съемных шайб. Для осуществления монтажа поршневые кольца выполняют с разрезом (рис. 2). Уплотняющий эффект достигается плотным прилеганием кольца к цилиндрической поверхности корпусной детали (к цилиндру) за счет сил упругости (наружный диаметр кольца в свободном состоянии на 3% больше внутреннего диаметра цилиндра), а также благодаря давлению уплотняемой среды, поджимающей также торцы колец в канавке.

Для повышения герметичности устанавливают два-три кольца, разрезы которых зафиксированы в диаметрально противоположных направлениях. На листе приведены конструктивные соотношения и условия эксплуатации поршневых колец. На рис. 3, *в* показана установка трехсегментного кольца из углеграфита, поджимаемого к валу браслетной пружиной.

Лист 499. Уплотнения войлочные, лабиринтные и щелевые. Уплот-нения войлочными кольцами отличаются простотой и дешевизной конструкции. Они находят применение в устройствах в соответствии с условиями эксплуатации, приведенных на рис. 1 ; так же приведены размеры колец и канавок под кольца. Коническая форма канавки обеспечивает иоджатие кольца за счет сил упругости. Кольца изготавливают неразрезными и закладывают в канавки благодаря их эластичности.

Щелевое уплотнение (рис. 2) представляет чередование осевых и радиальных зазоров между гладкими поверхностями. Для машин общего назначения характерны небольшие перепады давления и невысокие температуры, в связи с чем для повышения герметичности зазоры при сборке целесообразно заполнить пластичным смазочным материалом. Повышенная величина осевого зазора компенсирует неточности монтажа и тепловые деформации. Щелевые уплотнения отличаются большим разнообразием конструкций; здесь приведена простейшая

Лабиринтное уплотнение (рис. 3) представляет цилиндрическую щель с канавками различной формы. Повышение гидравлического сопротивления обеспечивается вихреобразованием в камерах (канавках) при истечении жидкости на больших скоростях. При ламинарном течении применение кольцевых канавок малоэффективно. При истечении газов происходит многократное дросселирование рабочей среды, протекающей через камеры и сужения с резко меняющимися проходными сечениями. Лабиринтные уплотнения широко используются в центробежных и осевых компрессорах, турбодетандерах. турбинах; в редукторостроении их применение не оправдано.

Лист 500. Установка манжетных уплотнений. Наличие жесткого металлического каркаса внутри резиновой манжеты обеспечивает ее плотную посадку в корпусные детали без дополнительного крепления и без фиксации упорным буртиком (рис. 1). Для удобства монтажа манжеты в корпус следует предусматривать заходную фаску 30". Манжету устанавливают браслетной пружиной в сторону уплотняемой среды, т. е. внутрь корпуса. Если же в уплотняемый узел подается пластичный смазочный материал (ПСМ) под большим давлением, то во избежание выворачивания рабочей кромки и для облегчения монтажа манжету устанавливают браслетом наружу (рис. 4, вариант 1 рис. 5). Применение новых ПСМ повышенной долговечности исключает такую конструкцию. Эксплуатация уплотнений в условиях повышенной загрязненности окружающей среды требует установки манжет с пыльником, в которых пространство между рабочей кромкой и пыльником при сборке следует заполнить: ПСМ «1 13» для групп резин 1; 2; 3; 6, из которых изготовлены манжеты, и ПСМ «ЦИАТИМ-221» для групп резин 4; 5.

Для повышения герметичности уплотняемого узла рекомендуется применять манжету с двумя браслетными пружинами (см. лист 496) или сдвоенную установку однокромочных манжет (рис. 2), пространство между рабочими кромками которых заполняют ПСМ (см выше).

Установка рабочей кромки манжеты на вращающуюся деталь или втулку (рис. 3) сокращает осевые размеры и предохраняет вал от изнашивания. В этом случае манжета может быть установлена непосредственно в корпус. На рис. 6 приведен пример установки манжеты в винт регулировочного устройства подшипника.

Листы 501 и 502. Примеры уплотнений подшипников. В связи с небольшим тепловыделением в подшипниках качения смазывание целесообразно проводить пластичным смазочным материалом, который удерживается от вытекания во внутреннюю полость уплотнениями (рис. 2, 3, 6, *б,* 7). Маслоотражатель (рис. 4) защищает подшипник от попадания в него продуктов изнашивания из внутренней полости и от прямых струй масла, выдавливаемых из зацепления шестерен небольших диаметров. Остальные уплотнения, изображенные на листе 501, помимо удержания смазочного материала, защищают подшипники от попадания загрязнения из внешней среды.

На листе 502 приведены различные конструкции бесконтактных

уплотнений. Они характеризуются пониженными энергетическими потерями и используются в быстроходных подшипниковых узлах.

Лист 503. Уплотнения торцовые. Отличаются небольшими радиальными размерами и могут работать в условиях повышенных смещений вращающихся деталей относительно корпуса. Применят преимущественно их при работе с большими перепадами давлений в широком диапазоне рабочих температур в химически агрессивных средах или в средах с большим содержанием абразивных частиц, например в насосах, химическом и энергетическом машиностроении и т. п. На рис. 2 приведено типичное торцовое уплотнение для насоса, разработанное ВНИИгидромашем. На рис. 1 изображено торцовое уплотнение редуктора цементного производства, работающего в условиях повышенного загрязнения окружающей среды.

Лист 504. Уплотнения гидравлических устройств. Резиновые манжеты по ГОСТ 14896—84 предназначены для уплотнения цилиндров и штоков гидравлических устройств, работающих при давлении до 10 МПа, а с применением защитных колец — до 50 МПа со скоростью возвратно-поступательного движения до 0,5 м/с в среде минеральных масел и водных эмульсий. Группы резин для изготовления манжет принимают в зависимости от условий эксплуатации. Манжеты устанавливают в закрытые канавки прямоугольного сечения при их упругом деформировании. При одностороннем давлении уплотняемой среды манжету для уплотнения цилиндров устанавливают упругими губками к рабочему давлению; при двустороннем давлении манжеты устанавливают попарно. Манжеты для уплотнения штоков устанавливают в сочетании с грязесъемником (см. лист 506). Необходимо соблюдать конструктивные меры, направленные на исключение повреждения манжет при монтаже.

Лист 505. Уплотнения пневматических устройств. Резиновые манжеты по ГОСТ 6678—72 предназначены для уплотнения цилиндров и штоков пневматических устройств, работающих при давлении до 1 МПа со скоростью возвратно-поступательного движения до 1 м/с. Группы резин для изготовления манжет выбирают в зависимости от температуры рабочей среды. При диаметре цилиндра свыше 20 мм манжеты устанавливают в закрытые канавки прямоугольного сечения упругим деформированием. При меньших значениях диаметров поршни и корпуса должны быть разъемными. Манжеты для уплотнения цилиндров ставят попарно упругими губками к рабочему давлению. Смазывание цилиндров проводится подачей распыленного масла И-Г-А-32 в сжатом воздухе. При перемещении штока на длину более 15 мм рекомендуется применять дополнительное смазочное кольцо из войлока (ГОСТ 288-72), пропитанное пластичным смазочным материалом (ПСМ) ЦИАТИМ-221 и установленное рядом с манжетой для уплотнения штока. Пространство между ними набивают тем же ПСМ. Необходимо соблюдать конструктивные меры против повреждения манжет при монтаже.

Лист 506. Резинотканевые уплотнения и грязесъемники для штоков.

Шевронные резинотканевые уплотнения по ГОСТ 22704 — 77 для штоков применяют при тяжелых условиях работы. Конструкция, размеры и условия эксплуатации приведены на рис. 1. Допускается применять разрезные манжеты для облегчения монтажа; при этом разрезы располагают в диаметрально противоположных направлениях. Контактные давления на рабочих кромках манжет создают при осевом подтягивании уплотнения. Возможность периодической подтяжки уплотнения повышает их ресурс.

Резиновые грязесъемники для штоков (рис. 2) выпускают четырех типов: 1, 2 и 4 — для очистки штоков от пыли и грязи; 3 — от крупных абразивных частиц щебня, угля и т. п. Тип 1 имеет фланцевое крепление; тип 2 устанавливают в неразъемные канавки; тип 3 со скребком из материала Фторопласт-4 работоспособен в тяжелых условиях; тип 4 имеет привулканизированное армированное кольцо, обеспечивающее тугую запрессовку грязесъемника в открытые канавки. Размеры грязесъемников приведены в табл. к рис. 2.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ. ЛИСТЫ 507...535

Листы 507, 508. Основные типы литых корпусных деталей. Литые детали разделяются на основания, станины (простые, рамные и блоки цилиндров), коробки и др.

Листы 509...511. Справочные данные для конструирования литых деталей. Приведены данные по выбору класса точности размеров и массы, ряда припусков на механическую обработку; механические свойства отливок из серого чугуна и стали; графики для определения минимальной толщины стенок чугунных, стальных и прочих отливок; радиусы закругления сопряженных поверхностей отливок; допускаемые отклонения размеров отливок; запас размеров привалочных поверхностей отливок; формовочные уклоны основных формообразующих поверхностей модельных комплектов.

Лист 512. Сопряжения стенок литых деталей. Приведены рекомендуемые соотношения переходов между стенками разной толщины в отливках из чугуна и стали, угловые сопряжения при различных толщинах сопрягаемых стенок.

Лист 513. Конструирование ребер. Приведены рекомендуемые соотношения размеров ребер и их сопряжений.

Лист 514. Отбортовка окон. Конструирование фланцев. Приведены рекомендуемые соотношения размеров литых отверстий, окон и фланцев.

Лист 515. Конструирование приливов. Приведены рекомендуемые соотношения размеров приливов для крышек и стаканов подшипников.

Лист 516. Корпус цилиндрического одноступенчатого редуктора

Показано конструктивное исполнение корпуса редуктора. Размеры отдельных элементов обозначены буквами, числовые значения которых могут быть определены по расчетным зависимостям или по таблицам, помещенным на листах 519, 520.

Листы 517, 518. Корпус цилиндрического двухступенчатого редуктора. Приведена конструкция корпуса цилиндрического редуктора с разнесенными стенками и внутренними ребрами. Конструкция отличается повышенной жесткостью, большой емкостью для масла, лучшими виброакустическими свойствами, более красивым внешним видом.

Недостатком конструкции является более сложная формовка и несколько большая масса. Размеры отдельных элементов, обозначенные буквами, приведены на листах 519, 520.

Листы 519, 520. Рекомендуемые размеры элементов корпуса цилиндрического редуктора. Приведены расчетные зависимости и числовые значения для определения размеров элементов корпусов одноступенчатых, двухступенчатых и трехступенчатых цилиндрических редукторов. Форму элементов, размеры которых обозначены буквами, см. на листах 516, 517, 518.

Листы 521, 522. Определение размеров корпуса коническо-цилинд-рического редуктора. Приведены основные соотношения для определения размеров и конструирования элементов корпуса.

Листы 523, 524. Конструирование крышки корпуса. Показаны конструкции крышек корпусов, не имеющих разъема. Приведены рекомендуемые соотношения размеров.

Листы 525, 526. Корпус червячного редуктора. Приведены восемь вариантов конструкции корпуса червячного редуктора.

Листы 527...530. Определение размеров корпуса червячного редуктора. Приведены основные соотношения для определения размеров и конструирования элементов корпусов червячных редукторов с нижним расположением червяка (листы 527, 528), с верхним расположением червяка (лист 529), имеющих горизонтальную плоскость разъема, а также корпуса с нижним расположением червяка, не имеющего плоскости разъема (530).

Лист 531. Корпус мотор-редуктора. Отличительной особенностью корпуса является вертикальная плоскость разъема.

Лист 532. **Щит.** Элемент конструкции мотор-редуктора, служащий для крепления подшипников.

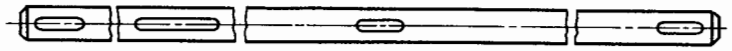
Лист 533. Диск соединительный. Предназначен для крепления электродвигателя к редуктору.

Лист 534. Корпус червячного редуктора. Приведена конструкция корпуса червячного редуктора, используемого как при нижнем, так и при верхнем расположении червяка.

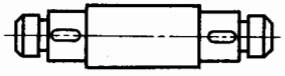
Лист 535. Плита. Приведены: 1) монтажная схема с базовыми и координационными размерами индивидуального привода, состоящего из редуктора, электродвигателя и упругой соединительной муфты; 2) конструкция плиты привода с размерами для изготовления модельного комплекта и последующей механической обработки.

Валы передач

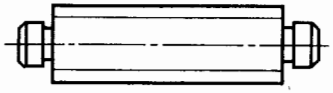
гладкие (трансмиссионные и др)



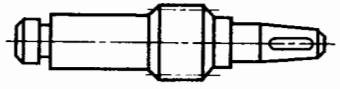
ступенчатые



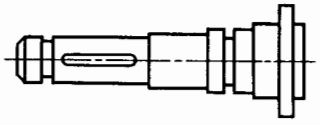
шлицевые



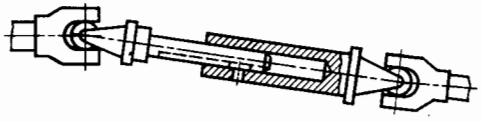
валы-шестерни



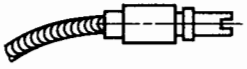
валы-полумуфты



карданно-телескопические

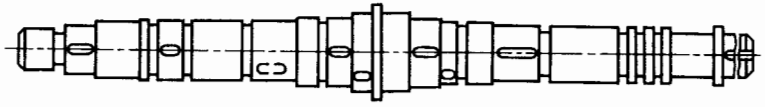


гибкие

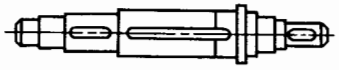


Валы коренные

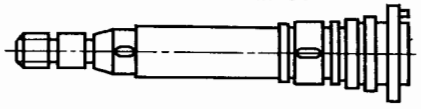
валы турбин



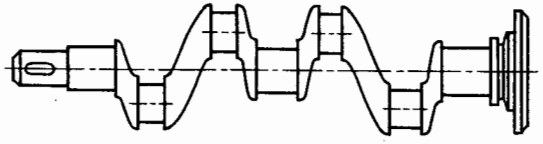
валы электрических двигателей



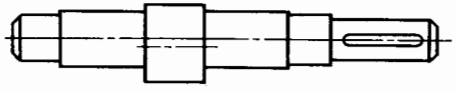
шпиндели станков



коленчатые валы

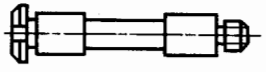


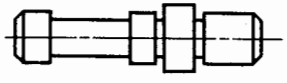
эксцентриковые валы



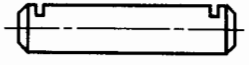
Оси

ременных, зубчатых и других передач

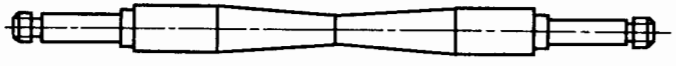




подъемно-транспортных машин



транспортных машин



Классификация валов и осей	Лист 304

Концы валов

1. Цилиндрические для подшипников скольжения

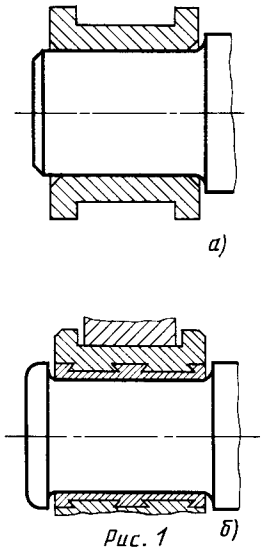


Рис. 1

2. Цилиндрические для колец подшипников качения и ступиц

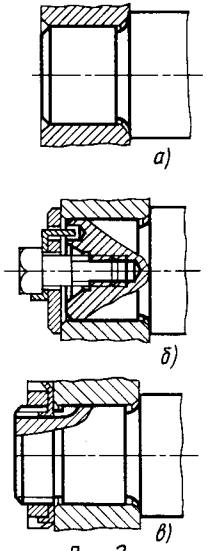


Рис. 2

3. Конические для колец подшипников качения и ступиц

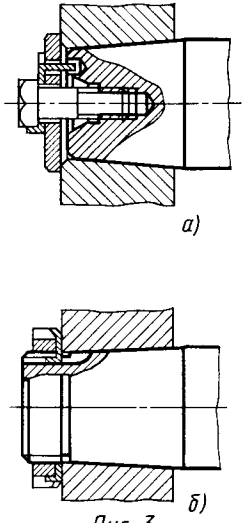


Рис. 3

4. Специальные

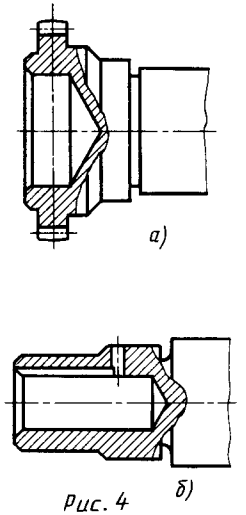
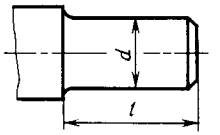


Рис. 4

Концы валов цилиндрические по ГОСТ 12080-66

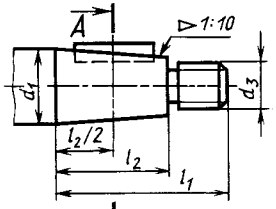


мм

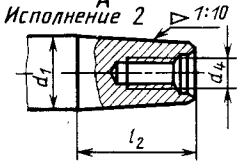
d		l	
I ряд	II ряд	Исполнение 1	Исполнение 2
16; 18	19	40	28
20; 22	14	50	36
25; 28	—	60	42
32; 36	30	80	58
40; 45; 50; 55	42; 48; 52; 56	110	82
60; 70	63; 65; 71; 75	140	105
80; 90	85; 95	170	136
100; 110; 125	120	210	165
140	130; 150	250	200
160; 180	170	300	240

1. ГОСТ 12080-66 распространяется на концы валов диаметром 0,8...320 мм
2. Исполнение 1 — длинные, исполнение 2 — короткие

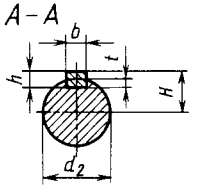
Исполнение 1



Исполнение 2



А-А



$$d_2 = d_1 - \frac{l_2/2}{10}$$

$$H = \frac{d_2}{2} - t + h$$

Концы валов конические по ГОСТ 12081-72

мм

d_1		Исполнение 1		Исполнение 2		b	h	t	d_3	d_4
I ряд	II ряд	l_1	l_2	l_1	l_2					
12; 14	—	30	18	—	—	2	2	1,2	M8×1	M4
16	—	40	28	28	16	3	3	1,8	M10×1,25	
18	19					4	4	2,5		M5
20; 22	24	50	36	36	22				M12×1,25	M6
25; 28	—	60	42	42	24	5	5	3	M16×1,5	M8
32; 36	30; 35	80	58	58	36	6	6	3,5	M20×1,5	M10
—	38								M24×2	M12
40	42	110	82	82	54	10	8	5		
45; 50; 56	48; 55					12			M30×2	M16

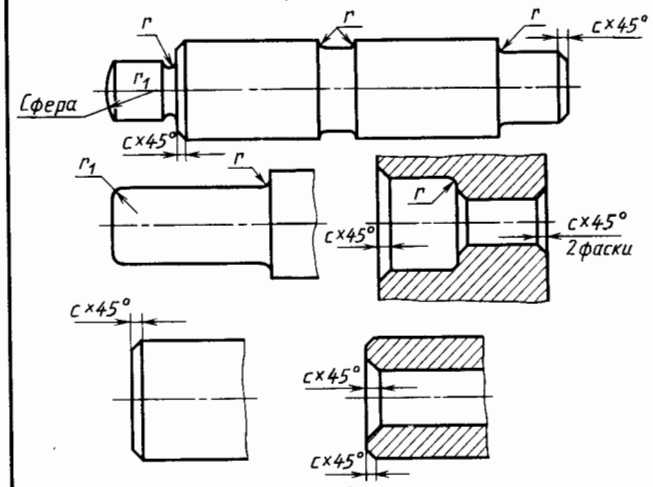
d_1		Исполнение 1		Исполнение 2		b	h	t	d_3	d_4
I ряд	II ряд	l_1	l_2	l_1	l_2					
63	60; 65	140	105	105	70	16	10	6	M42×3	M20
71	70; 75					18	11	7	M48×3	M24
80	85	170	130	130	90	20	12	7,5	M56×4	M30
90	—					22	14	9	M64×4	
95	—									
100	—	210	165	165	120	25			M72×4	M36
110	—								M80×4	M42
—	120					28	16	10	M90×4	
125	—									M48

Примечания:

1. ГОСТ 12081-72 предусматривает диапазон диаметров 3...630 мм.
2. Первый ряд диаметров является предпочтительным.
3. Размер центрового отверстия по ГОСТ 14034-74 (лист 318).
4. Форма и длина шпоночного паза стандартом не регламентируется.
5. Исполнение 1 — длинные, исполнение 2 — короткие.

Элементы валов и осей (концы валов)	Лист 305

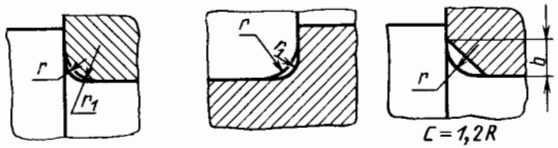
Радиусы скруглений и фаски по ГОСТ 10948-64



Радиусы скруглений r и фаски c, мм

Ряд	1	0,10	—	0,16	—	0,25	—	0,40	—	0,60	—	1,0	—
	2	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,0	1,2
	1	1,6	—	2,5	—	4,0	—	6,0	—	10	—	16	—
	2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10	12	16	20
	1	25	—	40	—	63	—	100	—	160	—	250	—
	2	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	—

Радиусы скруглений сопряженных валов и втулок

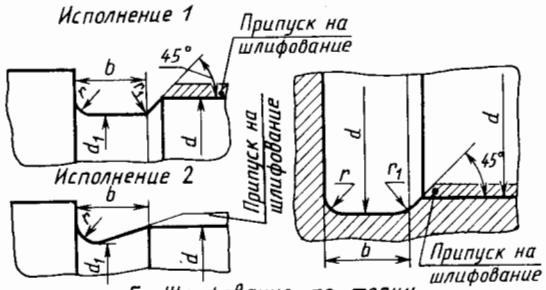


мм

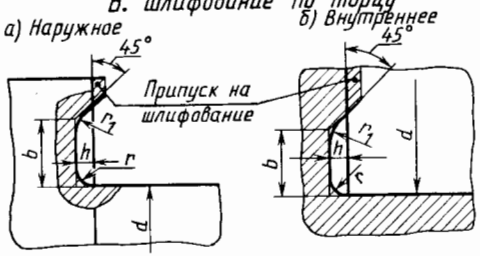
Диаметр вала d		10...18	20...28	30...36	48...68	70...100	105...150	155...200	210...250
Радиус скругления	r	0,6	1,5	2	2,5	3	4	5	6
	r_1	1	2	2,5	3	4	5	6	8

Канавки для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820-69

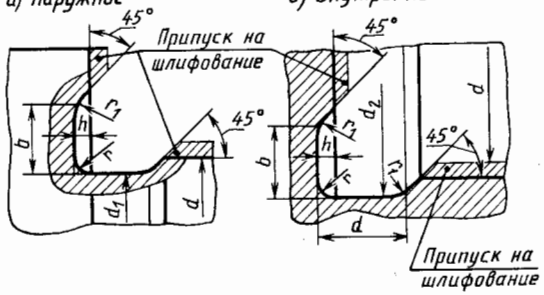
А. Шлифование по цилиндру



Б. Шлифование по торцу



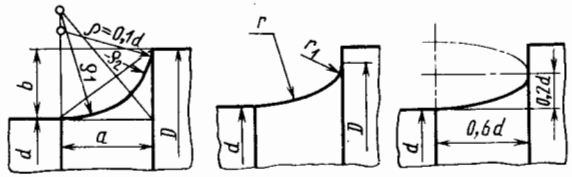
В. Шлифование по цилиндру и торцу



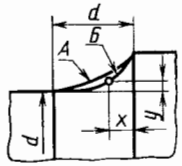
мм

d (ориентировочно)	b	Наружное шлифование d_1	Внутреннее шлифование d_2	h	r	r_1
До 10	1	d − 0,3	d + 0,3	0,2	0,3	0,2
	1,6				0,5	0,3
	2	d − 0,5	d + 0,5	0,3		
с 10 до 50	3				1	0,5
≤50 ≤100	5	d − 1	d + 1	0,5	1,6	
>100	8				2	1
	10				3	

Галтели эллиптические

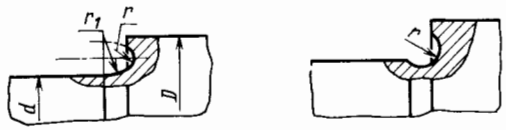


$\rho_1 > \rho_2$ $r = d$; $D = 1{,}3d$; $r_1 = 0{,}1d$



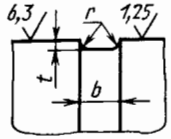
$\frac{x}{d}$	0	0,005	0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,30	0,50	1,00
$\frac{y}{d}$ изгиб „Б"	0,232	0,183	0,163	0,138	0,110	0,078	0,049	0,021	0,008	0
$\frac{y}{d}$ скручение „А"	0,203	0,157	0,139	0,119	0,100	0,077	0,052	0,018	0,007	0

Галтели с поднутрением торца



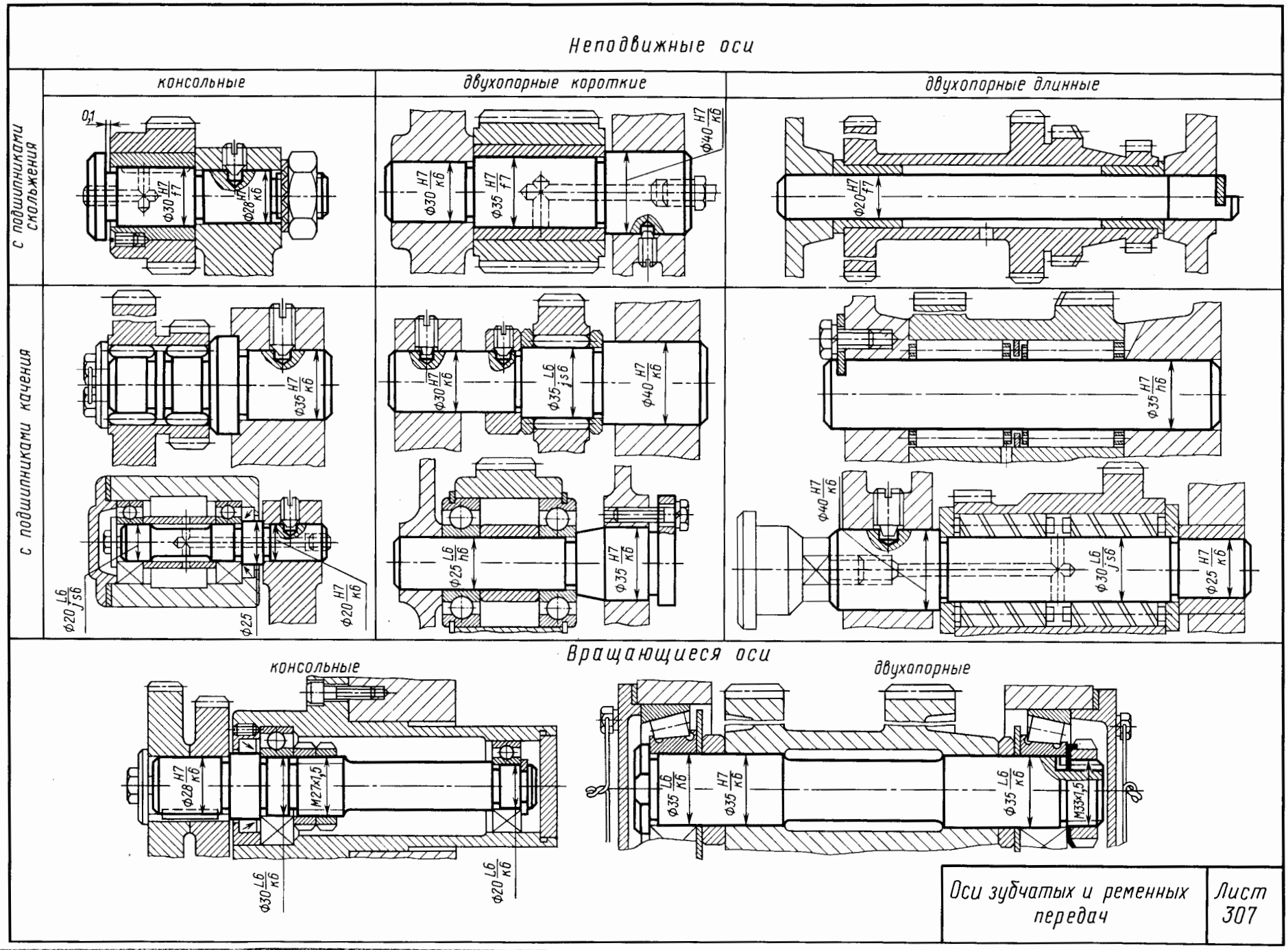
Переходный участок с разгружающей канавкой

Канавки, отделяющие посадочную поверхность от непосадочной



b = 1...5 мм
r = t = 0,1...0,5 мм

Элементы осей и валов (переходные участки)	Лист 306


Неподвижные оси
консольные
двухопорные короткие
двухопорные длинные
с подшипниками скольжения
с подшипниками качения
0,1
Ф30 H7/f7
Ф28 H7/к6
Ф30 H7/к6
Ф35 H7/f7
Ф40 H7/к6
Ф20 H7/f7
Ф35 H7/к6
Ф30 H7/к6
Ф35 L6/js6
Ф40 H7/к6
Ф35 H7/h6
Ф40 H7/к6
Ф25 L6/h6
Ф35 H7/к6
Ф30 L6/js6
Ф25 H7/к6
Ф20 L6/js6
Ф25
Ф20 H7/к6
Вращающиеся оси
консольные
двухопорные
Ф28 H7/к6
М27х1,5
Ф30 L6/к6
Ф20 L6/к6
Ф35 L6/к6
Ф35 H7/к6
Ф35 L6/к6
М33х1,5
Оси зубчатых и ременных передач
Лист 307

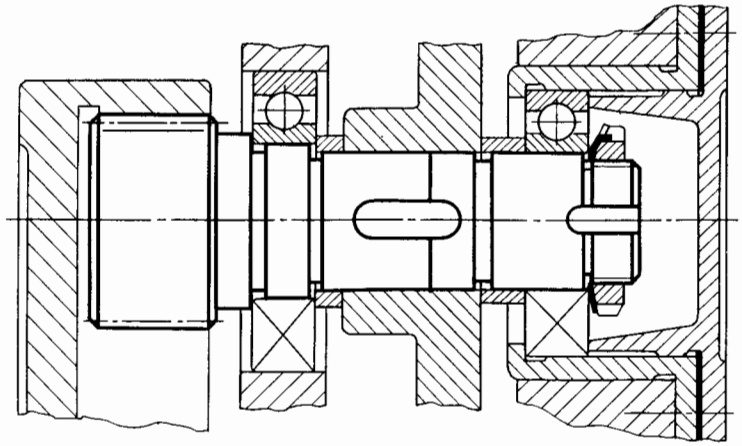


Рис. 1

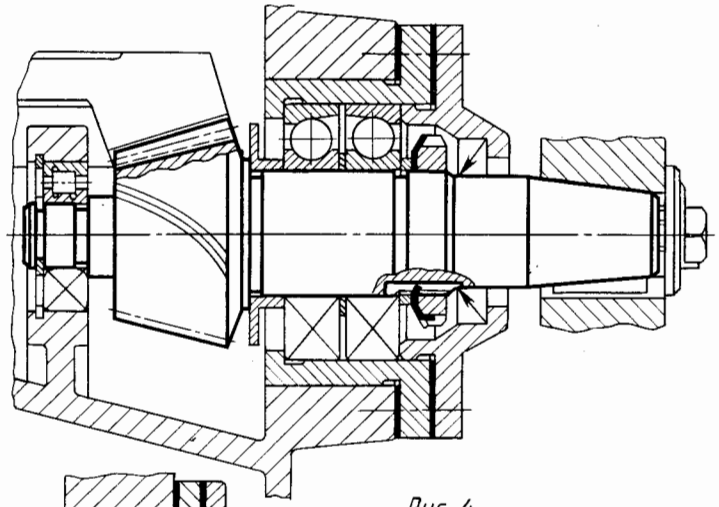


Рис. 4

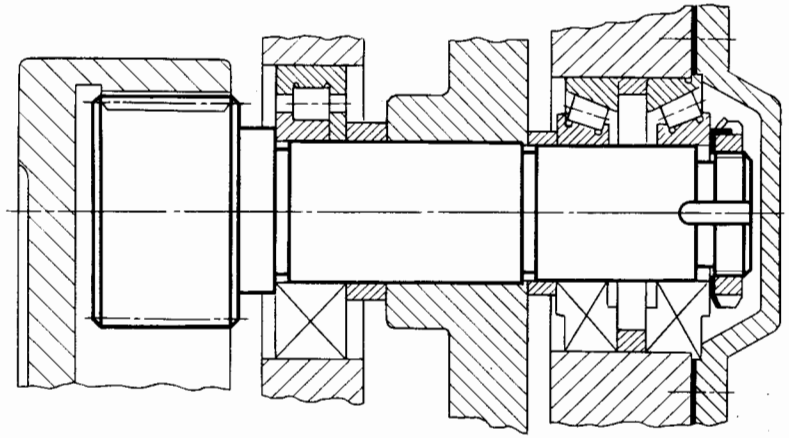


Рис. 2

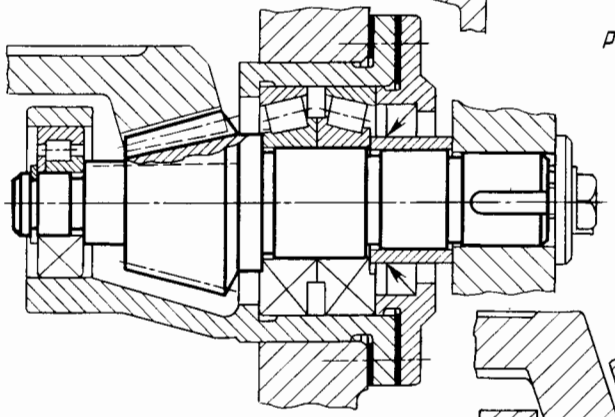


Рис. 5

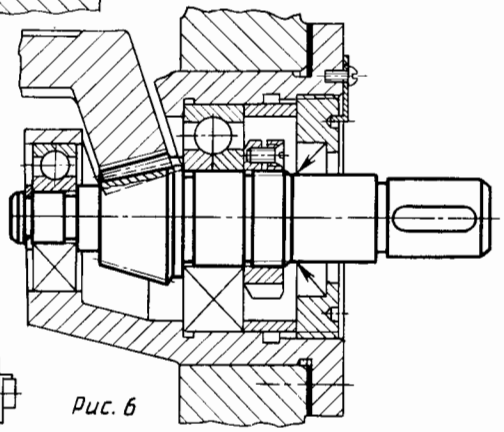


Рис. 6

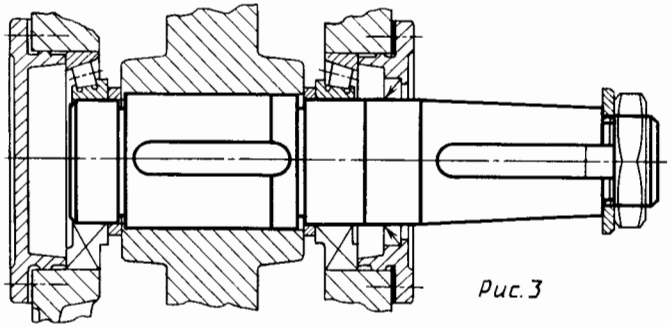


Рис. 3

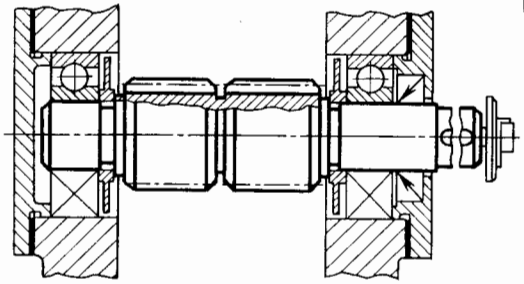


Рис. 7

Валы редукторов одноконсольные	Лист 308

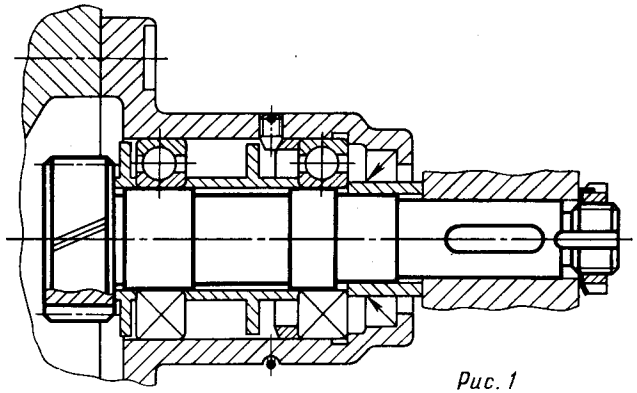


Рис. 1

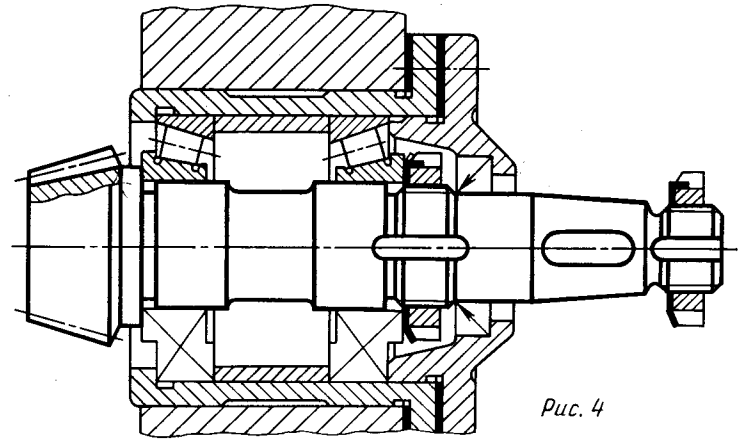


Рис. 4

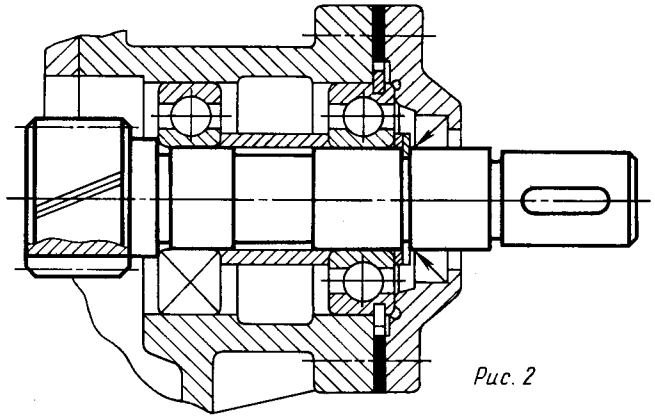


Рис. 2

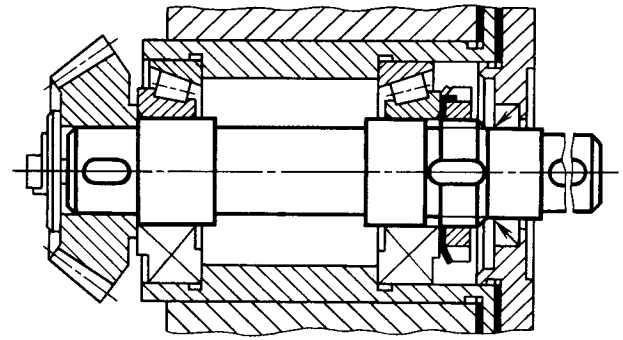


Рис. 5

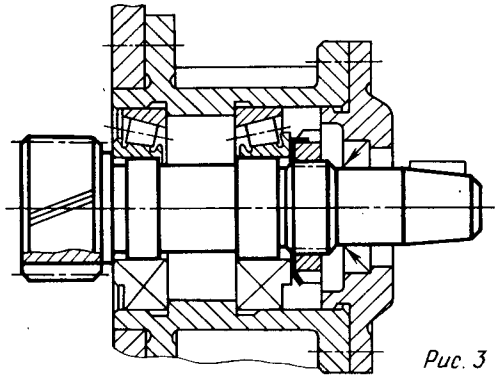


Рис. 3

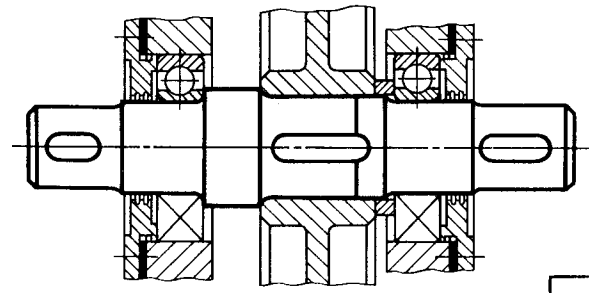
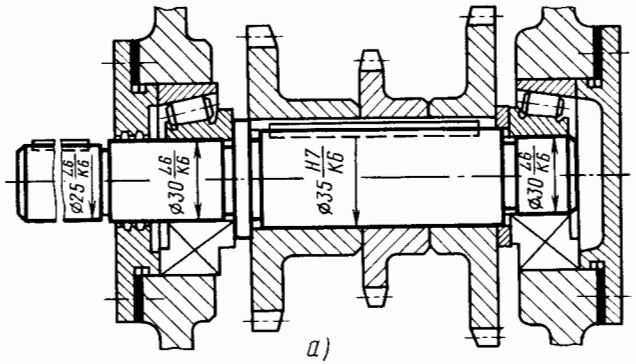


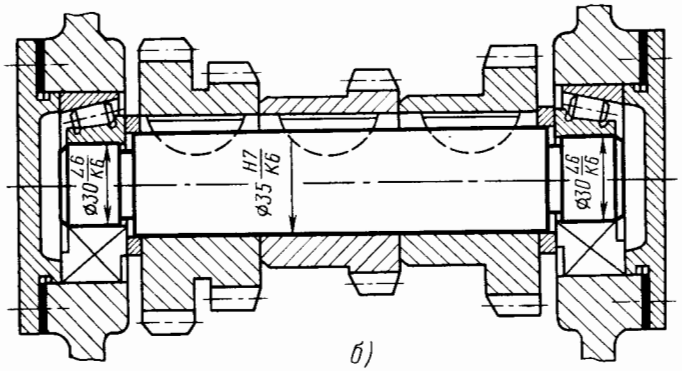
Рис 6

Двухконсольные валы редукторов	Лист 309

Валы с непередвижными зубчатыми колесами



а)



б)

Рис. 1

Вал с передвижными и непередвижными зубчатыми колесами

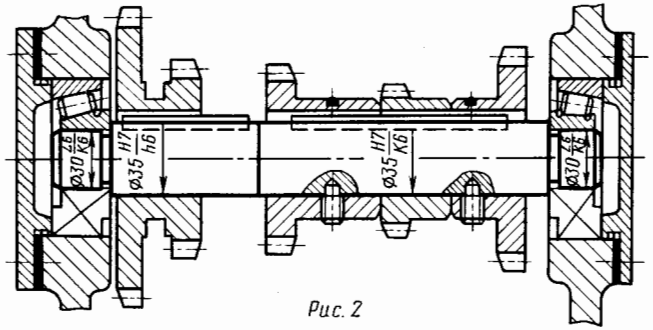


Рис. 2

Вал с передвижными зубчатыми колесами

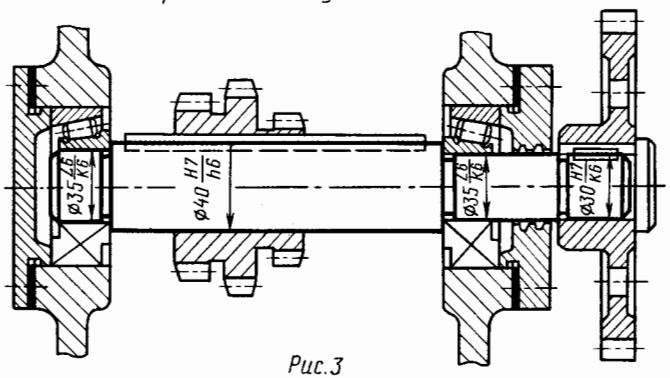
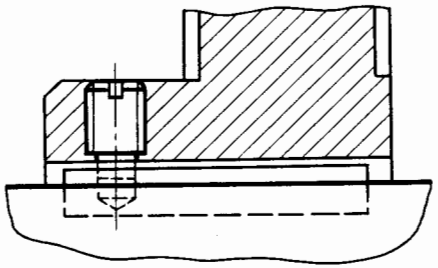
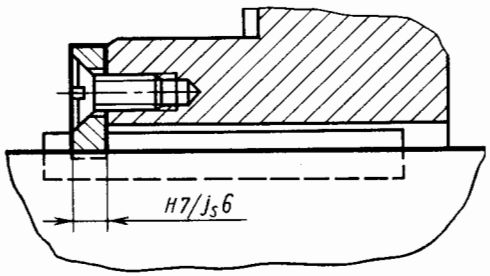


Рис. 3

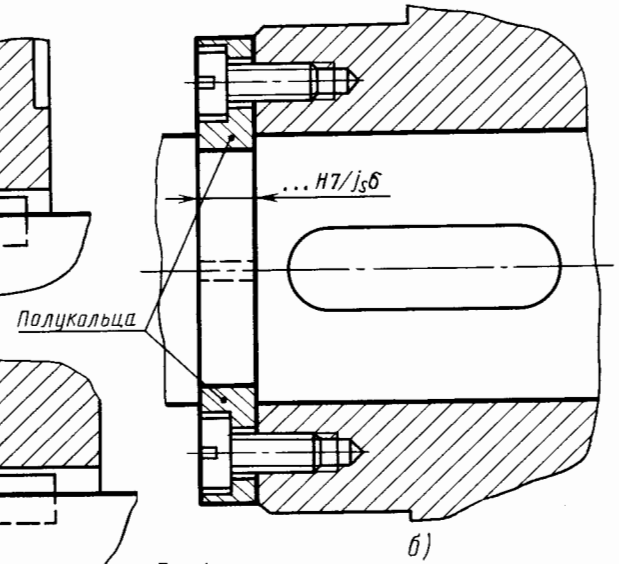
Способы осевого фиксирования деталей на валах



а)



в)



б)

Рис. 4

Валы коробок передач со шпонками	Лист 310

Валы с непередвижными зубчатыми колесами

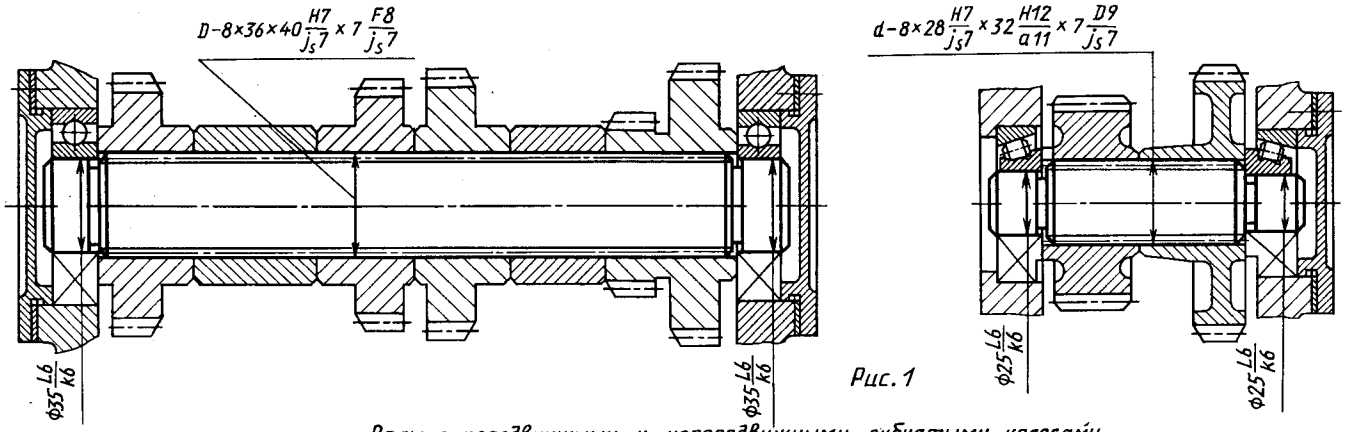


Рис. 1

Валы с передвижными и непередвижными зубчатыми колесами

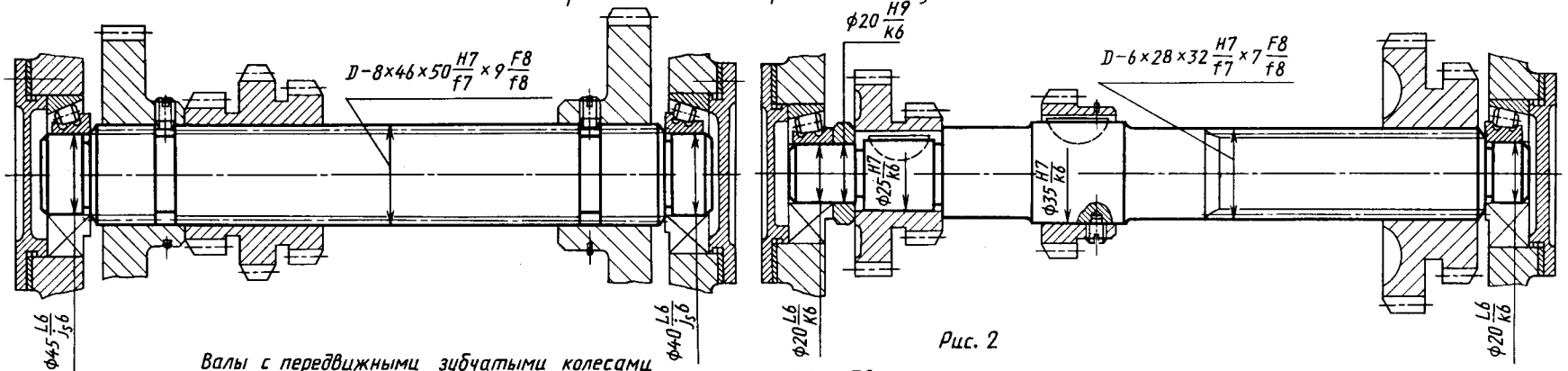


Рис. 2

Валы с передвижными зубчатыми колесами

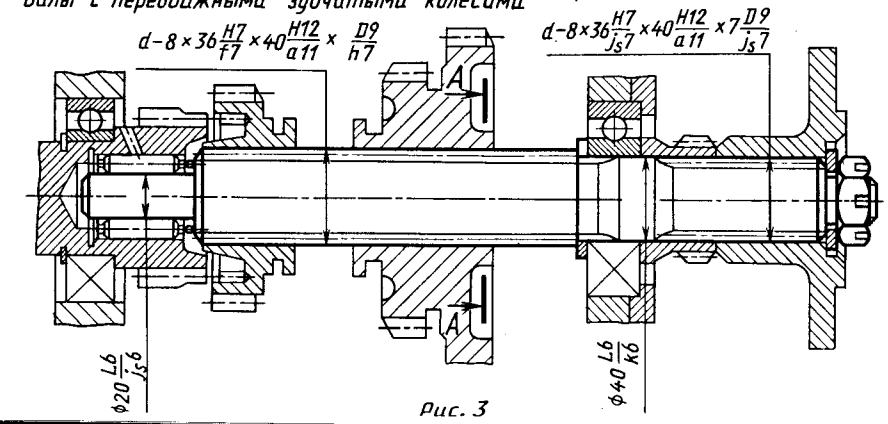
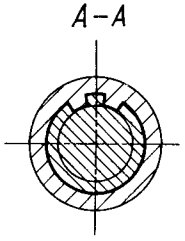
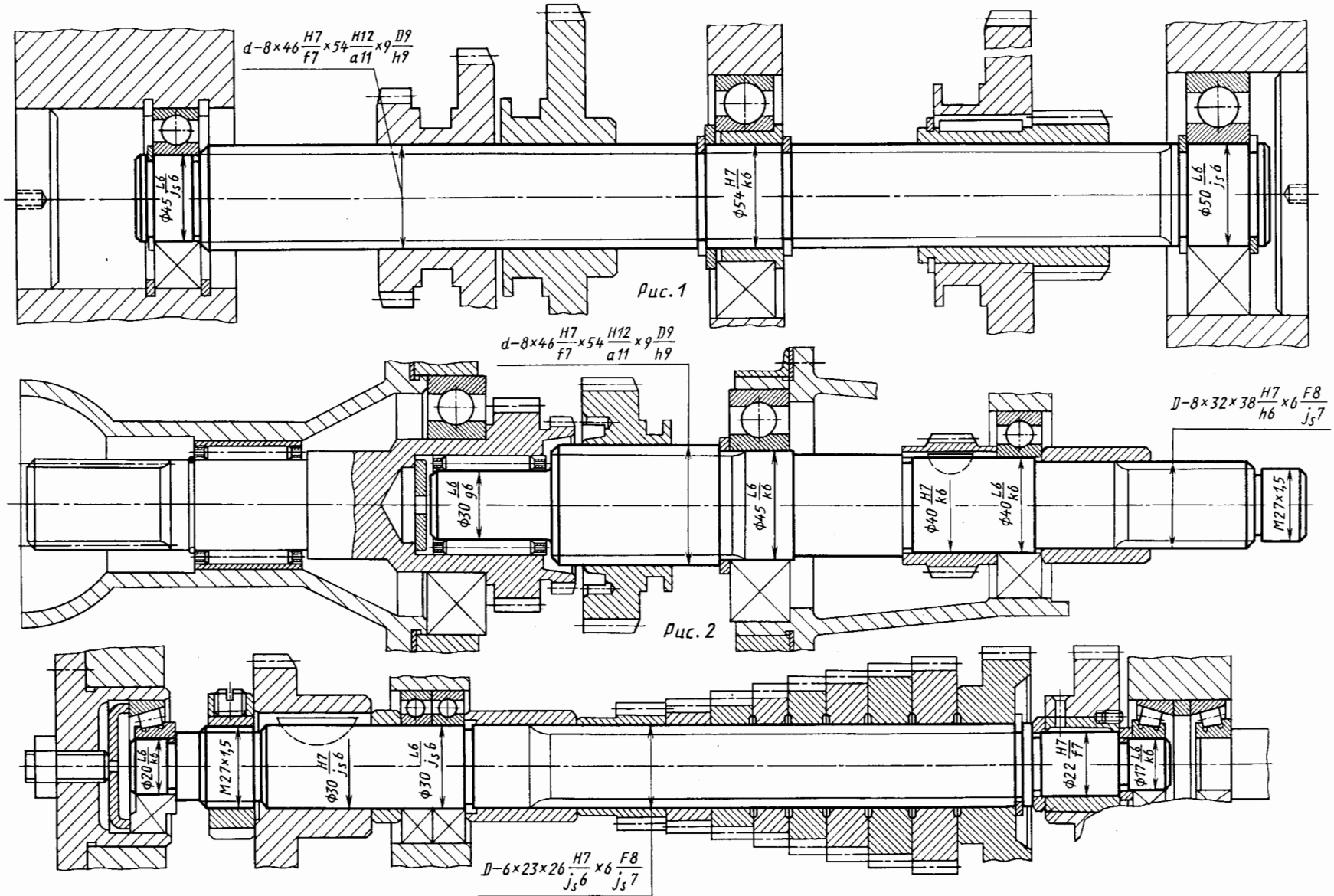


Рис. 3



Валы коробок передач шлицевые	Лист 311



Трехопорные валы	Лист 312

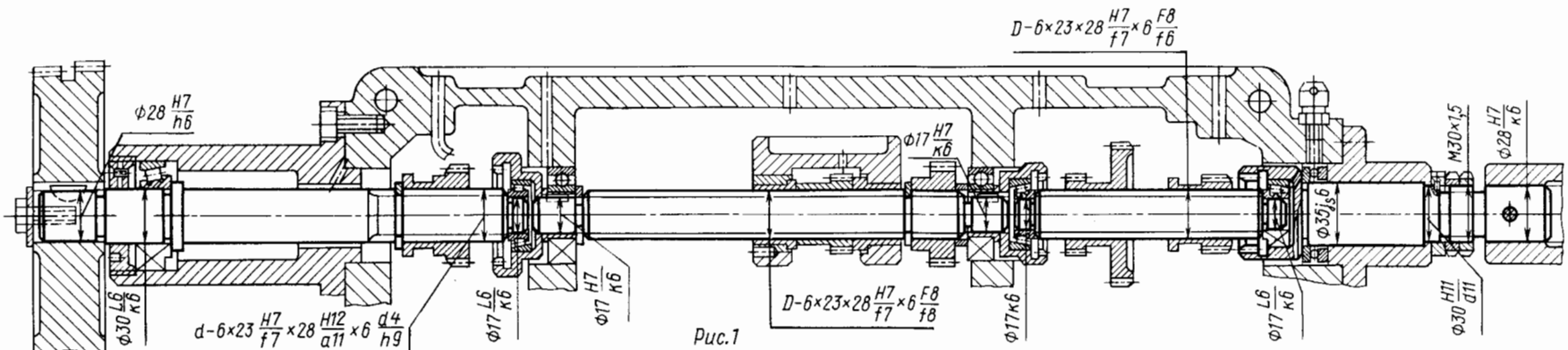


Рис.1

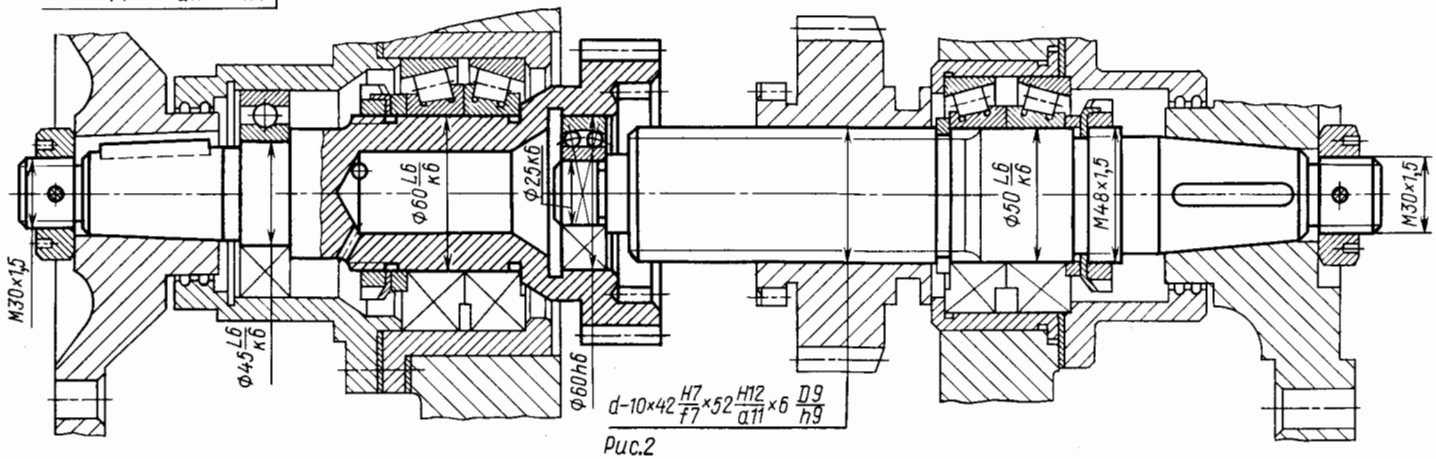


Рис.2

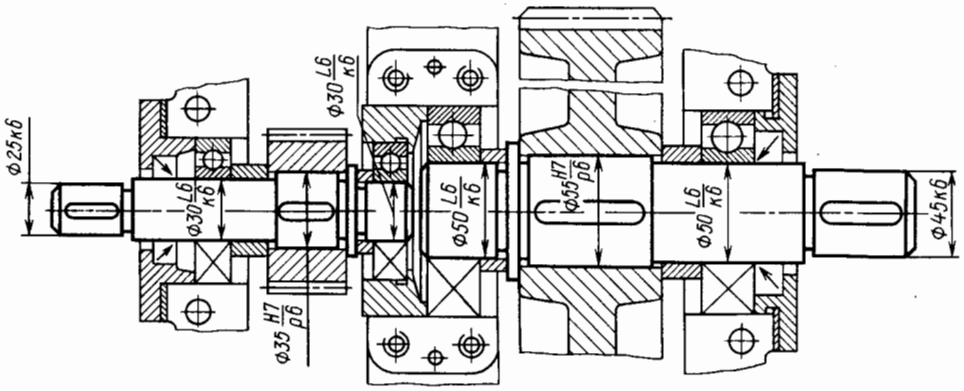
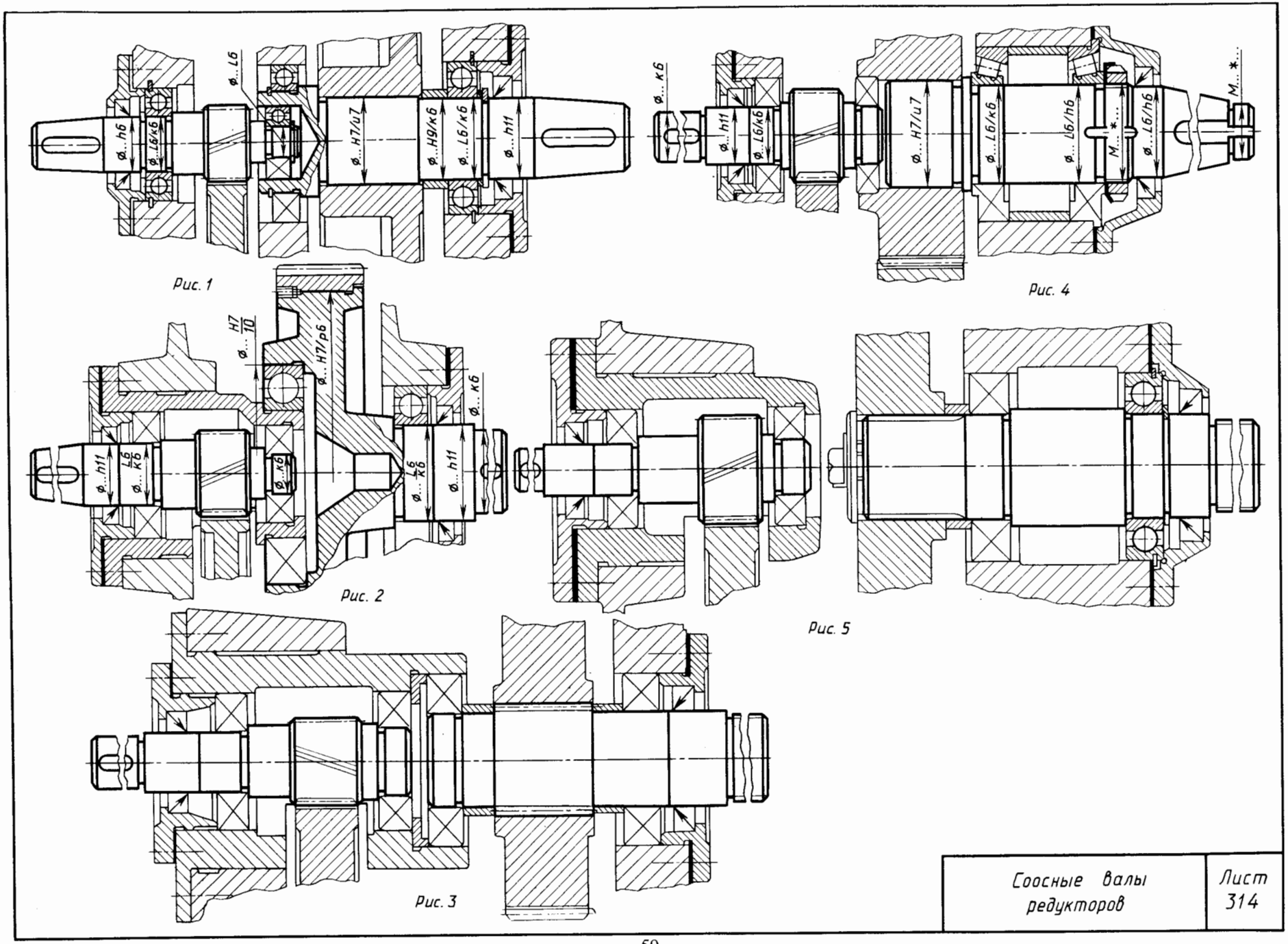


Рис.3

Соосные валы коробок передач и редукторов	Лист 313


ø...L6
ø...h6
ø...L6/k6
ø...H7/u7
ø...H9/k6
ø...L6/k6
ø...h11
Рис. 1
ø...k6
ø...h11
ø...L6/k6
ø...H7/u7
ø...L6/k6
ø...L6/h6
M...*...
ø...L6/h6
M...*...
Рис. 4
ø...H7/10
ø...H7/p6
ø...k6
ø...h11
ø...L6/k6
ø...k6
ø...L6/k6
ø...h11
Рис. 2
Рис. 5
Рис. 3
Соосные валы редукторов
Лист 314

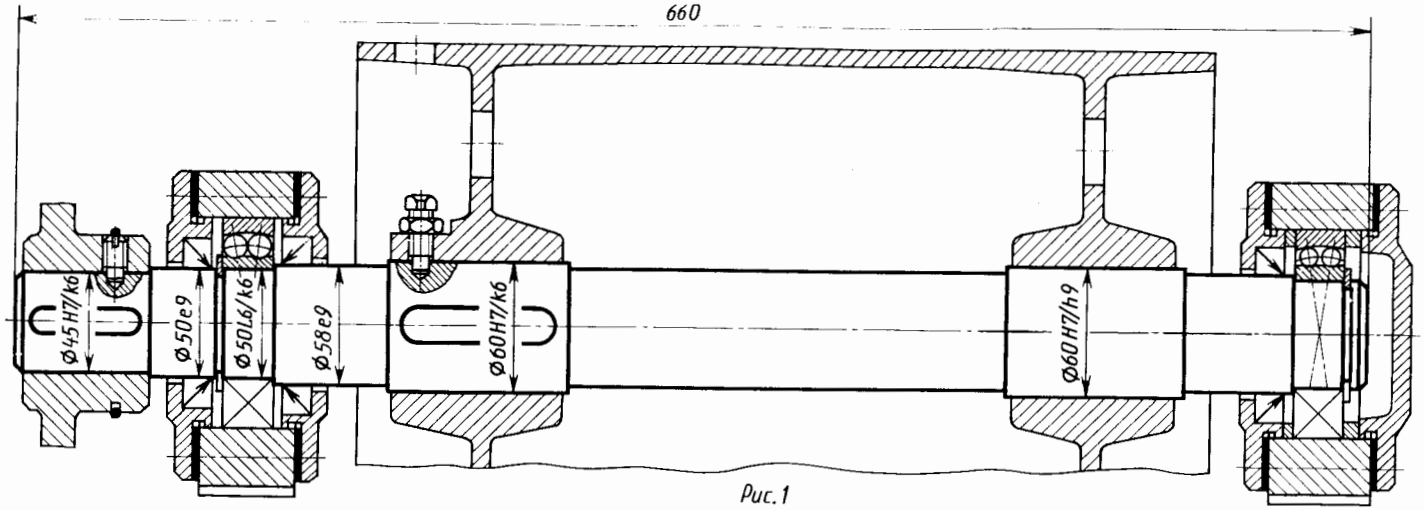


Рис. 1

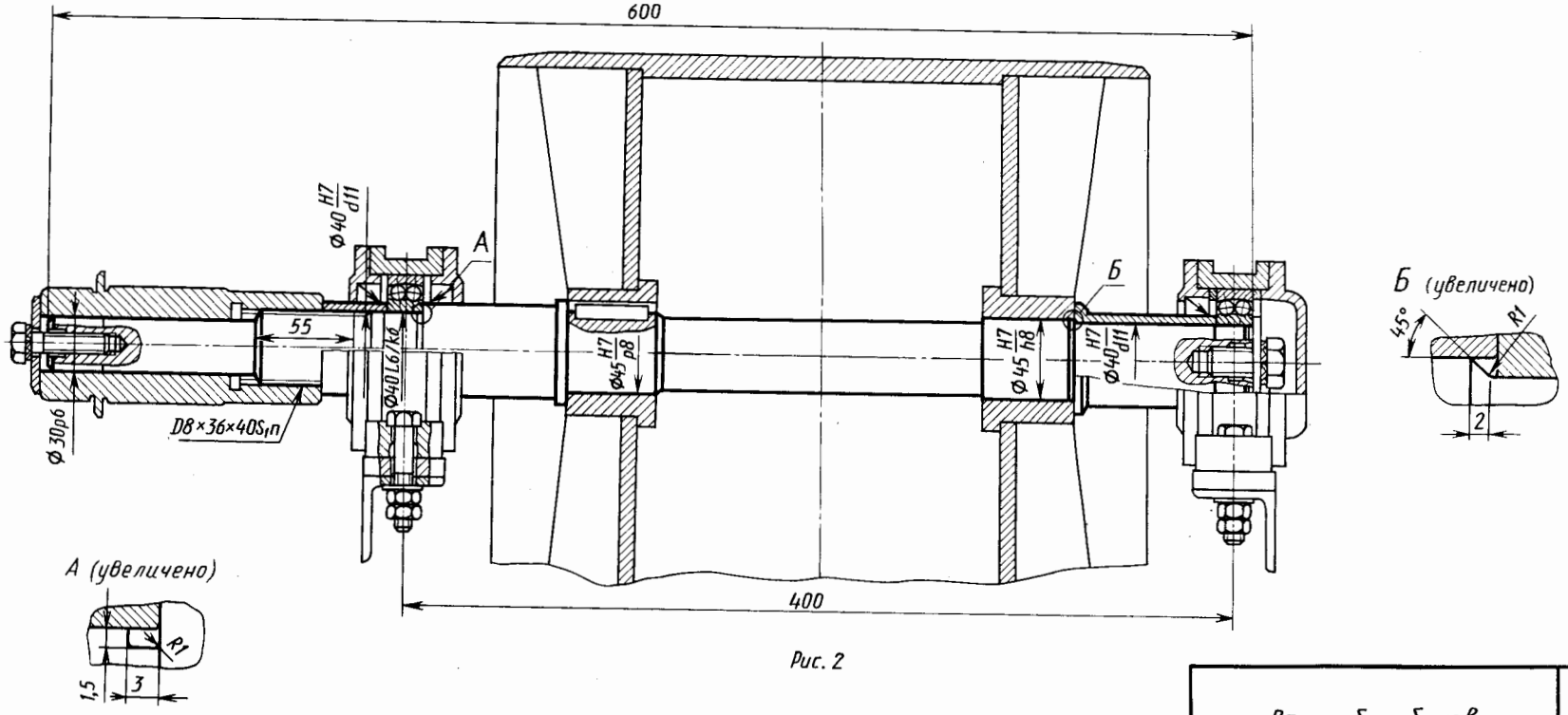


Рис. 2

Валы барабанов	Лист 315

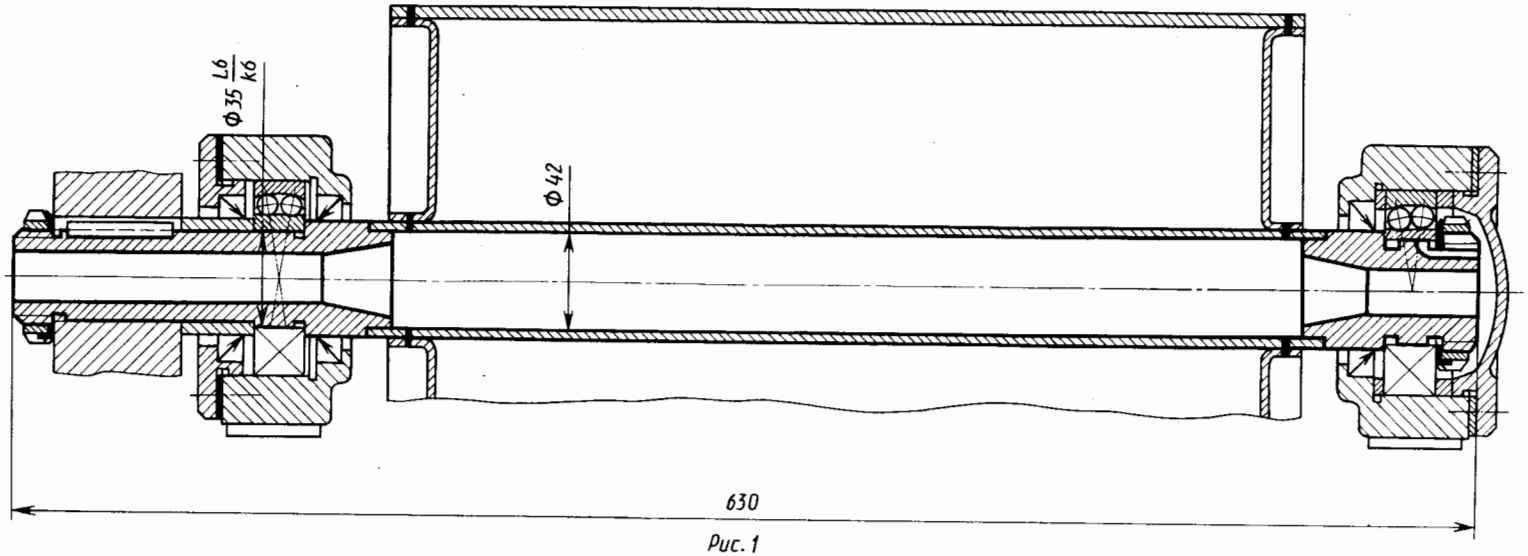


Рис. 1

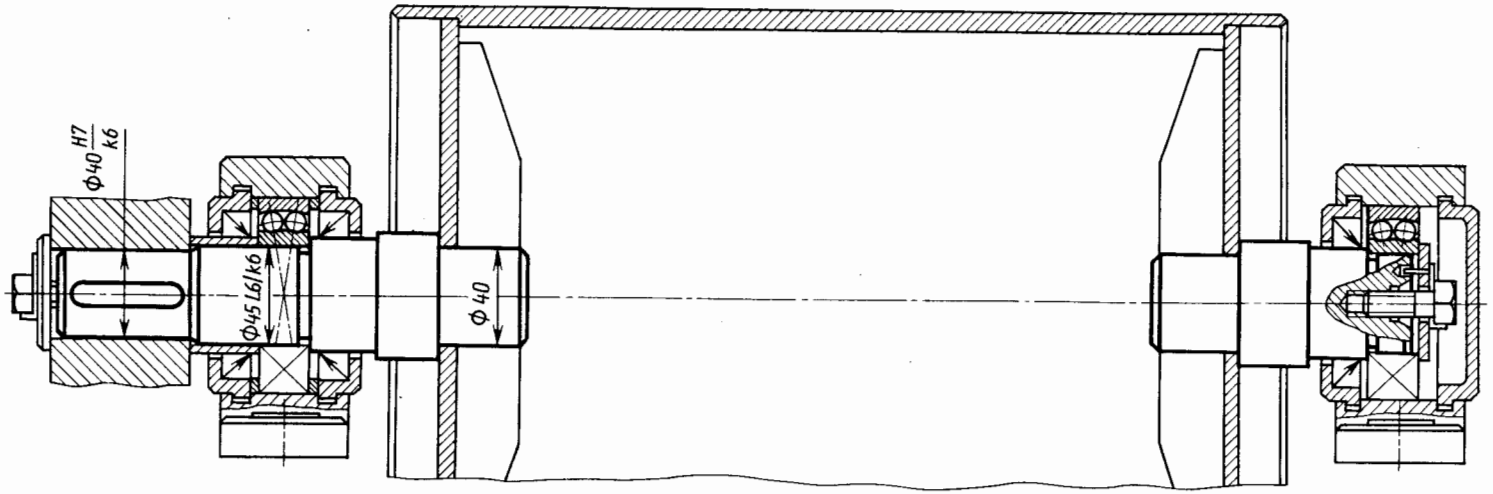


Рис. 2

Валы барабанов	Лист 316

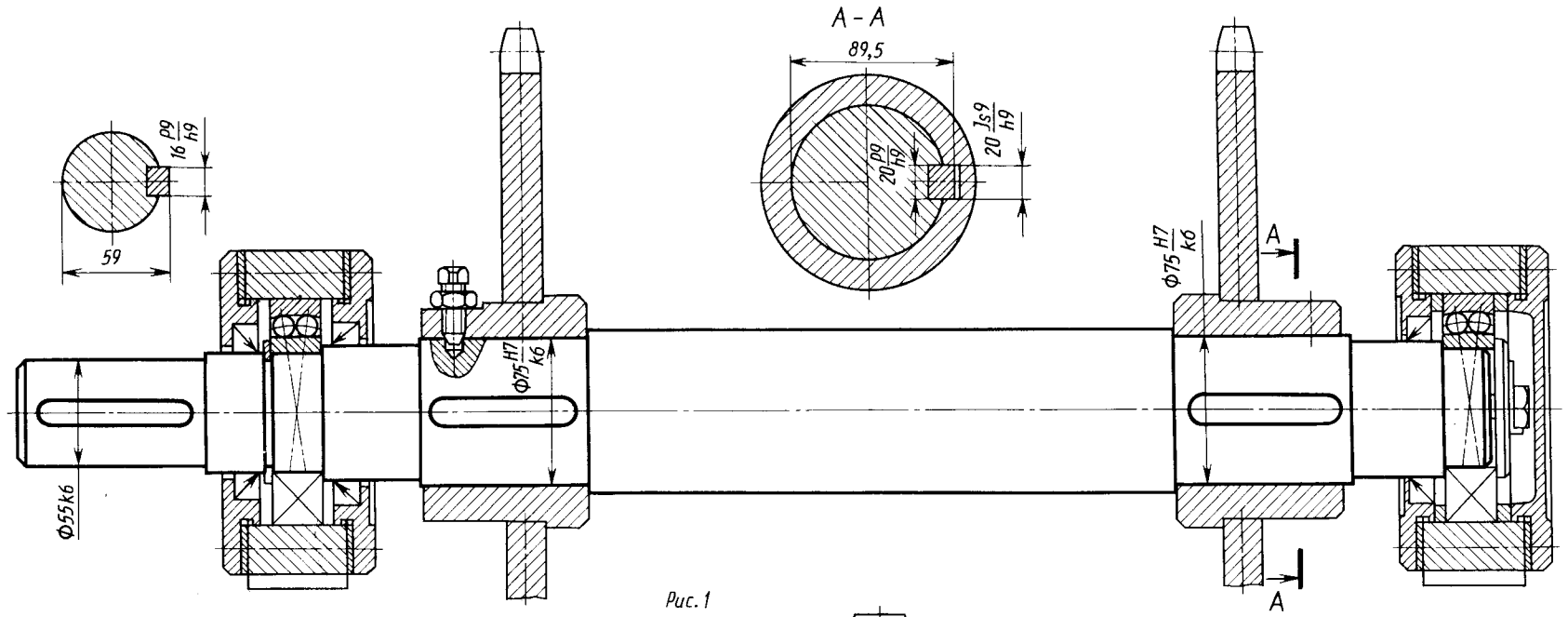


Рис. 1

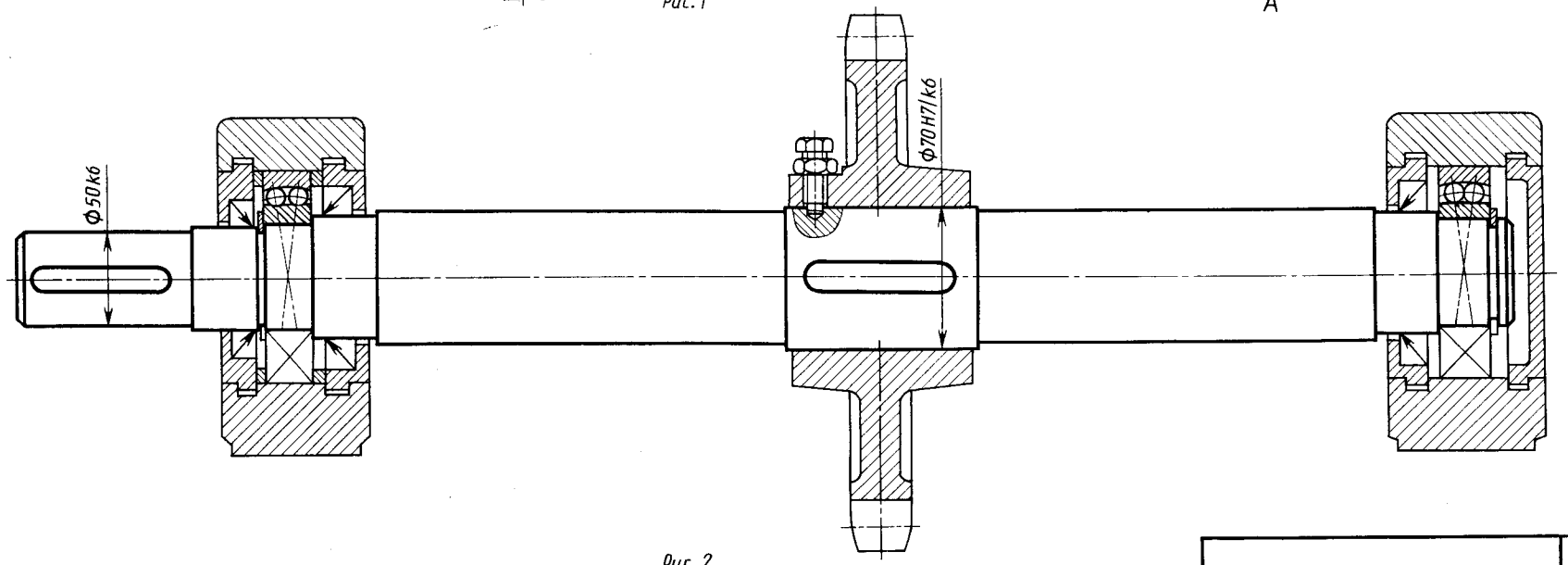
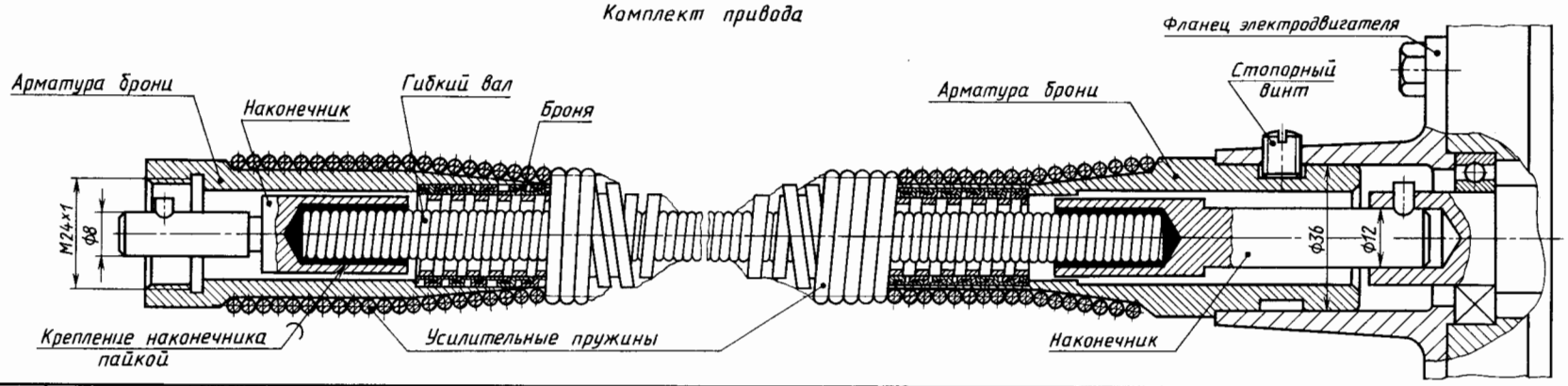


Рис. 2

Валы звездочек	Лист 317

Комплект привода



Обозначение валов: Правого вращения	Обозначение валов: Левого вращения	Диаметр вала D_0: Расчетный	Диаметр вала D_0: Наиб.	Диаметр вала D_0: Наим.	Диаметр сердечника d	Размеры по ГОСТ 13225-80, мм. Число проволок в слое / Диаметр проволоки d_1 / Номер слоя: 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Расчетная номинальная масса 1м, кг	Крутящий момент, передаваемый валом T_p, Н·м, не более	Частота вращения n, мин$^{-1}$, не более	Наибольшая жесткость изгиба, Н·м^2	Наименьший эксплуатационный размер изгиба, Н/м
ВС-3	ВС-3Л	3,2	3,3	2,8	0,4	4/0,3	4/0,3	4/0,4	4/0,4	—	—	—	—	—	—	—	0,06	0,245	12000	81·10	0,075
ВС-4	ВС-4Л	4,2	4,3	3,8						4							0,09	0,314	10000	9,8·10	0,1
ВС-6	ВС-6Л	6,2	6,3	5,8	0,6	4/0,6	4/0,6	4/0,8	4/0,8	—	—						0,19	0,637	6000	98·10	0,125
ВС-8	ВС-8Л	8,2	8,3	7,8						4/1,0							0,33	0,98		781·10	0,15
ВС-10	ВС-10Л	10,0	10,1	9,5	0,8		4/0,8		4/1,2	4/1,2							0,49	1,96	5000	2152·10	0,20
ВС-12	ВС-12Л	12,0	12,1	11,5		4/0,8	4/1,0	4/1,0		4/1,6	4/2,0	4/2,0					0,7	3,92	4500	1110·10	0,25
ВС-16	ВС-16Л	16,0	16,2	15,4													1,24	13,23	2500	9800·10	0,3
ВС-20	ВС-20Л	20,0	20,2	19,4													1,94	21,56	2000	13730·10	
ВС-25	ВС-25Л	25,0	25,3	24,3									4/2,5				3,03	36,26	1500	27140·10	0,4
ВС-30	ВС-30Л	30,0	30,3	29,2										4/2,5			4,36	58,80	1200	31360·10	

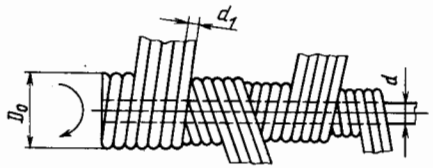
Пример условного обозначения гибкого проволочного вала правого вращения с условным диаметром D = 10 мм:

Вал гибкий ВС-10 ГОСТ 13225-80

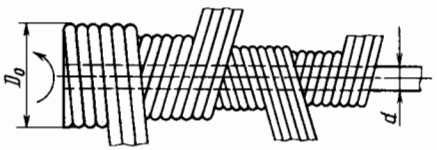
То же для левого вращения:

Вал гибкий ВС-10Л ГОСТ 13225-80

Вал правого вращения



Вал левого вращения



Примечания:

1. В целях упрощения обозначения валов принят условный диаметр D вместо расчетного D_0.
Условный диаметр соответственно равен 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 30мм.
2. Нормы нагрузок даны для валов, длина которых не превышает 400D.

Гибкие проволочные валы для силовых передач	Лист 318

Броня гибких валов по ГОСТ 11626-80

Броня ленточная

Профиль ленты

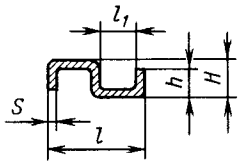


Таблица 1

Обозначение брони	Размеры, мм: Наим. внутр. диаметр брони, d	Наиб. наруж. диаметр брони, D	l	l_1	H	h	S	t	Наим. радиус изгиба	Уплотнение	Наибольш. осевая нагрузка, Н	Масса 1м, кг, не более
БЛ-3	5,5	9,0	4,2	1,65	1,4	1,1	0,3	2,9	40	Хлопчатобумажное	490	0,10
БЛ-4	6,5	10,0										0,12
БЛ-6	8,5	12,3									588	0,18
БЛ-8	11,5	17,3	8,5	3,50	2,5	1,9	0,5	6,2	125		980	0,31
БЛ-10	13,5	21,2	9,0	3,15	3,5	2,2	0,9	5,7	200	Асбестовое	1960	0,90
БЛ-12	16,5	26,0							250			1,10
БЛ-16	21,0	30,5	13,1	4,90	4,4	3,1	1,1	8,5	300		2450	1,70
БЛ-20	25,0	35,0							350			2,05
БЛ-25	30,5	42,0	14,6	5,35			1,3	9,2	375		3430	2,65
БЛ-30	36,0	48,5							400			3,26

Броня двухпроволочная

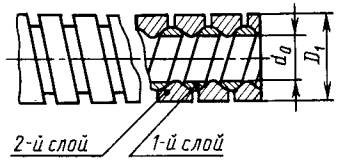
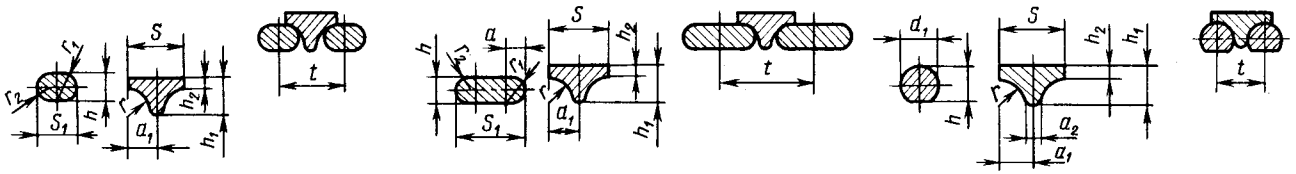


Таблица 2

Обозначение брони	Исполнение	Размеры, мм: Диаметр брони внутрен., d_0 Номин	Пред. откл.	Диаметр брони наружный, D_1 Номин.	Пред. откл.	d	h	h_1	h_2	t	S	S_1	r	r_1	r_2	a	a_1	a_2	Наим. радиус изгиба	Наиб. осевая нагрузка, Н	Расчетная номин. масса 1м, кг
БДП-3	1	5,5	±0,20	9,5	±0,20	—	1,4	1,2	0,6	3	2,4	2,5	1,4	1,5	0,6	—	1,4	—	60	49	0,16
БДП-4		6,5		10,5															80		0,19
БДП-6	2	8,5	±0,36	13,0	±0,36		1,6			4		3,9				1,35			120	147	0,32
БДП-8		11,5	±0,43	16,0															150		0,41
БДП-10	3	13,5		20,5	±0,40	3	2,7	2,0	0,5		3,7	—	1,5	—	—	—	1,75	0,5	180		1,05
БДП-12		16,0		23,0															200		1,20

Размеры профилированной проволоки двухпроволочной брони

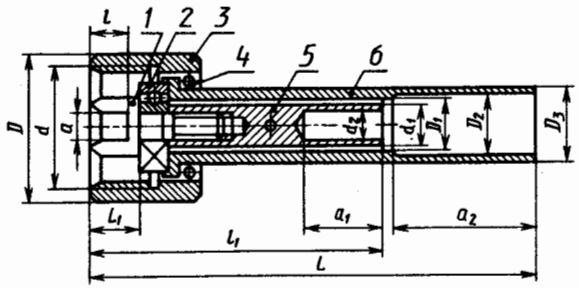
Исполнение 1



Броня для гибких силовых передач	Лист 319

Арматура с опорами качения

Таблица 1



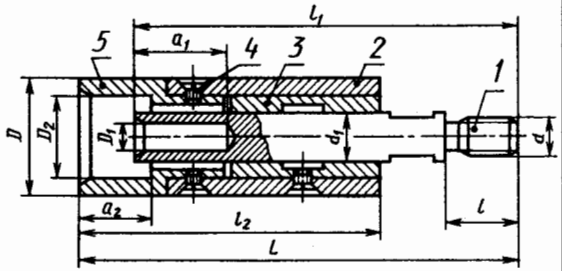
1-хвостовик;
2-шарикоподшипник;
3-гайка;
4-штифт;
5-наконечник вала;
6-муфта.

Обозначение арматуры	Расчетный диаметр вала D_0	L	D	L_1	d	l	a (H8)	Наконечник вала				Наконечник для брони					Подшипник по ГОСТ8338-75
								l_1	d_1	d_2 (H11)	a_1	D_1	D_2 (H11)		D_3	a_2	
													БЛ	БДП			
АК-3	3,2	60	20	7	M16×1,5	4	3,5	36	5,0	3,0	10	6,0	9,0	10,0	12,0	22	23
АК-4	4,2	70	25	8	M20×1,5	5	4,0	43	6,0	4,5	12	7,0	10,0	11,0	13,0	25	24
АК-6	6,2	100	31	10	M27×2	7	5,5	61	8,0	6,0	18	9,5	12,3	13,0	16,0	35	26
АК-8	8,2	125	36	13	M30×2	10	7,0	80	11,0	8,0	24	13,0	18,0	16,0	22,0	42	18
АК-10	10,0	140	36	15	M30×2	11	7,0	87	13,0	10,0	30	15,0	21,2	21,0	25,5	50	18
АК-12	12,0	160	42	18	M36×3	13	8,0	100	15,0	12,0	40	17,0	26,0	23,0	30,0	55	100
АК-16	16,0	200	50	23	M42×3	18	10,0	137	20,0	16,0	50	23,0	30,5	—	36,0	60	102

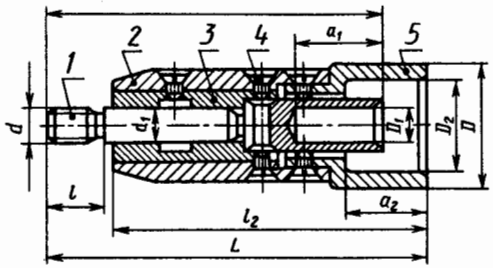
Арматура с опорами скольжения

Таблица 2

Для ведущего конца вала



Для ведомого конца вала



1-наконечник вала;
2-корпус;
3-втулка;
4-винты;
5-муфта.

Обозначение арматуры		Расчетный диаметр вала D_0	D	L		d		d_1 (H8)		l		Наконечник вала				Наконечник для брони					
для ведомого конца вала	для ведущего конца вала											l_1		D_1	a_1	l_2		D_2			a_2
				АС-1	АС-2	АС-1	АС-2	АС-1	АС-2	АС-1	АС-2	АС-1	АС-2			АС-1	АС-2	БЛ	БЛС	БДП	
АС-1-8	АС-2-8	8,2	24	92	96	M8	M8	8	11	15	12	72	70	8,0	16	75	72	18,0		16,0	18
АС-1-10	АС-2-10	10,0	26	99	106	M10	M10	10	13		15	80	85	10,0	20	82	78	21,2		21,0	22
АС-1-12	АС-2-12	12,0	30	103	122		M12	12	15		20	90	110	12,0	25	86	84	26,0		23,0	
АС-1-16	АС-2-16	16,0	35	121	136	M12	M16	15	20	20		112	130	16,0	32	99	98	30,5	32,0		
АС-1-20	АС-2-20	20,0	40	133	160	M16		18	24		25	130	150	20,0	40	111	105	35,0	36,0		25
АС-1-25	АС-2-25	25,0	48	159	187		M24	20	29	25		153	175	25,0	50	131	136	42,0	42,5		32
АС-1-30	АС-2-30	30,0	53	179	200	M20		26	34			177	190	30,0	60	152	152	48,5	48,5		38

Примечание.
Для упрощения условного обозначения арматуры принят условный диаметр вала вместо расчетного D_0 — соответственно 3,4,5,6,8,10,12,16,20,25,30,40

Арматура для гибких валов силовых передач	Лист 320

НОРМАЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ ПО ГОСТ 6636—69 (СТ СЭВ 514—77)

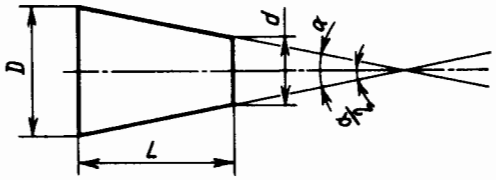
Ra 5	*Ra* 10	*Ra* 20	*Ra* 40	*Ra* 5	*Ra* 10	*Ra* 20	*Ra* 40	*Ra* 5	*Ra* 10	*Ra* 20	*Ra* 40
1,0	1,0	1,0	1,0 1,05	16	20	20	20 21	400	400	400	400 420
		1,1	1,1 1,15			22	22 24			450	450 480
	1,2	1,2	1,2 1,3	25	25	25	25 26		500	500	500 530
		1,4	1,4 1,5			28	28 30			560	560 600
1,6	1,6	1,6	1,6 1,7		32	32	32 34	630	630	630	630 670
		1,8	1,8 1,9			36	36 38			710	710 750
	2,0	2,0	2,0 2,1	40	40	40	40 42		800	800	800 850
		2,2	2,2 2,4			45	45 48			900	900 950
2,5	2,5	2,5	2,5 2,6		50	50	50 53	1000	1000	1000	1000 1060
		2,8	2,8 3,0			56	56 60			1120	1120 1180
	3,2	3,2	3,2 3,4	63	63	63	63 67		1250	1250	1250 1320
		3,6	3,6 3,8			71	71 75			1400	1400 1500
4,0	4,0	4,0	4,0 4,2		80	80	80 85	1600	1600	1600	1600 1700
		4,5	4,5 4,8			90	90 95			1800	1800 1900
5,0	5,0	5,0	5,0 5,2	100	100	100	100 105		2000	2000	2000 2120
		5,6	5,6 6,0			110	110 120			2240	2240 2360
6,3	6,3	6,3	6,3 6,5		125	125	125 130	2500	2500	2500	2500 2650
		7,1	7,0 7,5			140	140 150			2800	2800 3000
	8	8	8,0 8,5	160	160	160	160 170		3150	3150	3150 3350
		9	9,0 9,5			180	180 190			3550	3550 3750
10	10	10	10 10,5		200	200	200 210	4000	4000	4000	4000 4250
		11	11 11,5			220	220 240			4500	4500 4750
	12	12	12 13	250	250	250	250 260		5000	5000	5000 5300
		14	14 15			280	280 300			5600	5600 6000
16	16	16	16 17		320	320	320 340	6300	6300	6300	6300 6700
		18	18 19			360	360 380			7100	7100 7500
									8000	8000	8000 8500
										9000	9000 9500

Примечание. При выборе размеров предпочтение должно отдаваться рядам с более крупной градацией (ряд *Ra* 5 следует предпочитать ряду *Ra* 10; ряд *Ra* 10 — ряду *Ra* 20; ряд *Ra* 20 — ряду *Ra* 40).

Допускается применять произвольные ряды, получаемые путем отбора каждого второго, третьего или *n*-го члена одного и того же ряда по таблице.

Нормальные диаметры и длины | *Лист 321*

Конусности гладких конических элементов деталей по ГОСТ 8593-81 (ст СЭВ 512-77)



Конусность $C = \frac{D-d}{L} = 2tg\frac{\alpha}{2}$

Пример обозначения конусности ▷ 1:10

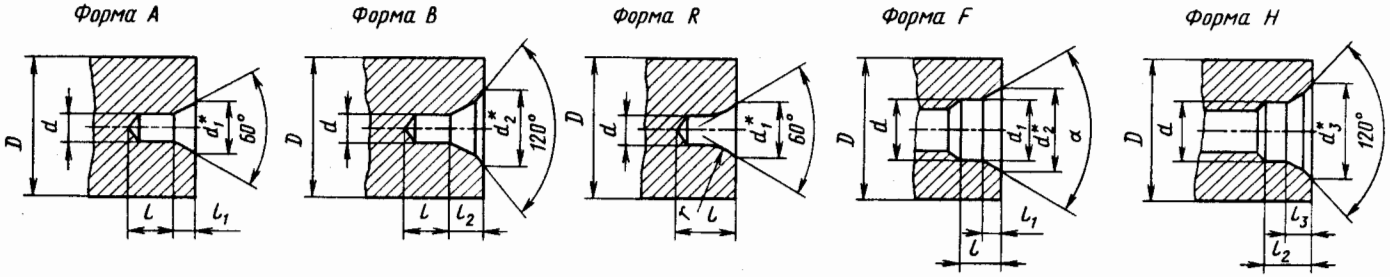
Обозначение конуса		Конусность	Угол конуса	Примеры применения
ряд 1	ряд 2	C	α	
1:500	—	1:500	6'52"	—
1:200	—	1:200	17'11"	Крепежные детали соединений, подвергающиеся ударной нагрузке
1:100	—	1:100	34'23"	Крепежные детали соединений, подвергающиеся ударной и переменной нагрузке
1:50	—	1:50	1°8'45"	Конические штифты, установочные шпильки
—	1:30	1:30	1°54'35"	—
1:20	—	1:20	2°51'51"	Метрические конусы в шпинделях станков, хвостовики инструментов
—	1:15	1:15	3°49'6"	Конические соединения деталей при усилиях, направленных вдоль оси
—	1:12	1:12	4°46'19"	Закрепительные втулки подшипников качения
1:10	—	1:10	5°43'29"	Концы валов
—	1:8	1:8	7°9'10"	Конические соединения деталей при усилиях, перпендикулярных к оси и направленных вдоль нее
—	1:7	1:7	8°10'16"	—

Обозначение конуса		Конусность	Угол конуса	Примеры применения
ряд 1	ряд 2	C	α	
—	1:6	1:6	9°31'38"	—
1:5	—	1:5	11°25'16"	Легко разнимающиеся соединения деталей при усилиях, перпендикулярных к оси
—	1:4	1:4	14°15'0"	—
1:3	—	1:3	18°55'29"	—
30°	—	1:1,866	30°	Потайные и полупотайные головки заклепок
45°	—	1:1,207	45°	
60°	—	1:0,866	60°	Центровые отверстия
—	75°	1:0,651	75°	Потайные головки болтов и заклепок
90°	—	1:0,500	90°	Фаски валов, вентилей, клапанов
120°	—	1:0,289	120°	Внутренние фаски нарезных отверстий

Примечание. Ряд 1 предпочтительней ряда 2.

Нормальные конусности	Лист 322

Отверстия центровые по ГОСТ 14034-74



* Размеры для справок.

Для форм *A* и *B*

$D_{ном}$	d	d_1^*	d_2^*	l, не менее	l_1 номин.	l_1 пред. откл.	l_2 пред. откл. по H12
2	(0,5)	1,06	—	0,8	0,48	11	—
2,5	(0,63)	1,32	—	0,9	0,60	11	—
3	0,8	1,70	2,5	1,1	0,78	11	1,02
4	1,0	2,12	3,15	1,3	0,97	11	1,27
5	(1,25)	2,65	4,0	1,6	1,21	12	1,60
6	1,6	3,35	5,0	2,0	1,52	12	1,99
10	2,0	4,25	6,3	2,5	1,95	12	2,54
14	2,5	5,3	8,0	3,1	2,42	12	3,20
20	3,15	6,7	10,0	3,9	3,07	12	4,03
30	4,0	8,5	12,5	5,0	3,90	12	5,06
40	(5)	10,6	16,0	6,3	4,85	12	6,41
60	6,3	13,2	18,0	8,0	5,98	12	7,36
80	(8,0)	17,0	22,4	10,1	7,79	12	9,35
100	10,0	21,2	28,0	12,8	9,70	12	11,66

Для формы *R*

d	d_1	l_1, не менее	r номин.	r наиб.
0,5	1,30	1,3	1,3	1,6
0,63	1,50	1,6	1,6	2,0
0,8	1,70	2,0	2,0	2,5
1	2,12	2,3	2,5	3,15
1,25	2,65	2,8	3,15	4,0
1,6	3,35	3,5	4,0	5,0
2	4,25	4,4	5,0	6,3
2,5	5,30	5,5	6,3	8,0
3,15	6,70	7,0	8,0	10,0
4	8,50	8,9	10,0	12,5
5	10,60	11,2	12,5	16,0
6,3	13,20	14,0	16,0	20,0
8	17,00	17,9	22,0	25,0
10	21,2	22,5	25,0	31,5

Для форм *F* и *H*

для формы *F*	для формы *H*	d	d_1 (пред. откл. по H14)	d_2^*	d_3	l, не более	l_1 (пред. откл. по H12)	l_2, не более	l_3, (пред. откл. по H12)	α
8	12	M3	3,2	5	—	2,8	1,56	—	—	60°
10	16	M4	4,3	6,5	8,2	3,5	1,90	4,0	2,4	60°
12,5	20	M5	5,3	8,0	11,4	4,5	2,30	5,5	3,3	60°
16	25	M6	6,4	10,0	13,3	5,5	3,00	6,5	4,0	60°
20	32	M8	8,4	12,5	16,0	7,0	3,50	8,0	4,5	60°
25	40	M10	11,0	15,6	19,8	9,0	4,00	10,2	5,2	60°
32	50	M12	13,0	18,0	22,0	10,0	4,30	11,2	5,5	60°
40	63	M16	17,0	22,8	28,7	11,0	5,00	12,5	6,5	60°
63	80	M20	21,0	28,0	33,0	12,5	6,00	14,0	7,5	60°
100		M24	25,0	36,0	43,0	14,0	9,50	16,0	11,5	60°
160		M30	31,0	44,8	51,8	18,0	12,00	20,0	14,0	60°
250		M36	37,5	53,0	60,0	20,2	13,50	22,0	15,5	60°
400		M42	43,5	59,7	70,5	22,0	14,00	25,0	17,0	60°
630		M48	49,5	74,0	88,0	24,0	16,00	28,0	20,0	60°

Примечания: 1. Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

2. Диаметры *D* рекомендуемые.

3. Формы *F* и *H* не должны применяться для режущего и вспомогательного инструмента с коническими хвостовиками с конусностью 1:10, 1:7, 7:24, метрической и Морзе.

Пример условного обозначения центрового отверстия формы *A* диаметром $d=4$ мм:

Отв. центр. A4 ГОСТ 14034—74.

То же, формы *B*: *Отв. центр. B4 ГОСТ 14034—74*

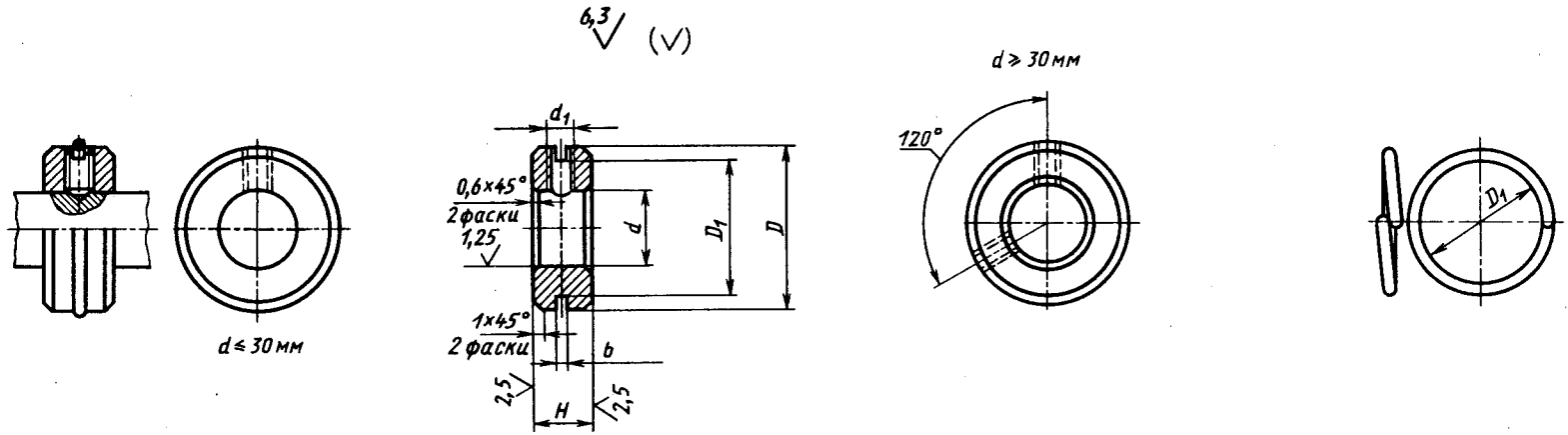
То же, формы *R*: *Отв. центр. 4 ГОСТ 14034—74.*

Пример условного обозначения центрового отверстия формы *F* диаметром 16: *Отв. центр. F M16 ГОСТ 14034—74.*

То же, формы *H*: *Отв. центр. M16 ГОСТ 14034—74.*

Отверстия центровые	Лист 323

Кольца установочные с винтовым креплением по ГОСТ 2832-77 и замковым кольцом



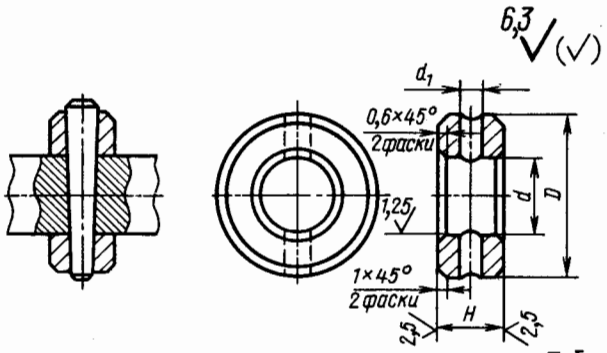
Размеры, мм

d	D	H	b	d_1	Винты по ГОСТ 1476-84	Внутренний диаметр замкового кольца D_1	d	D	H	b	d_1	Винты по ГОСТ 1476-84	Внутренний диаметр замкового кольца D_1
8 10 12	20 22 25	10	1,0	M5	M5×8	15 17 20	(65) 70 71	90 95	20	2	M10	M10×16	80
14 15 16	28 30	12		M6	M6×10	22 24	75 80 85	105 110	22		M12	M12×20 M12×16	95 100
18 20 22	34 36 38					28 30 32	90 95 100 105	120 125 130	25			M12×20 M12×16	110 120
25 28	42 45	14	1,2	M8	M8×12	34 38	110 120 125 130	150 160 170	30	2,5	M12	M12×25	140 150 160
30 32	48 52	16				40 42							
36 40	55 60					45 50							
45 50 (55) 56	70 75 80	18	1,6	M10	M10×6	60 65 70	140 150 160 170	180 200 210 220				M12×30	—
60 63	90	20				75 80	180 190 200	240 250				M12×35 M12×30	

Пример условного обозначения колец
d = 30 мм из стали марки 20 с покрытием 06, толщиной 6 мкм:
Кольцо 30. 20. 066 ГОСТ 2832-77

Кольца установочные	Лист 324

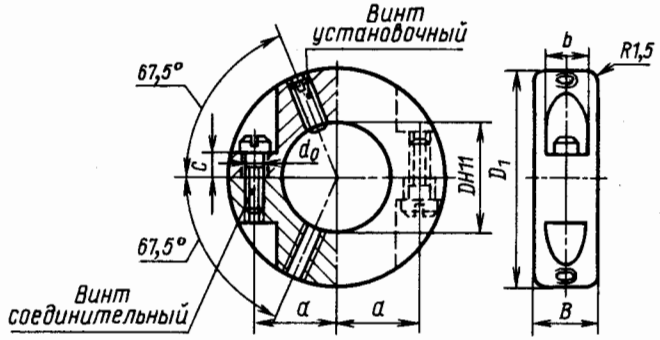
Кольца установочные со штифтовым креплением по ГОСТ 3130-77



Размеры, мм — Таблица 1

d	D	H	d_1	Штифт конический по ГОСТ 3129-70	d	D	H	d_1	Штифт конический по ГОСТ 3129-70
8 10	20 22	9	3	3×22	(55) 56	85	20	8	8×90
12	25			3×25	60	90			
14	28	10	4	4×30	63 (65)	95		10	10×100
15 16	30			4×32	(70) 71	100	22		
18 20	34 36			4×36	75 80	110			10×110
22	38	12	5	5×40					
25 28	42 45			5×45	85 90 95	120			10×120
30	48	14	6	6×50			25		
32	52			6×55	100 105	140			10×140
36	55	16							
40	60			6×60	110	150	30	12	12×160
45	70	18		6×70	120	160			
50	80		8	8×80	125 130	170			12×180

Кольца установочные разъемные



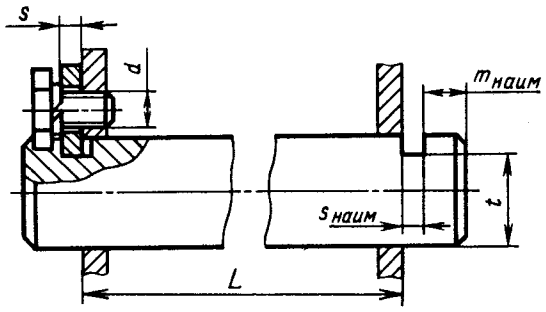
Размеры, мм — Таблица 2

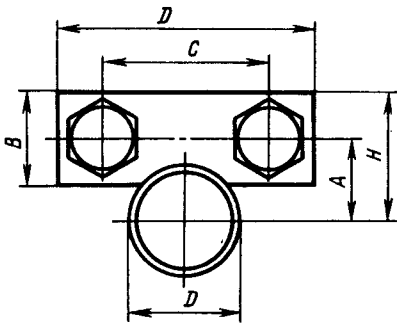
D(H11)	D_1	B	a	b	c	d_0	Винт соединительный d×l	Винт соединительный Количество	Винт установочный d×l	Винт установочный Количество
30 35	85	25	30	17	8	10,5	M10×30	2	M10×25	1
40 45	90		35							
50 (55) 56	105	30	40	20	10	12,5	M12×30		M12×25	2
60 63 (65)	115		45							
(70) 71 75	130		50		14		M12×40		M12×30	
80 90	140 150		55 60							
100	160		65				M16×60			
110 120 130 140 150	180 200 210 220 240	38	70 80 85 90 95	28	20	16,5			M16×40	

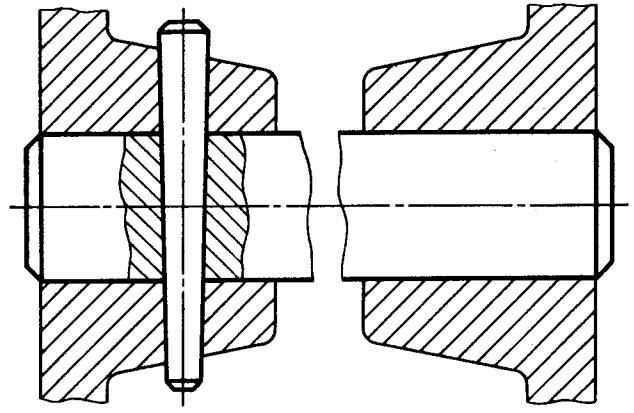
Пример условного обозначения колец d=30мм из стали 20 с покрытием 06, толщиной 6 мм:
Кольцо 30.20.06б ГОСТ 3130-77

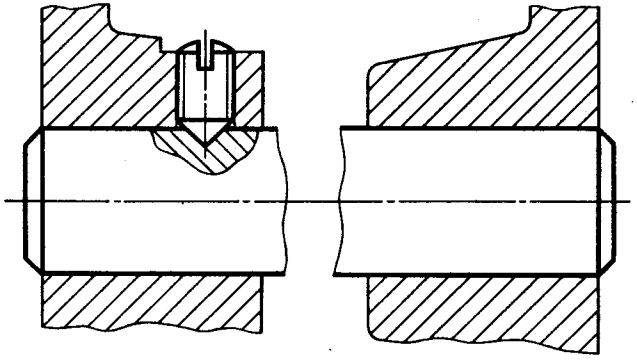
Кольца установочные	Лист 325

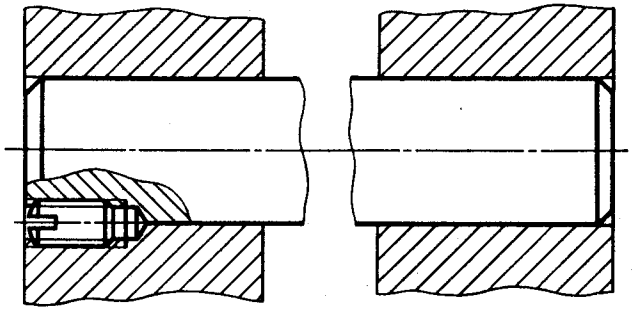
Установка оседержателей









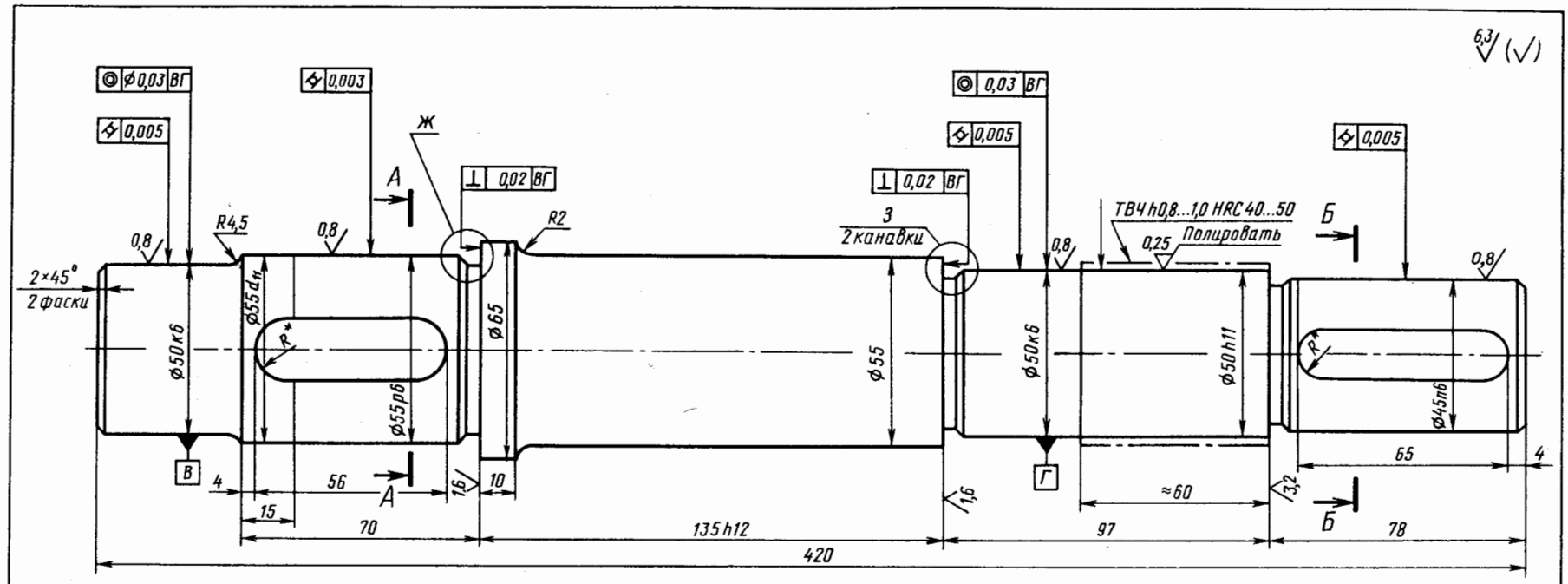


Размеры, мм

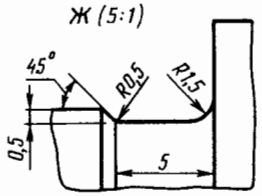
D	A	B	C	H	L	$m_{наим}$	$s = s_{наим}$	t	Болт	Шайба пружинная d	Число на один конец оси
20 22 25 30	18 19 19,5 22	24	45	30 31 31,5 34	70	10	6	16 18 20 25	M10×20	10,5	1
35 40 45 50 (55) 56	26,5 29 30,5 32 33,5 34	29	65	40,5 43 44,5 46 47,5 48	95	12	8	29 34 38 42 46 47	M12×25	12,5	1
60 63 (65) 70 71 75 80	40 41 42,5 44 44,5 45,5 48	39	80	59 60,5 61,5 63 63,5 64,5 67	120	14	10	50 53 55 59 60 63 68	M16×30	17	1
90 100 110	56 60 63	49		80 84 87	160	18	12	76 85 93	M20×40	21	
120 130 140	72 75 80	59	120	101 104 109	180			102 110 120			2

Осевое закрепление осей

Лист 326

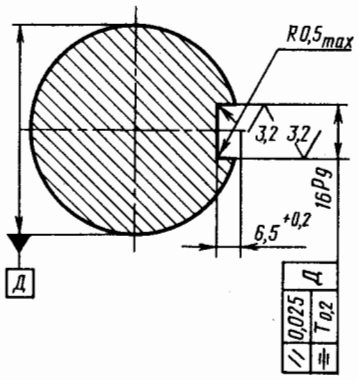


Ж (5:1)

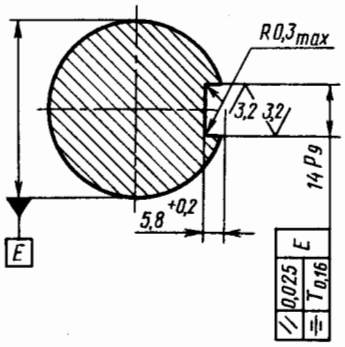


1. 260...285 НВ, кроме места, указанного особо.
2. * Размер, обеспеченный технологией.
3. Неуказанные предельные отклонения размеров: $+t_2$, $-t_1$, $\pm t_2/2$.

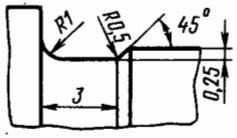
А-А



Б-Б



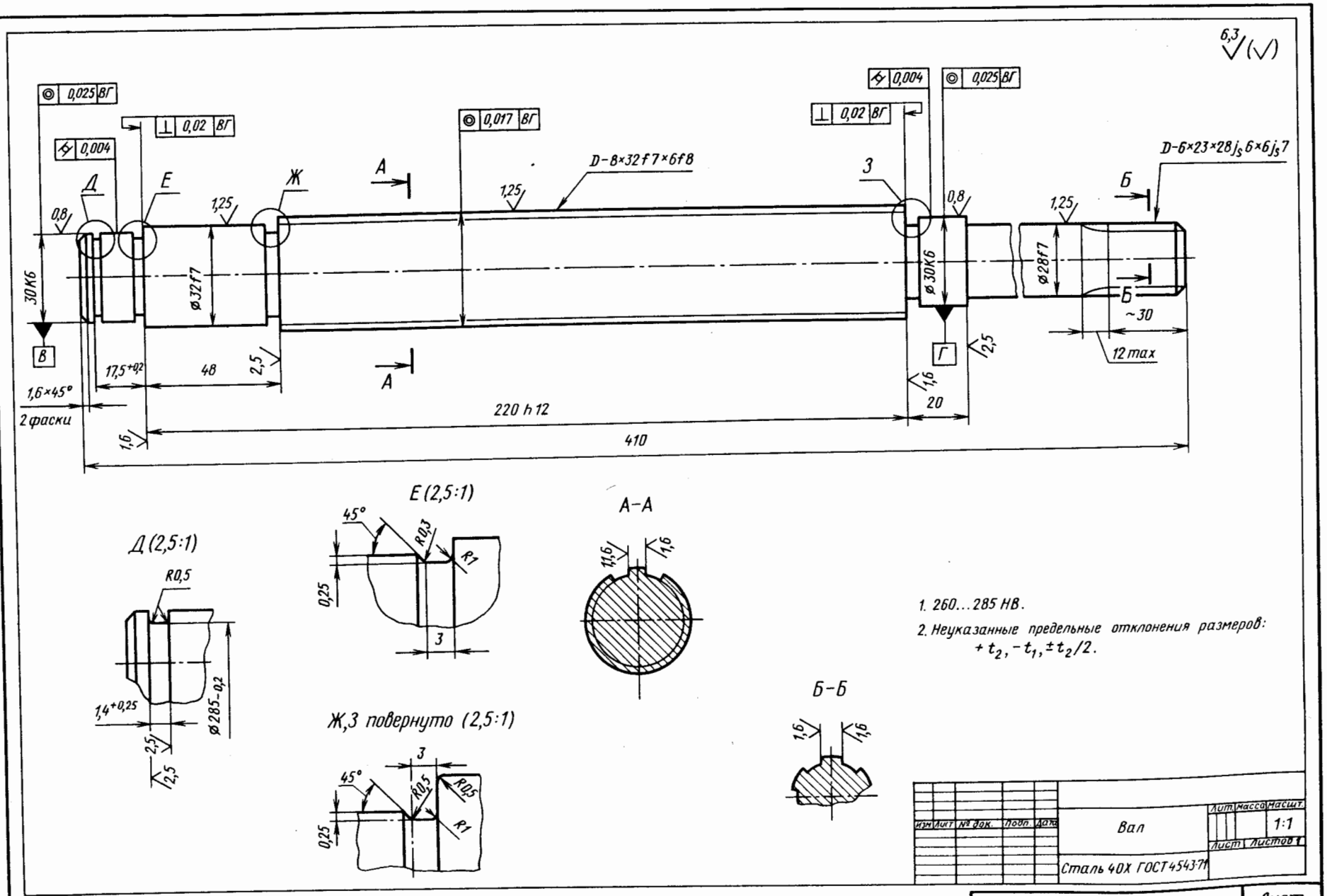
З (5:1)

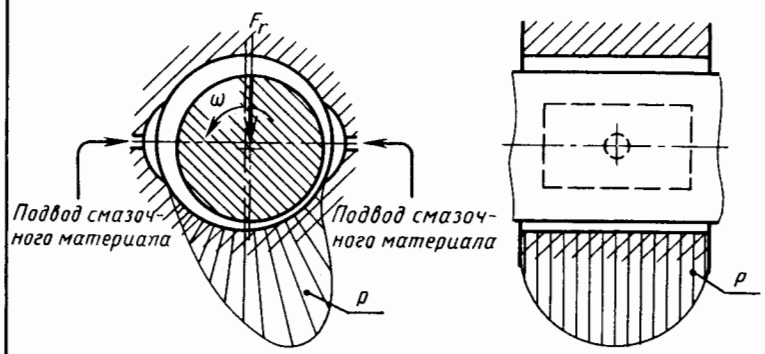
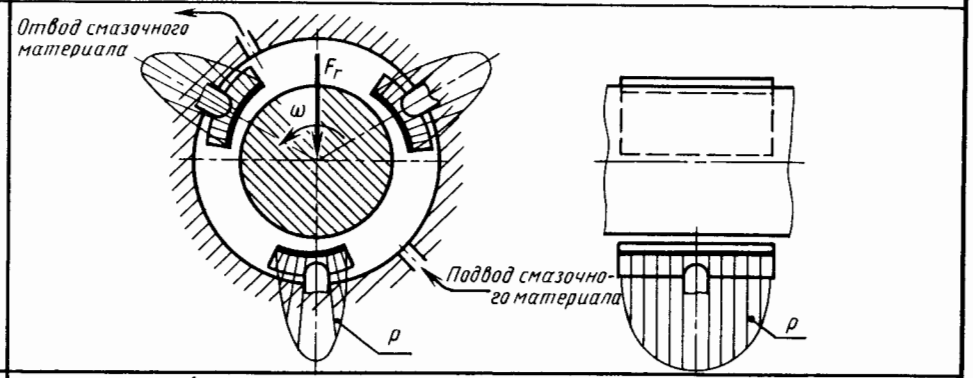
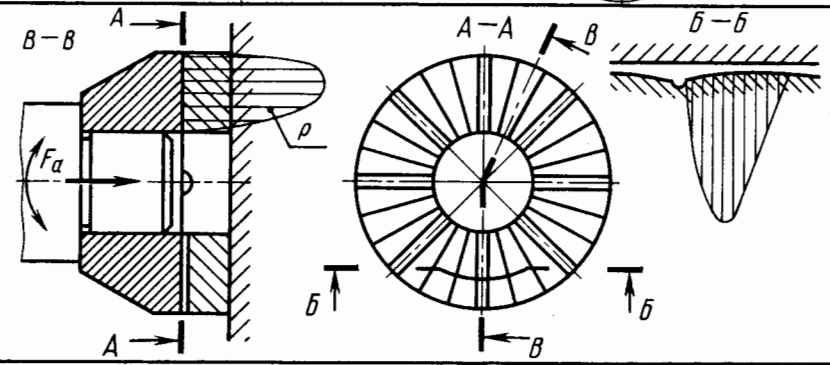
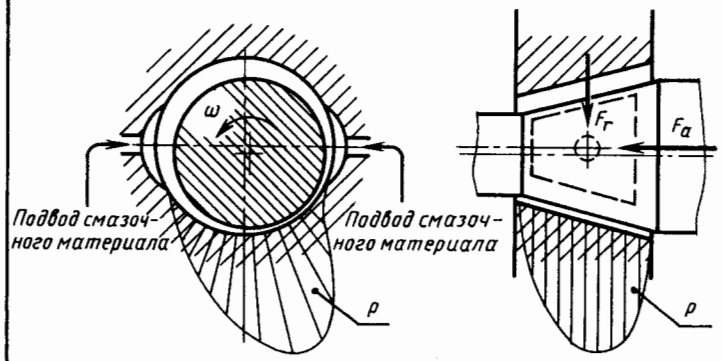
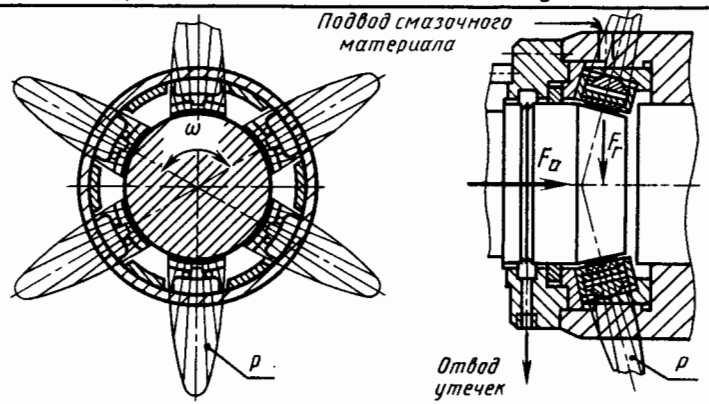


Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Вал	Лит.	Масса	Масш. 1:1
						Лист	1	Листов 1
					Сталь 40Х ГОСТ 4543			

Пример оформления рабочего чертежа вала

Лист 327

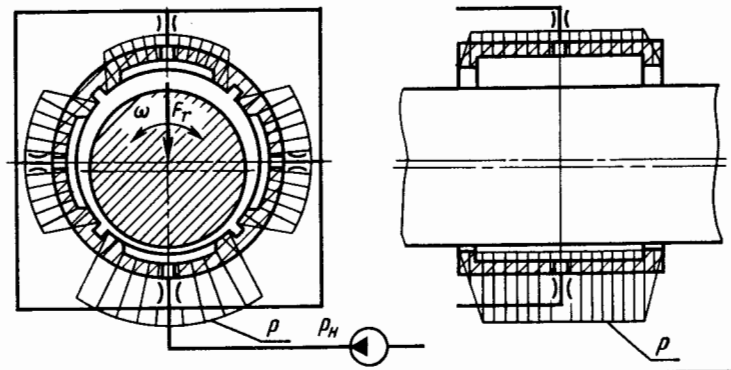
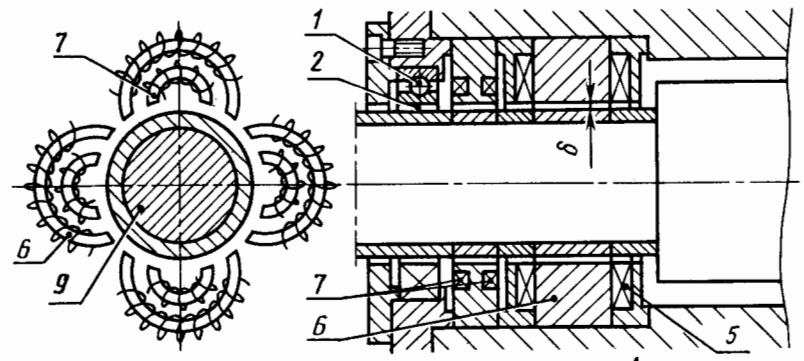
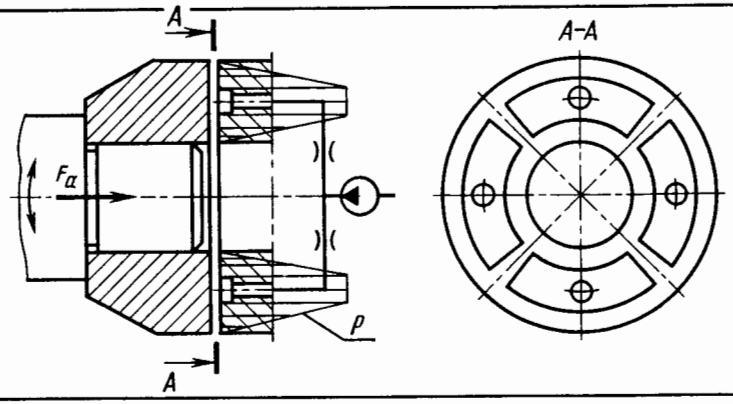
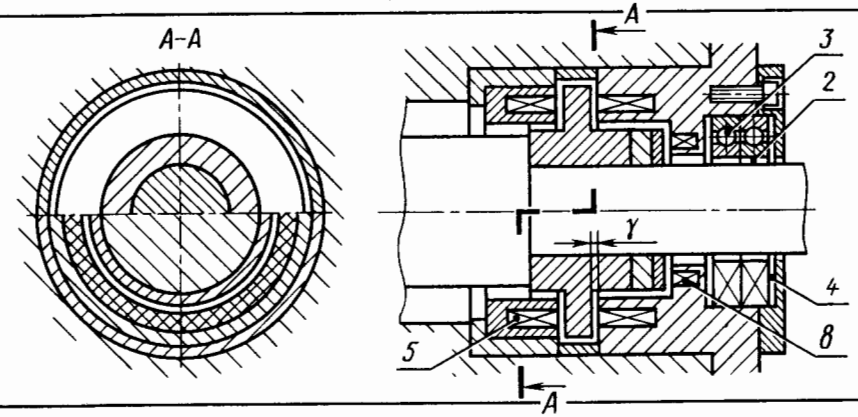
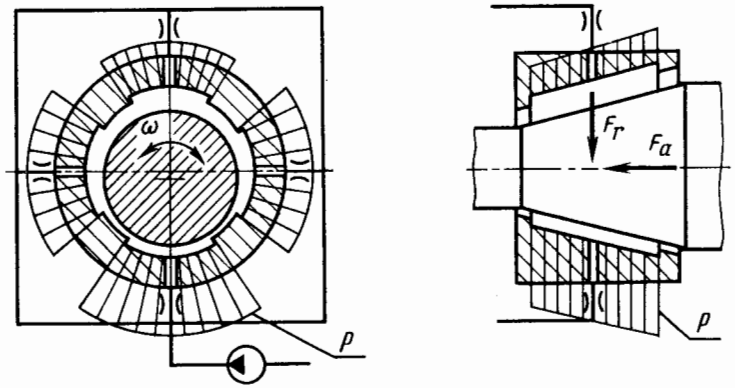

6,3 (√)
0,025 ВГ
0,004
0,02 ВГ
0,017 ВГ
0,004
0,025 ВГ
0,02 ВГ
D-8×32f7×6f8
D-6×23×28js6×6js7
Д
Е
Ж
А
З
Б
0,8
1,25
30К6
ø32f7
ø30К6
ø28f7
В
Г
17,5+0,2
48
2,5
1,6×45°
2 фаски
1,6
220 h12
410
20
1,6
2,5
~30
12 max
Д (2,5:1)
R0,5
1,4+0,25
ø285-0,2
2,5
Е (2,5:1)
45°
R0,3
R1
0,25
3
А-А
1,6
Ж,З повернуто (2,5:1)
Б-Б
1. 260...285 НВ.
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: +t2, -t1, ±t2/2.
Изм. Лист № док. Подп. Дата
Вал
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
Лит. Масса Масшт.
1:1
Лист Листов 1
Пример оформления рабочего чертежа вала
Лист 328

Наименование разновидности	Гидродинамические	
	Одноклиновые	Многоклиновые
Радиальные		
Осевые	—	
Радиально-осевые		

F_a, F_r — осевая и радиальная составляющие внешней нагрузки; ω — угловая скорость; p — давление в несущих слоях.

Классификация опор скольжения

Лист 329

	Гидростатические	Электромагнитные
Радиальные		
Осевые		
Радиально-осевые		1 – радиальный предохранительный шарикоподшипник; 2 – радиальный предохранительный зазор, равный половине рабочего радиального; 3 – радиально-упорные предохранительные шарикоподшипники; 4 – осевой предохранительный зазор, равный половине рабочего осевого; 5 – обмотки электромагнитов; 6 – статор, несущий электромагниты; 7 – датчик радиального зазора; 8 – датчик осевого зазора; 9 – ротор; δ – рабочий радиальный зазор; γ – рабочий осевой зазор.

F_a, F_r – осевая и радиальная составляющие внешней нагрузки; ω – угловая скорость; p – давление в несущих карманах; $p_н$ – давление, создаваемое насосом

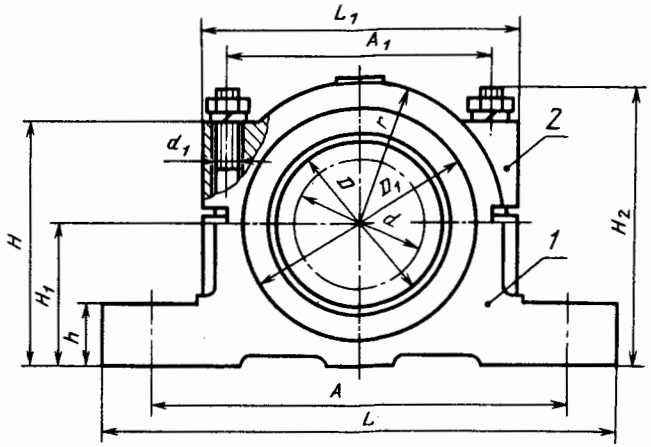
Классификация опор скольжения

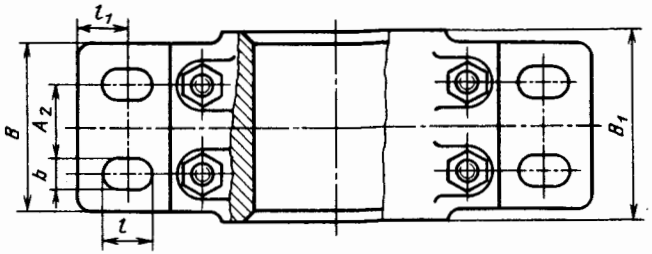
Лист 330

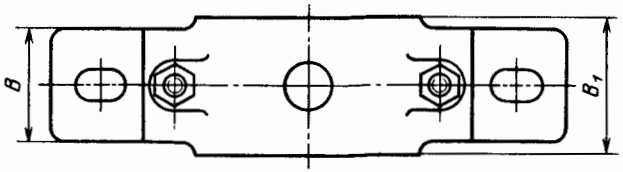
ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ РАЗЪЕМНЫЕ

Размеры, мм

Диаметр вала	D	D_1	A	A_1	A_2	L	L_1	H	H_1	H_2	h	B	B_1	b	l	l_1	r	d_1
Корпуса разъемные с двумя крепежными отверстиями (по ГОСТ 11607—82)																		
25	32	43	120	60	—	155	80	50	32	60	15	25	—	11	17	8	28	M8
32	40	52	135	70		170	95	70	42	80	18	32		13	20	12	35	M10
40	50	63	150	80		185	105	80	45	90	20	40			20		43	M10
50	60	73	170	95		215	125	90	53	102	25	48		17	23		52	M12
63	78	92	220	125		280	160	120	70	140	30	60	70	22	30	16	69	M16
70	85	105																
80	95	115	260	150		320	195	150	85	170	35	75	85	26	34	20	85	M20
90	110	125																
100	120	140	300	170		380	220	160	95	195	40	100	110	32	40	22	90	M24
110	130	150																
Корпуса разъемные с четырьмя крепежными отверстиями (по ГОСТ 11608—82)																		
50	60	73	160	95	30	210	120	90	53	102	25	60	70	13	20	13	52	M10
63	78	90	200	125	40	250	150	120	71	140	30	80	90	17	23		69	M12
70	85	105																
80	95	115	250	150	56	310	190	145	85	170	35	100	110	22	30	16	85	M16
90	110	125																
100	120	140	270	170	80	340	210	160	95	185	40	130	140				90	
125	145	165	310	190	90	390	240	170	106	210		155	180	26	34		105	M20
140	160	180	340	210	100	420	260	200	118	240	45	170		32	40	20	112	M24
160	185	205	360	230	120	440	280	215	132	260		200	230			22	130	
180	210	230	400	270		480	320	240	140	280			220				150	
200	230	250	440	300	120	530	360	250	160	290	50	200						M30







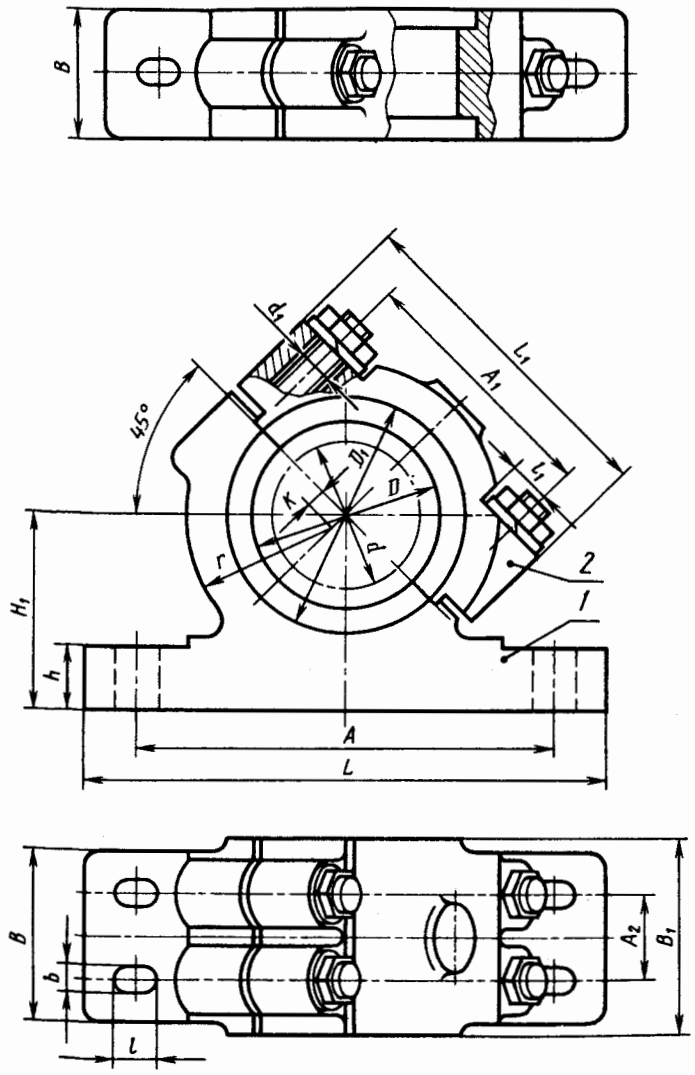
1-основание корпуса; 2-крышка корпуса.

Подшипники скольжения разъемные	Лист 331

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ РАЗЪЕМНЫЕ

Размеры, мм

Диаметр вала	D	D_1	A	A_1	L	L_1	H_1	h	B	B_1	b	K	l	l_1	d_1	r	A_2
Корпуса наклонные разъемные с двумя крепежными отверстиями (по ГОСТ 11609—82)																	
25	32	43	120	60	155	80	50	15	25	—	11	3	17	8	M8	28	—
32	40	52	135	70	170	95	60	18	32		13		20	12	M10	35	
40	50	63	150	80	185	105	63	20	40			5			M10	43	
50	60	73	170	95	215	125	75	25	48		17		23		M12	52	
63	78	90	220	125	280	160	95	30	60	70	22		30	16	M16	69	
70	85	105															
80	95	115	260	150	320	195	112	35	75	85	26		34	20	M20	85	
90	110	130															
100	120	140	300	170	380	220	125	40	100	110	32	8	40	22	M24	90	
110	130	150															
Корпуса наклонные разъемные с четырьмя крепежными отверстиями (по ГОСТ 11610—82)																	
50	60	73	160	95	210	120	70	25	60	70	13	5	20	13	M10	52	30
63	78	90	200	125	250	150	95	30	80	90	17		23		M12	69	40
70	85	105															
80	95	115	250	150	310	190	112	35	100	110	22		30	16	M16	85	56
90	110	125															
100	120	140	270	170	340	210	125	40	130	140		8				90	80
125	145	165	310	190	390	240	132		155	180	26		34		M20	105	90
140	160	180	340	210	420	260	140	45	170		32		40	20	M24	112	120
160	185	205	360	230	440	280	150		200	230				22		130	
180	210	230	400	270	480	320	170			220						150	
200	230	250	440	300	530	360	190	50	200	220				28	M30		



Подшипники скольжения разъемные

Лист 332

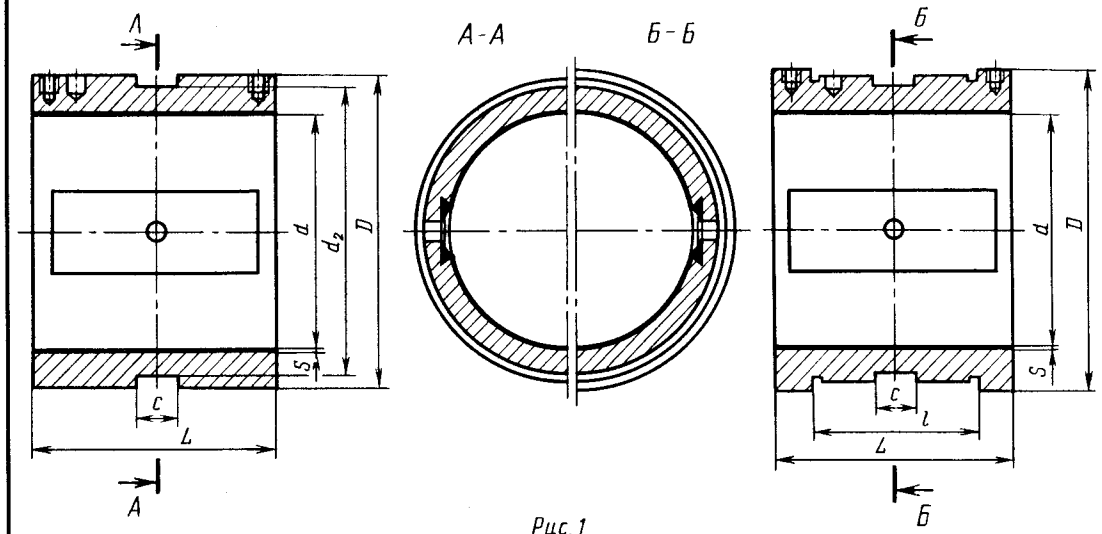


Рис. 1

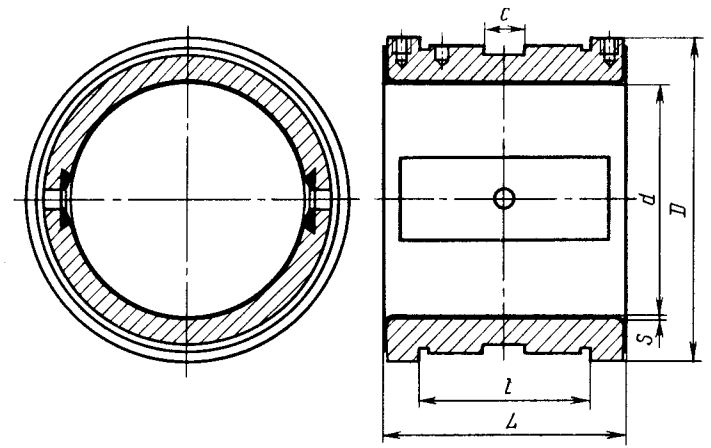


Рис. 3

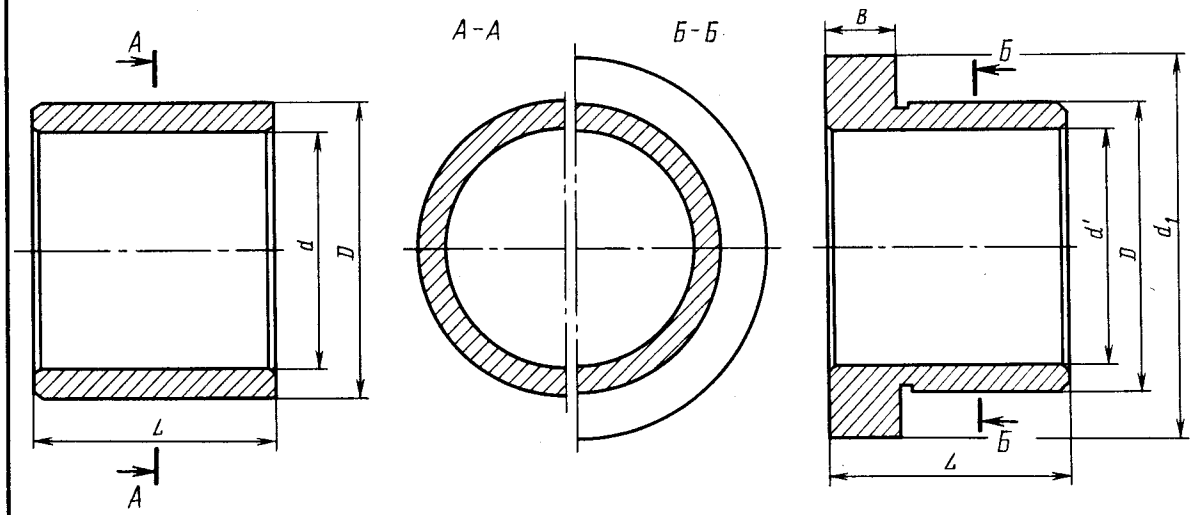


Рис. 2

Конструктивные параметры цельных втулок

$L = (0{,}6 \ldots 1{,}2)\,d$

$D = (1{,}3 \ldots 1{,}1)\,d$ для тонкостенных втулок

$D = (1{,}6 \ldots 1{,}2)\,d$ для толстостенных втулок

$d_1 = (2 \ldots 1{,}3)\,d$

$d_2 = (0{,}9 \ldots 0{,}95)\,d$

$B = (0{,}3 \ldots 0{,}1)\,d$

$S = (0{,}03 \ldots 0{,}02)\,d$

$l = 0{,}7L$

$C = (0{,}2 \ldots 0{,}3)\,l$

Втулки подшипниковые цельные	Лист 333

Свертные штампованные (из биметаллической ленты)

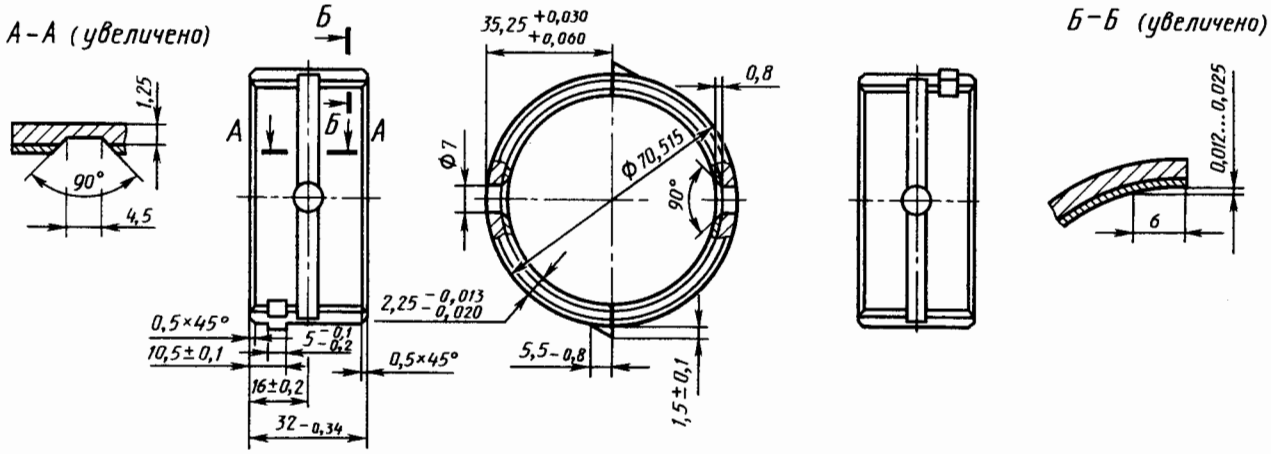


Рис. 1

Разъемные

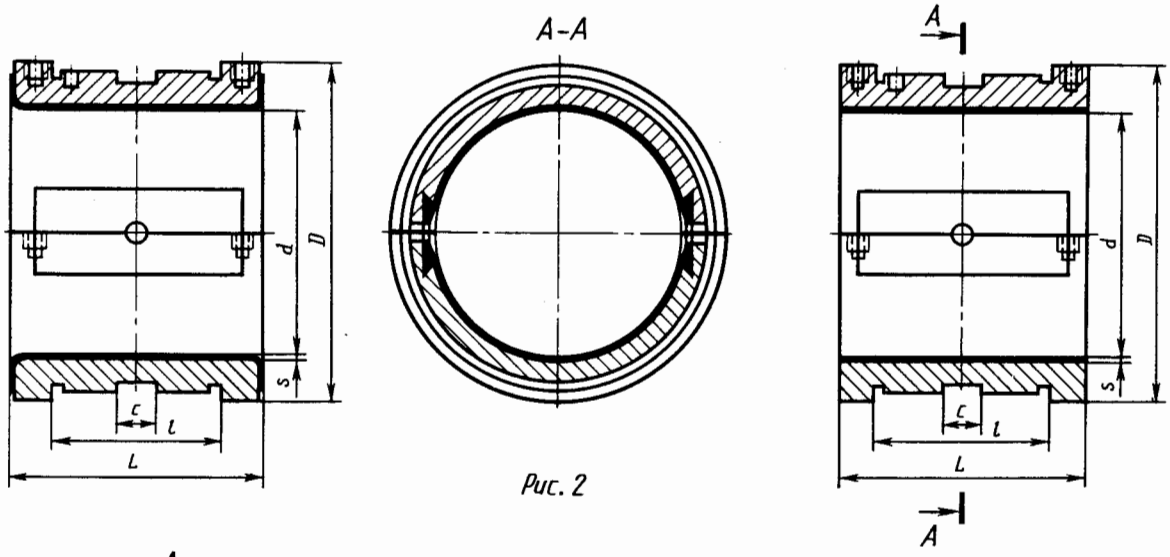


Рис. 2

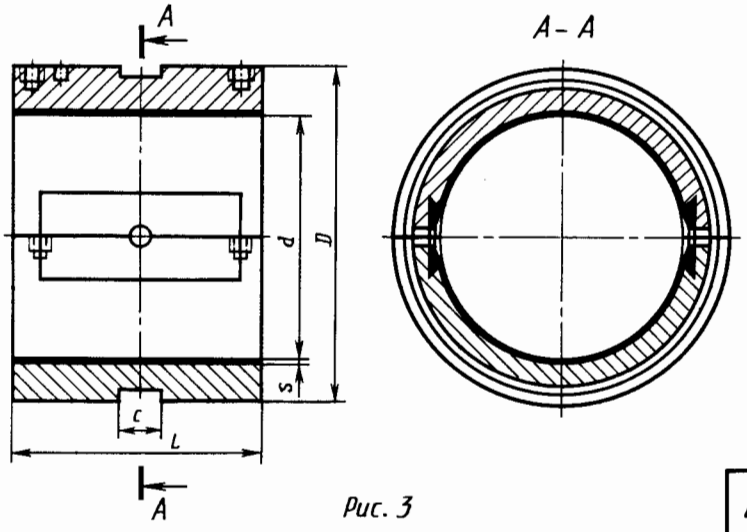


Рис. 3

Конструктивные параметры разъемных втулок

$L = (0{,}6 \ldots 1{,}2)d$

$D = 1{,}3d$

$s = (0{,}03 \ldots 0{,}02)d$

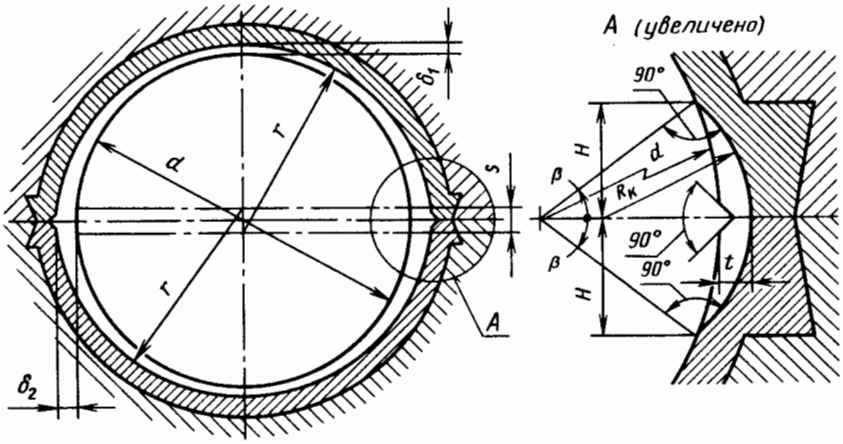
$l = 0{,}7L$

$c = (0{,}2 \ldots 0{,}3)L$

Втулки подшипниковые разъемные	Лист 334

Форма рабочих поверхностей

Рабочие поверхности высокооборотных паровых турбин („лимонная" расточка)



Размеры, мм

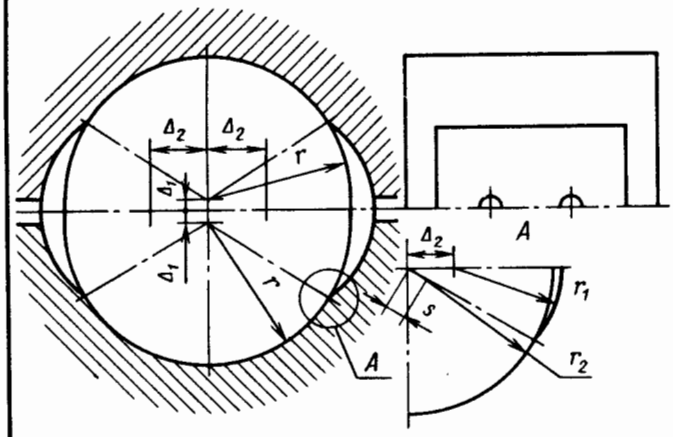
Номин. диаметр d	Толщина прокладки s	Радиальный зазор	
		вертикальный δ_1	горизонтальный δ_2
100	0,4	0,06...0,08	0,26...0,28
200	0,7	0,12...0,15	0,47...0,50
300	0,8	0,15...0,20	0,55...0,60
400	1,0	0,20...0,25	0,70...0,75
500	1,2	0,25...0,30	0,85...0,90

Профиль смазочного кармана

$R_K \approx (0{,}2...0{,}3)d$ $\quad t \approx (0{,}015...0{,}025)d$

$\beta \approx 13...30°$ $\quad H = 0{,}5d\ \sin\beta$

Рабочие поверхности тяжелонагруженных подшипников прокатных станов

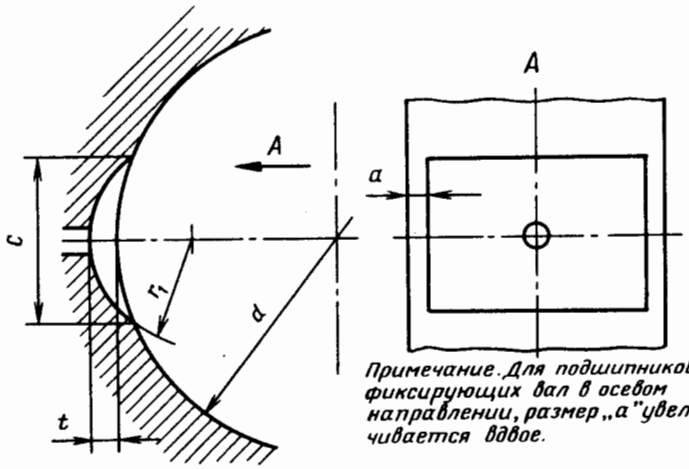


Размеры, мм

$d_{ном.}$	Допуск на $d_{ном.}$	Δ_1	Δ_2	r_1	r_2	s
200	+0,027	0	15,9	86,6	85,75	10,5
300	+0,030	0,1	16,4	136,1	139,11	11,3
400	+0,035	0,2	19,6	183,4	188,77	11,8
500	+0,042	0,2	20,0	233,0	238,87	11,8
600	+0,045	0,2	20,2	282,8	288,83	11,8
800	+0,052	0,3	26,9	377,1	388,43	12,4
1000	+0,060	0,3	27,2	476,8	488,34	12,4

Примечание. В подшипниках металлорежущих станков растачивание по радиусу r_2 может быть заменено тонким шабрением, обеспечивающим плавный переход сопрягаемых поверхностей по ширине участка r_2.

Смазочные канавки



Примечание. Для подшипников, фиксирующих вал в осевом направлении, размер „a" увеличивается вдвое.

Размеры, мм

d	c	r	t	a*
16 ... 25	8	6	1	2,5
25 ... 30	10	8	1	2,5
30 ... 40	13	10	1,5	3,5
40 ... 50	17	14	1,5	3,5
50 ... 60	20	18	1,5	4
60 ... 80	27	24	2	4
80 ...100	34	32	2	5
100 ...120	40	40	2	5
120 ...140	46	45	2,5	6
140 ...160	55	55	2,5	6
160 ...180	60	65	2,5	10
180 ...200	65	70	2,5	10

Втулки подшипниковые	Лист 335

Крепление антифрикционных слоев

Форма пазов для заливки баббитовых или бронзовых антифрикционных слоев

$\delta \approx 0{,}01d + (0{,}5...1)$ мм (при корпусе из стали)

$\delta \approx 0{,}01d + (1...2)$ мм (при корпусе из чугуна)

$c = (0{,}02...0{,}04)\,d$

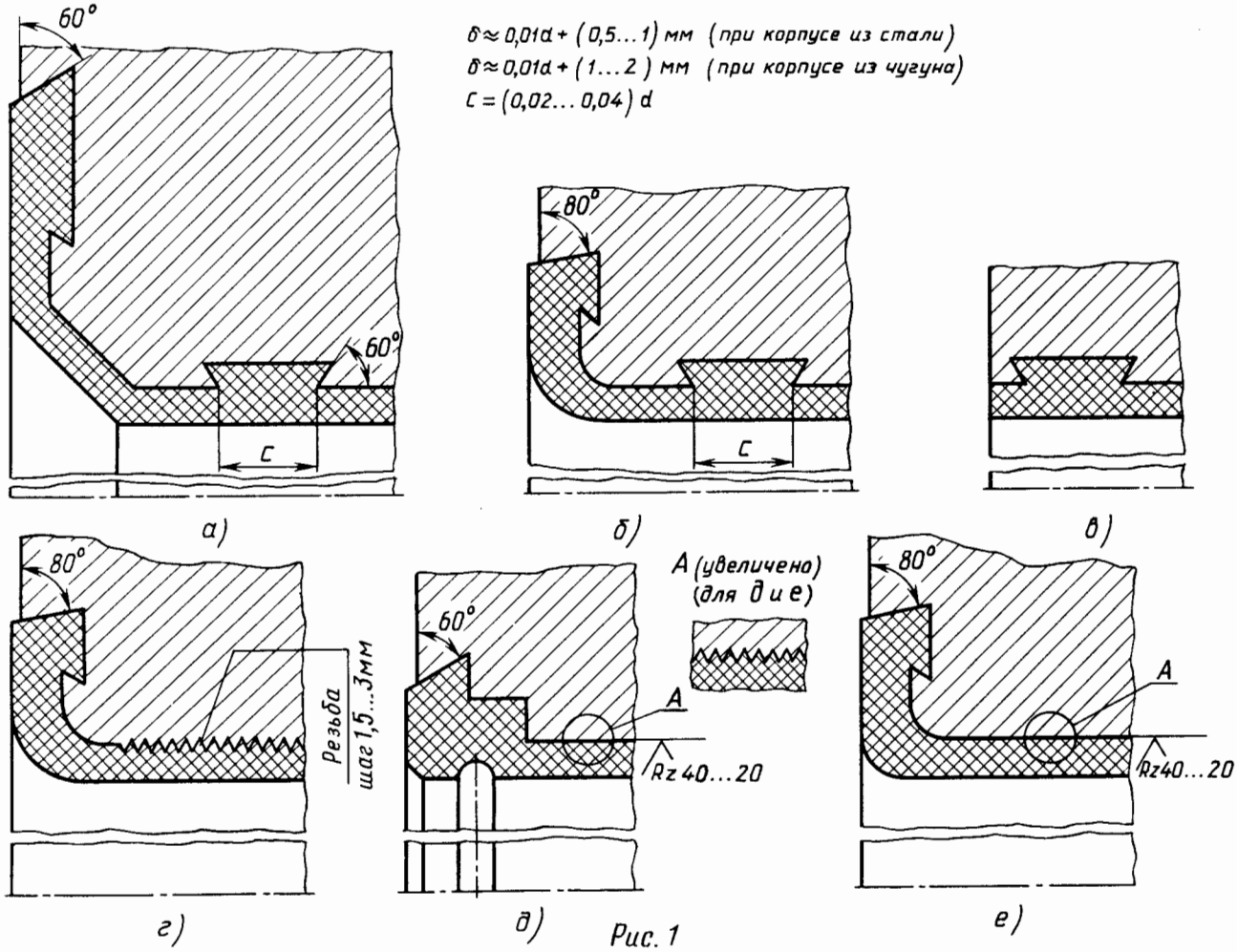


Рис. 1

Крепление пластмассовых втулок и слоев

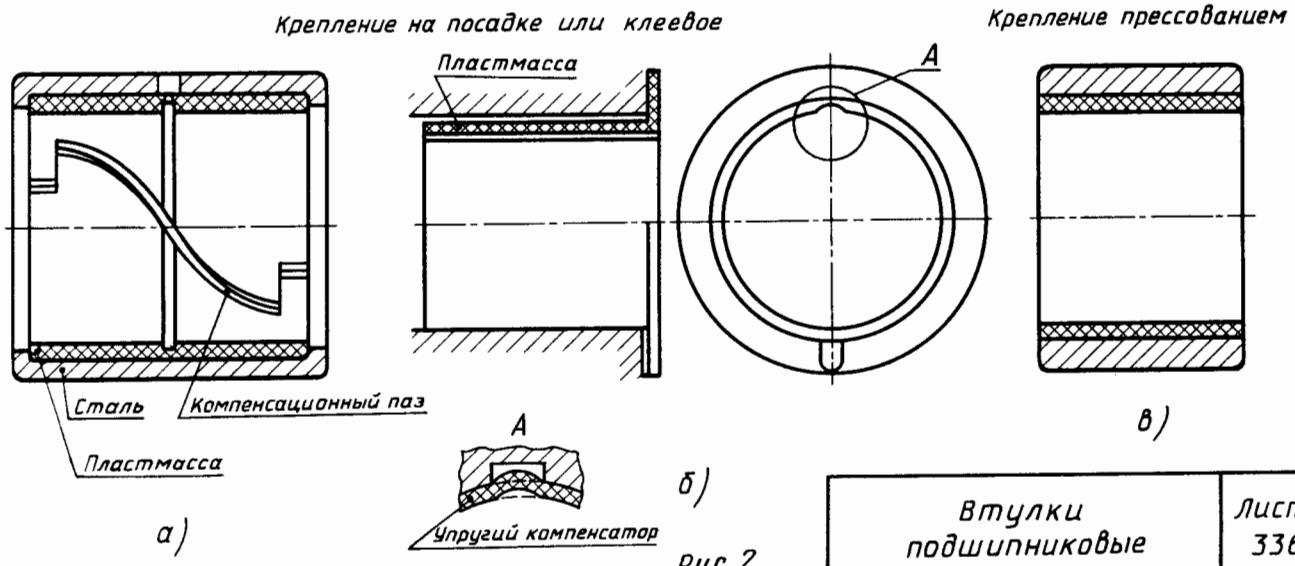


Рис. 2

Втулки подшипниковые	Лист 336

Подшипник с осевым перемещением втулки

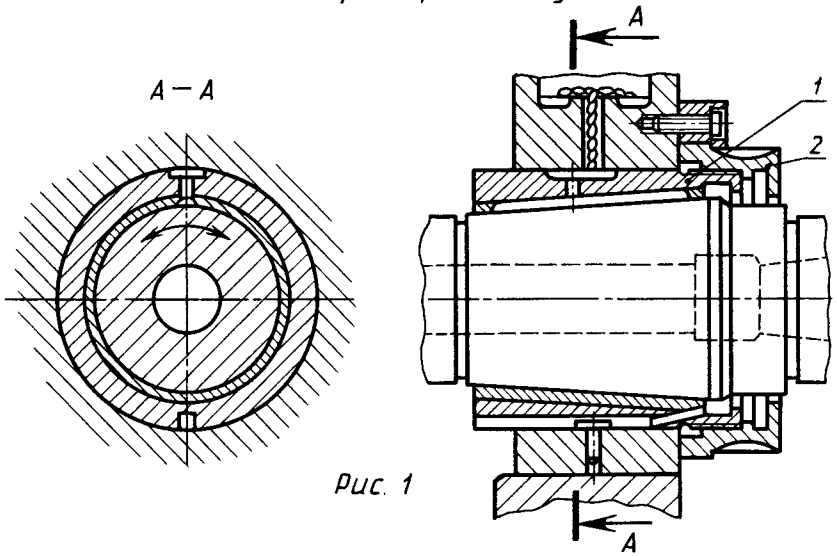


Рис. 1

Многоклиновой подшипник с фасонной расточкой рабочих поверхностей

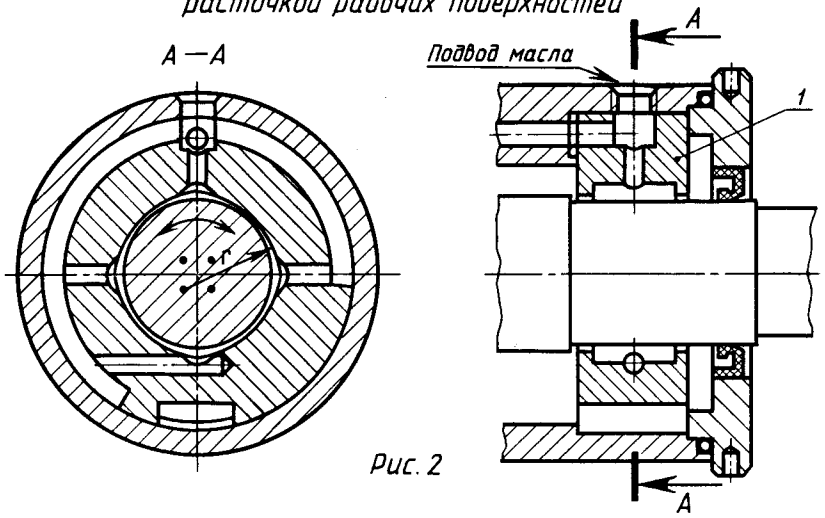


Рис. 2

Подшипник со сферической втулкой

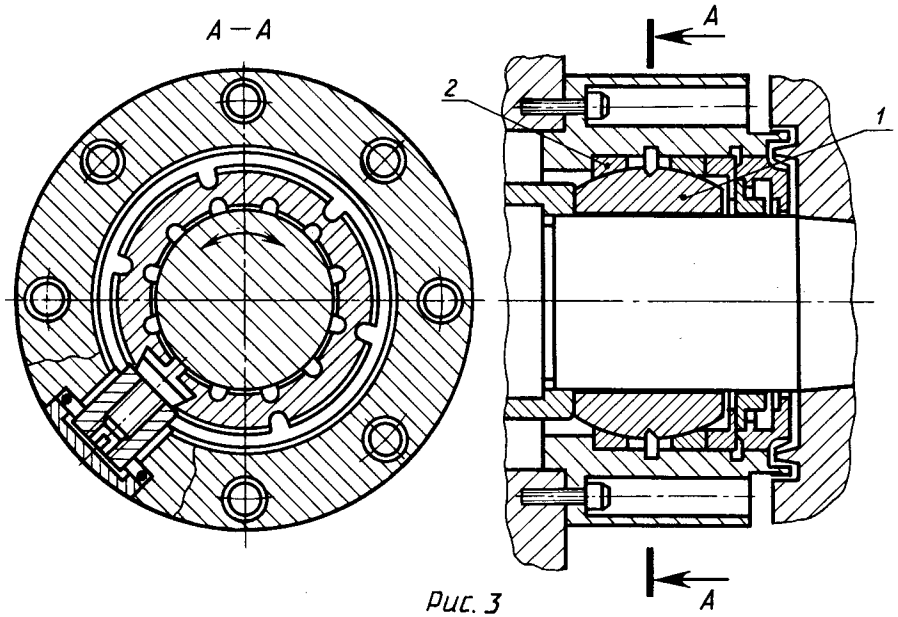


Рис. 3

Самоустанавливающийся подшипник тяжелого станка

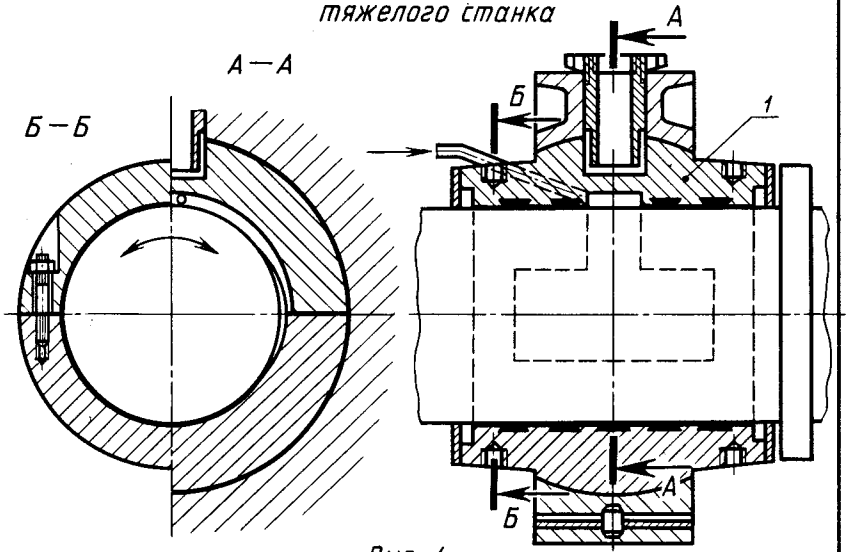


Рис. 4

Подшипники шпинделей металлорежущих станков	Лист 337

Многоклиновой подшипник с вкладышами-сегментами

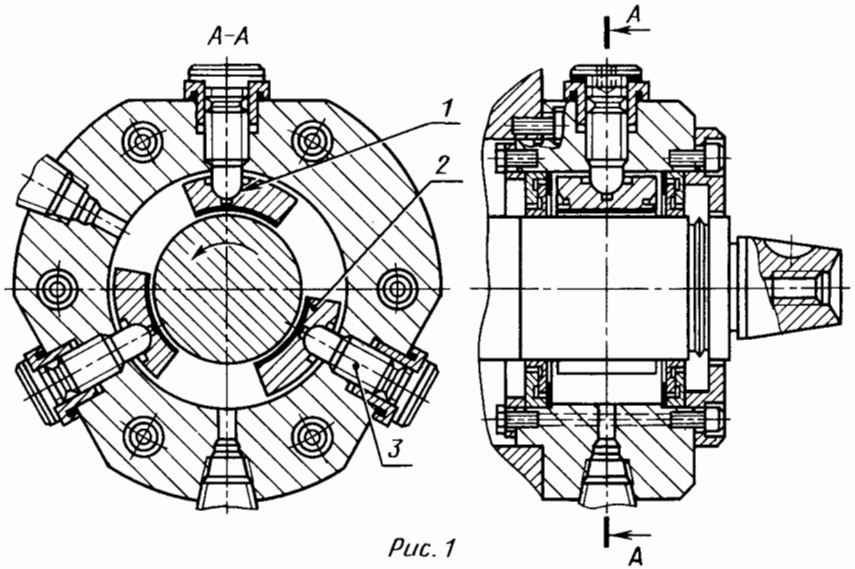


Рис. 1

Многоклиновой подшипник с вкладышами-сегментами

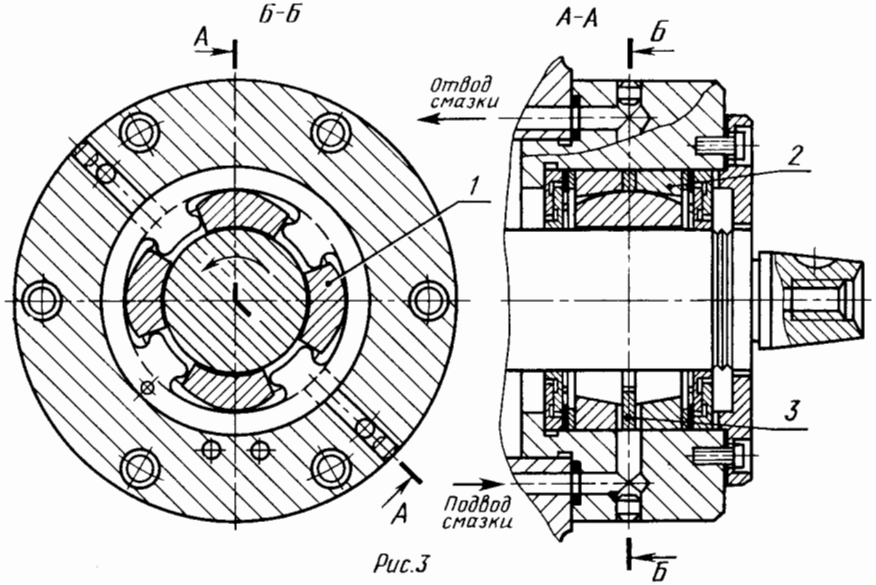


Рис.3

Гидростатический подшипник

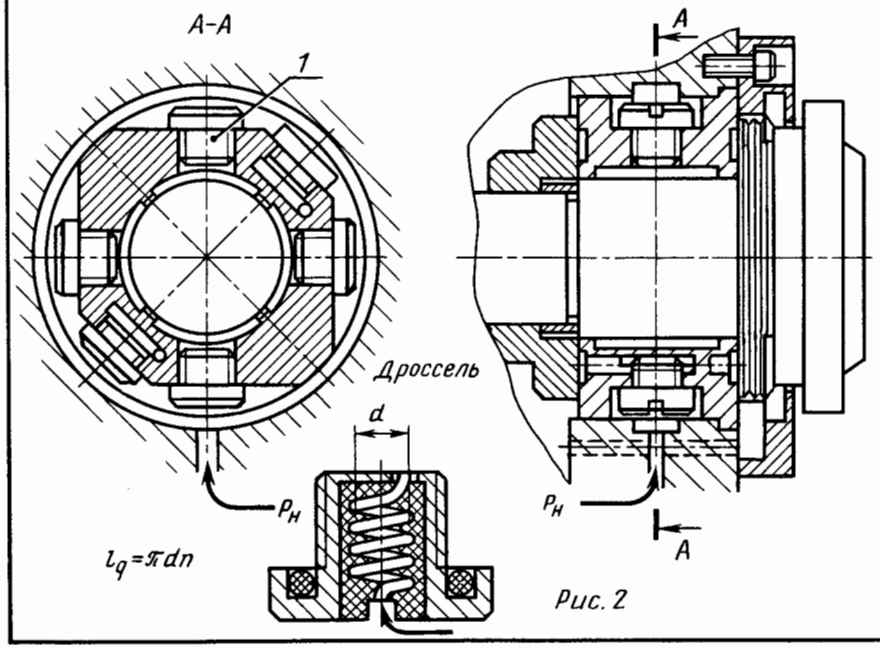


Рис. 2

Многоклиновой подшипник с вкладышами-сегментами

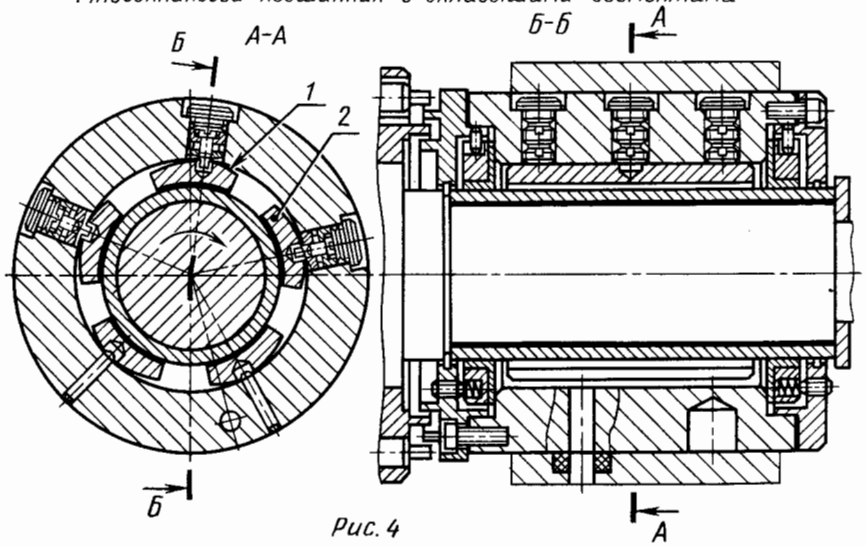


Рис. 4

Подшипники шпинделей металлорежущих станков	Лист 338

Коленчатый вал с подшипниками коренных шеек

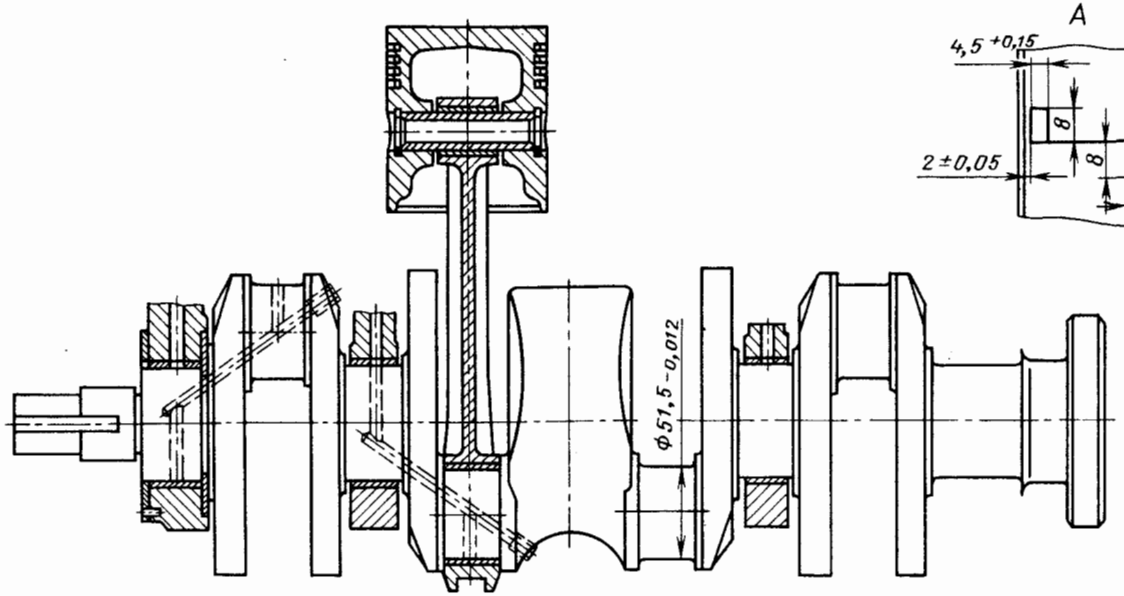


Рис. 1

Нижняя головка шатуна

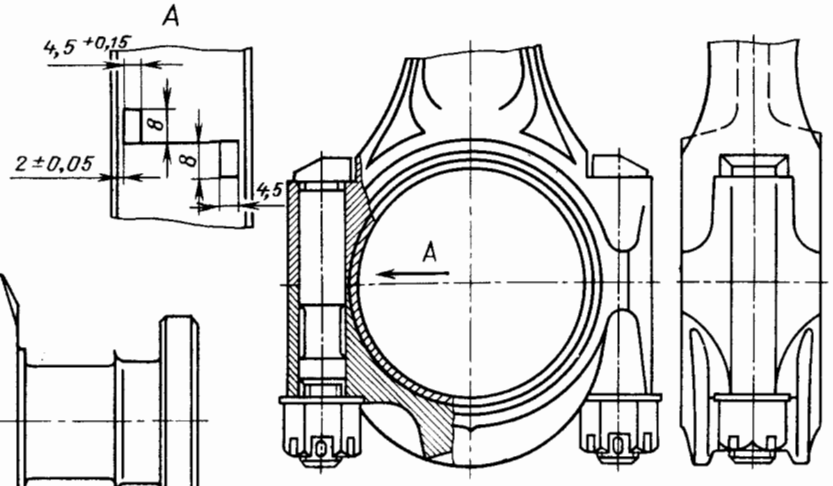


Рис. 2

Верхняя головка шатуна

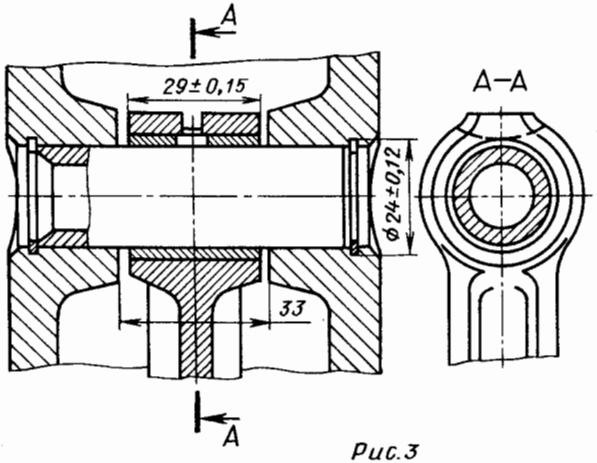


Рис. 3

Подвод смазочного материала к поршневому пальцу от шатунного подшипника

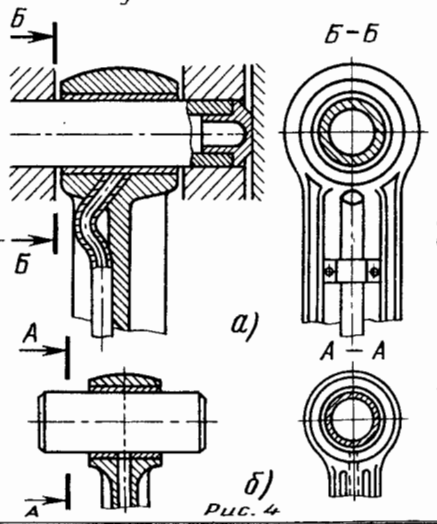


Рис. 4

Вкладыши: а – нижний шатунного подшипника; б – верхний коренного подшипника

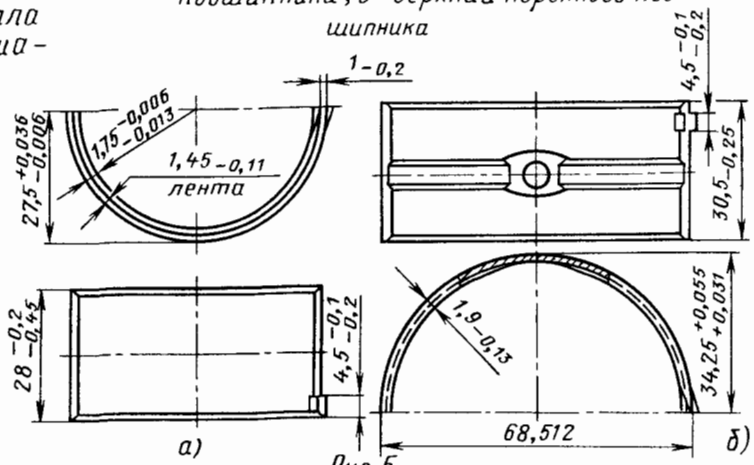
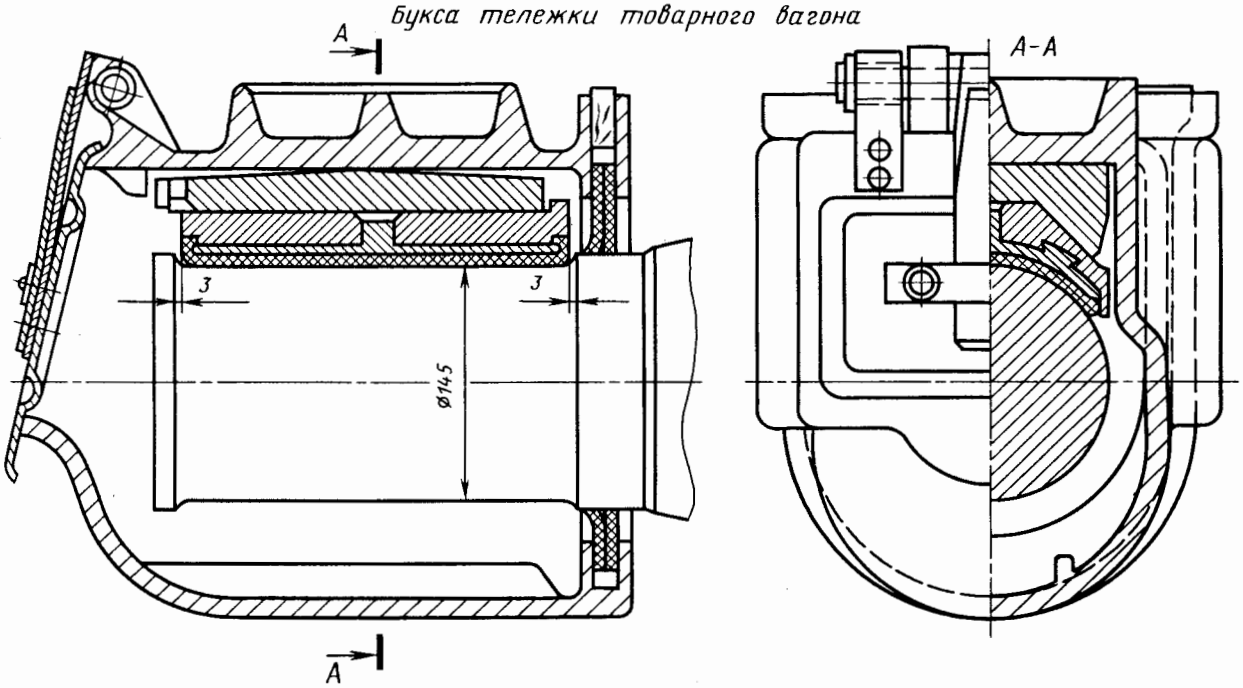


Рис. 5

Тонкостенные вкладыши покрыты слоем свинцовотеллуристого баббита ВСТ

Опоры скольжения двигателей внутреннего сгорания	Лист 339

Букса тележки товарного вагона



Вкладыш имеет бронзовую армировку и залит кальциевым баббитом.
Удельное давление до 4 МПа

Рис. 1

Подшипник валка прокатного стана с упорным фланцем и тонкой регулировкой осевого зазора

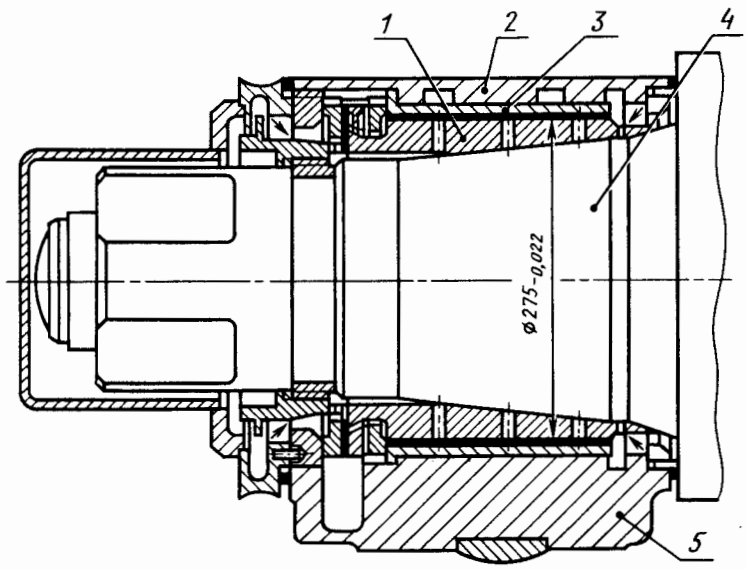
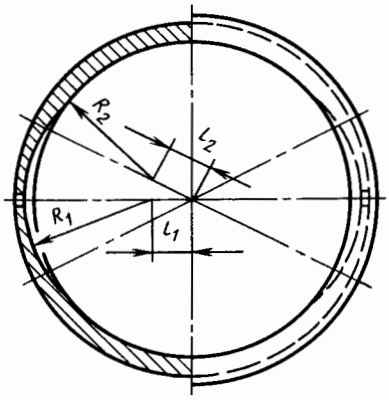


Схема расточки втулки вкладыша



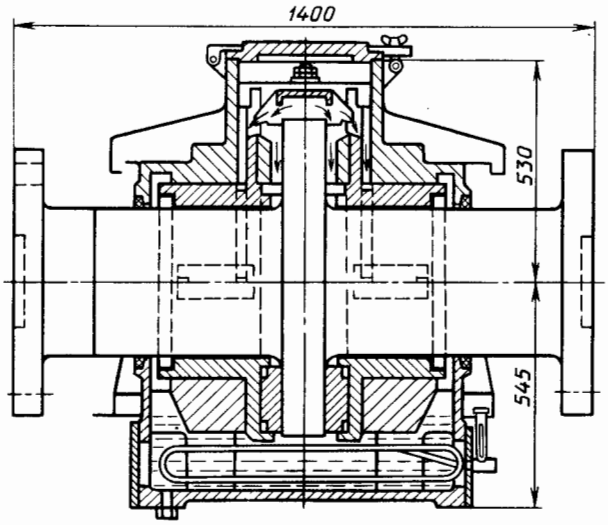
Материал втулки – сталь 25
Заливка – баббит Б92 толщиной 6 мм

Удельное давление до 25 МПа
Скорость скольжения 25...30 м/с

Рис. 2

Опоры скольжения транспортных и тяжелых машин	Лист 340

Радиально-осевой подшипник дейдвудного вала с самоустанавливающимися вкладышами-секторами (реверсивный)



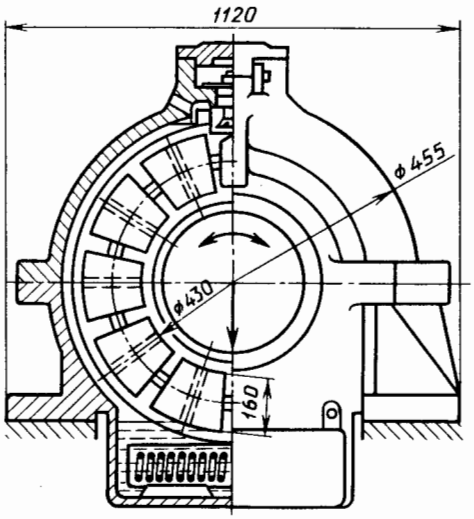
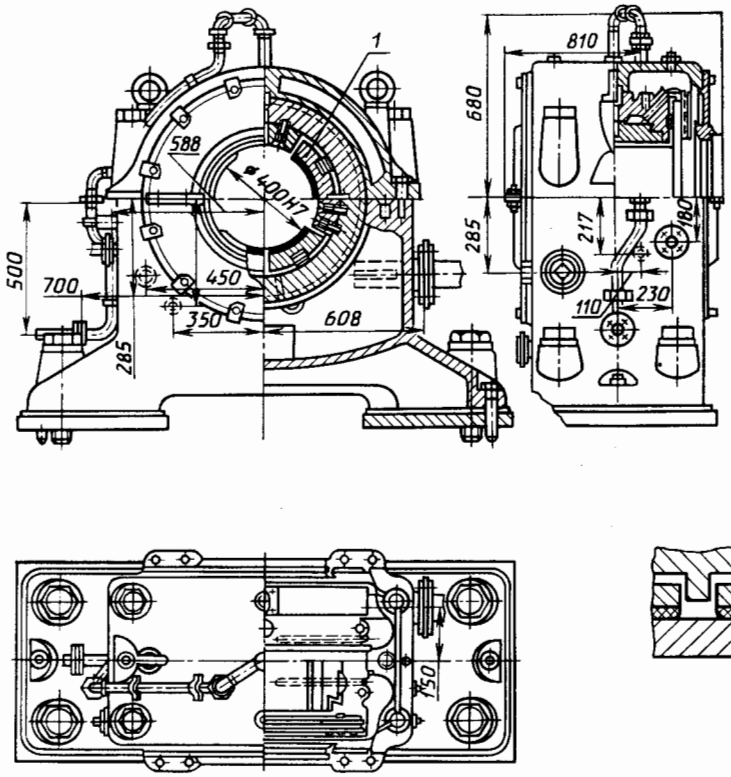


Рис. 1

Радиальный и осевой подшипники паровой турбины. Вкладыши-секторы осевого подшипника самоустанавливающиеся. $n = 5400\ мин^{-1}$

Подшипник с самоустанавливающимися вкладышами-сегментами (реверсивный). $n = 750\ мин^{-1}$; $p = 5{,}6\ МПа$



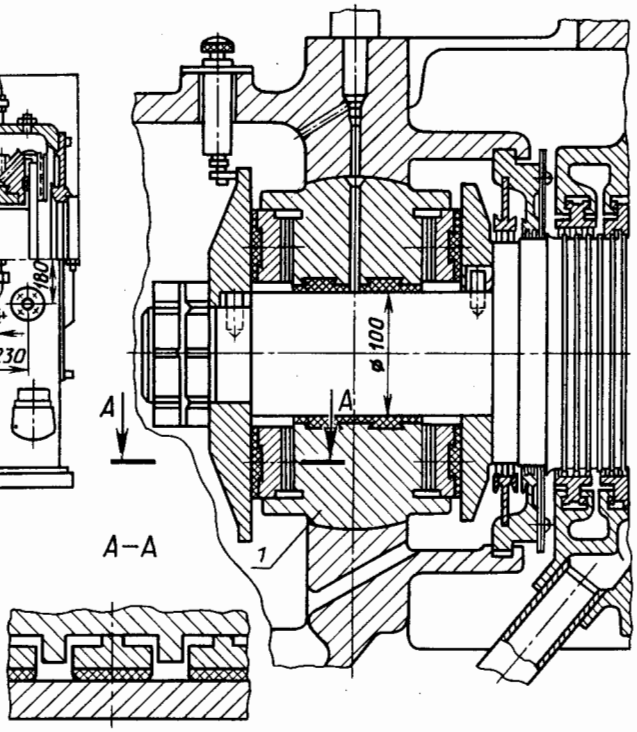


Рис. 2

Рис. 3

Подшипники судовых систем и турбин	Лист 341

Радиальный подшипник паровой турбины с охлаждением поверхности трения водой и подачей смазочного материала в момент пуска под давлением $p_н = 36$ МПа

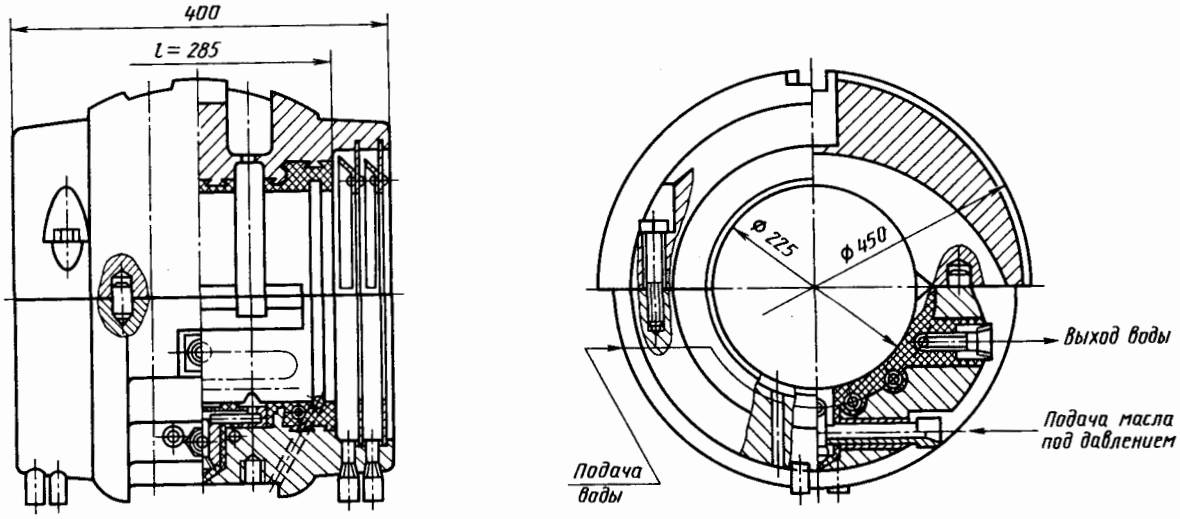
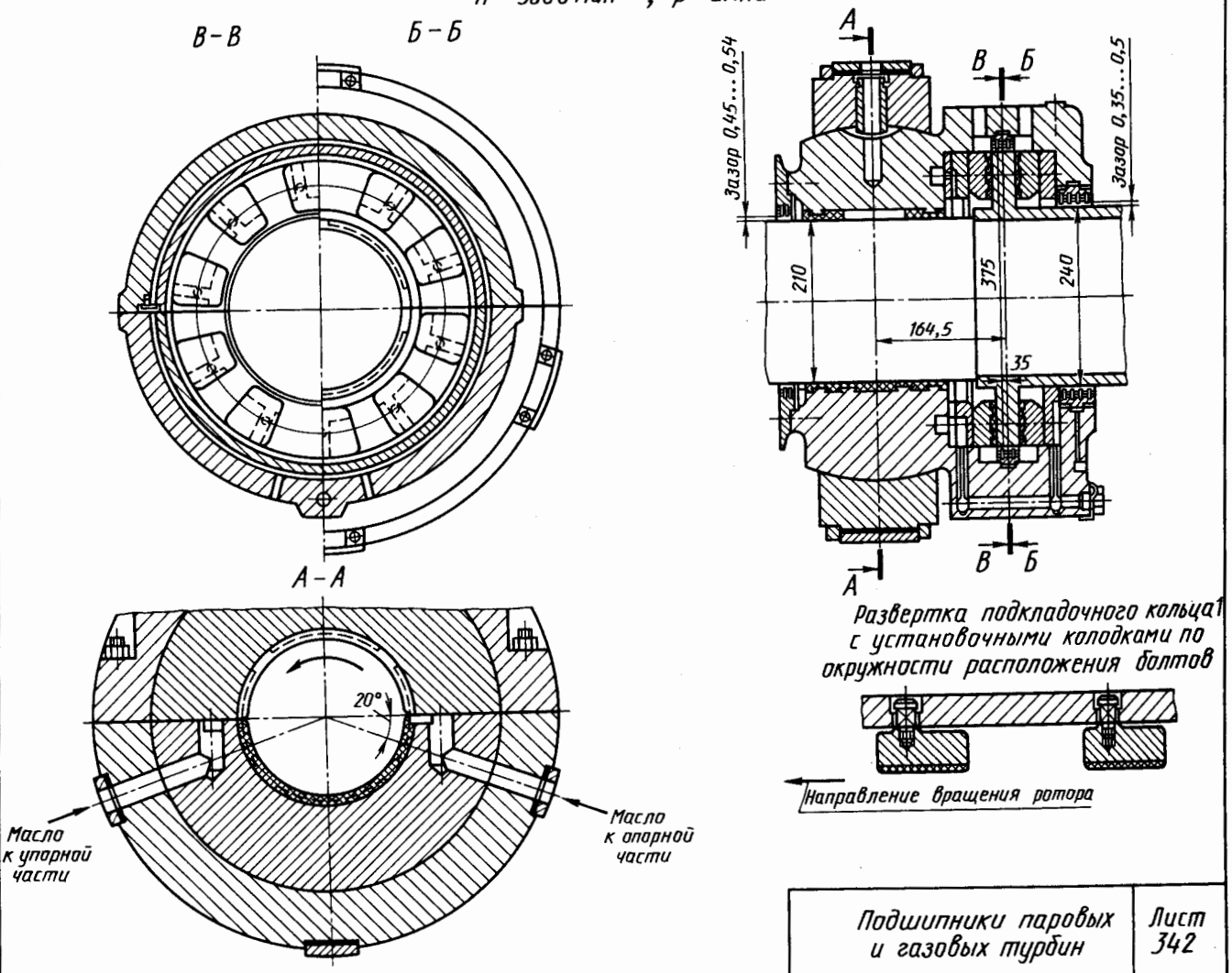


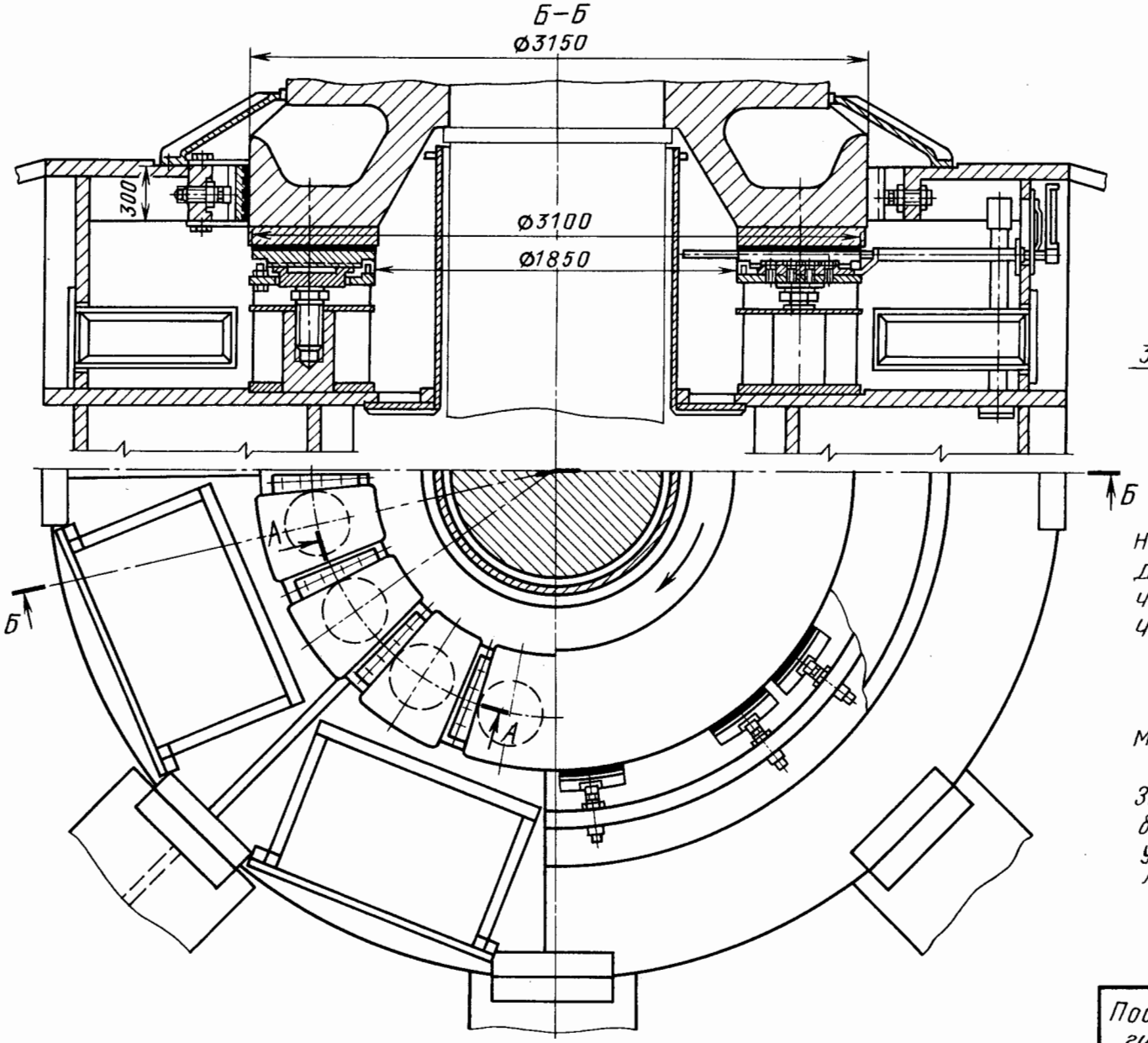
Рис. 1

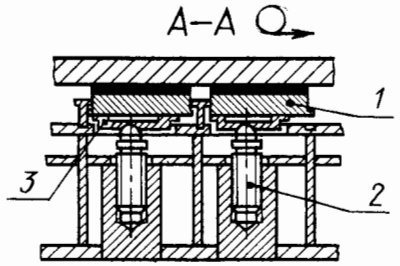
Радиальный и осевой подшипники газовой турбины
Секторы осевого подшипника самоустанавливающиеся
$n = 3000\ мин^{-1}$; $p = 2$ МПа



Подшипники паровых и газовых турбин	Лист 342

Осевой и направляющий подшипники гидрогенератора





Нагрузка, т 1500
Давление, МПа 3,76
Число подушек 16
Частота вращения вала, мин.$^{-1}$ 68,2

Материал упорного диска — Ст. 5

Заливка подушек — баббит Б83

Установка подушек регулируется винтами

Подшипники крупных гидрогенераторов	Лист 343

Верхний направляющий подшипник крупного генератора n = 62,8 об/мин

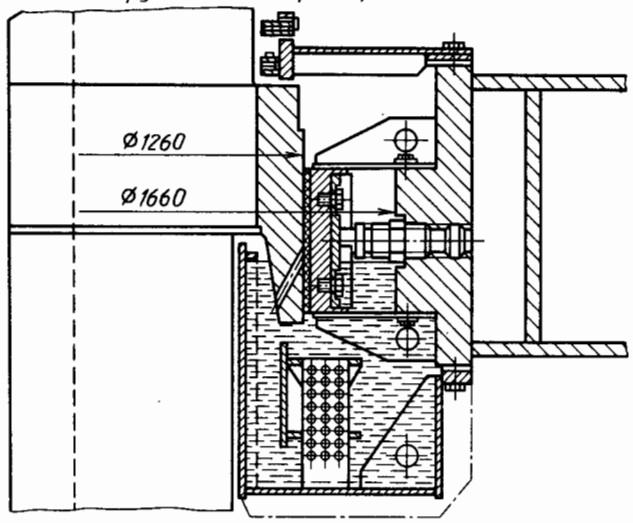
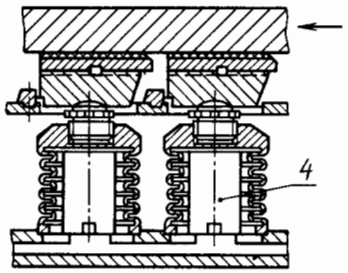
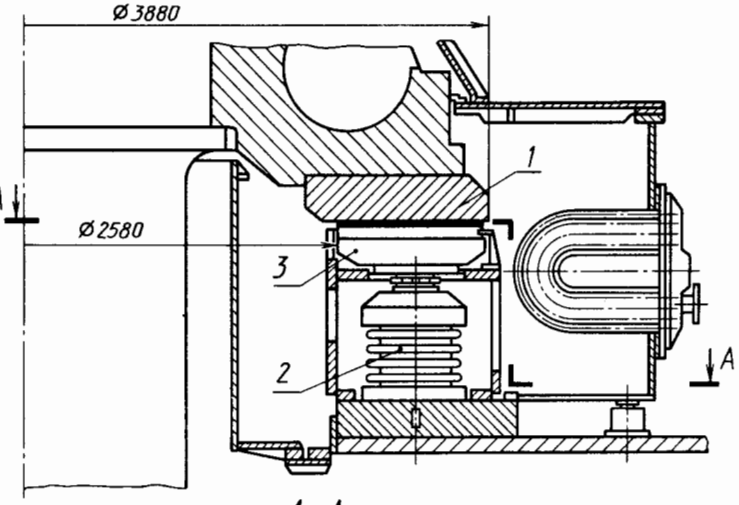


Рис. 1

Б–Б



Подпятник гидрогенератора с автоматическим выравниванием нагрузки между подушками



А – А

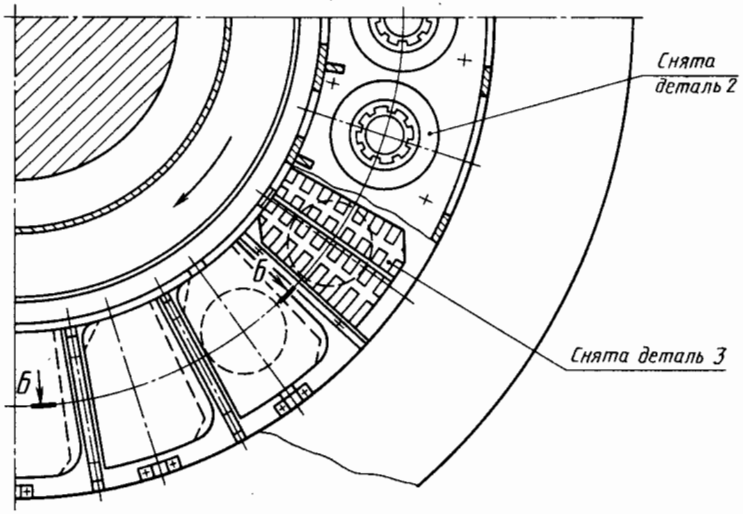


Рис. 3

Нижний направляющий подшипник генератора

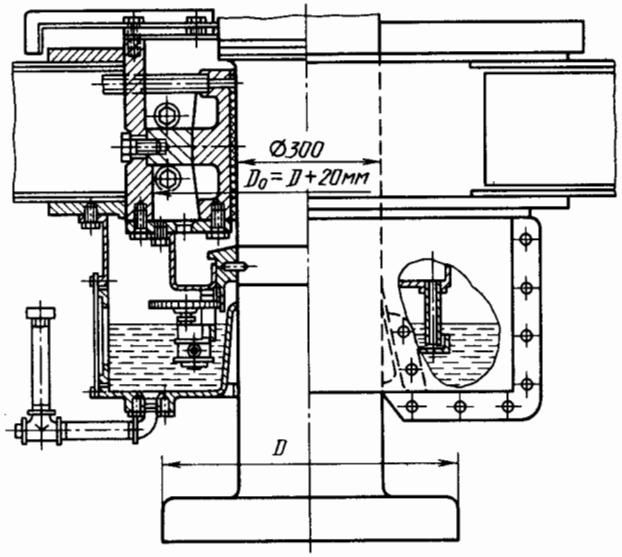


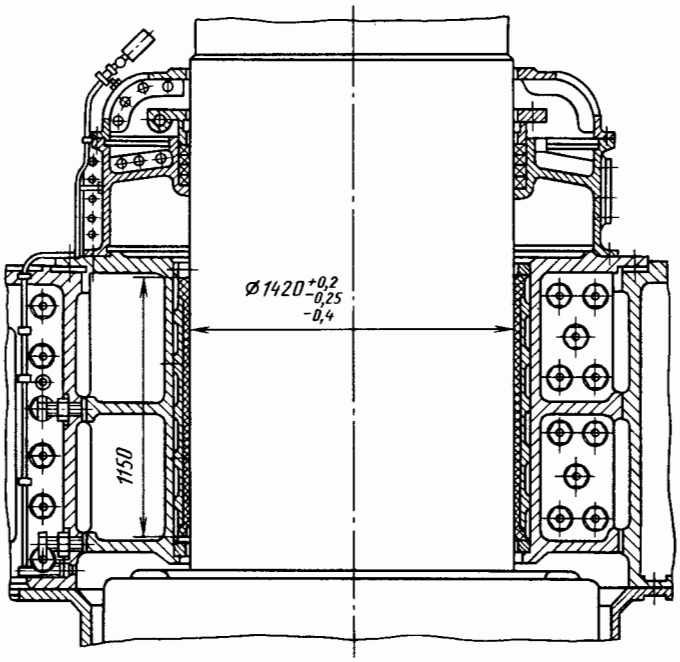
Рис. 2

Нагрузка, т	3400
Давление, МПа	6,7
Число подушек	20
Частота вращения, $мин^{-1}$	68,2
Рабочая вязкость масла, МПа·с	32,5
Минимальная толщина масляной пленки, мм	0,048

Примечание.
Полости упругих элементов сообщаются

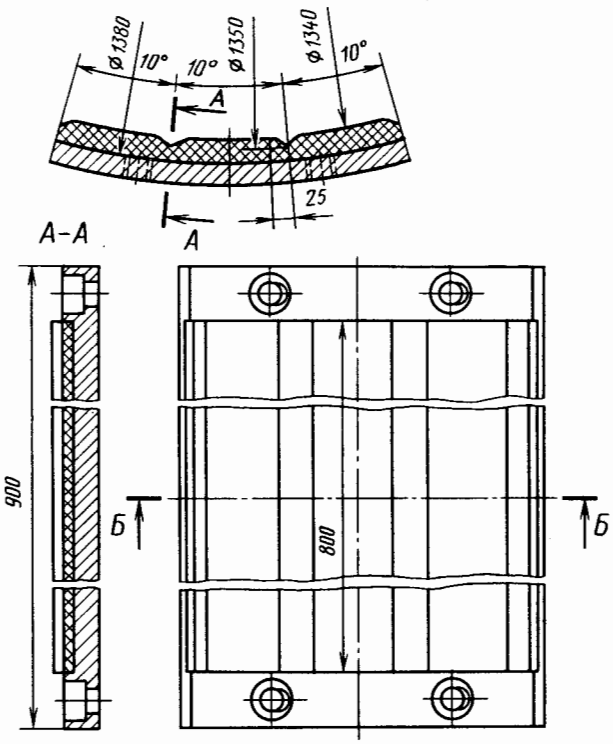
Подшипники крупных гидрогенераторов	Лист 344

Направляющий подшипник с резиновым вкладышем гидротурбины мощностью 108000 кВт

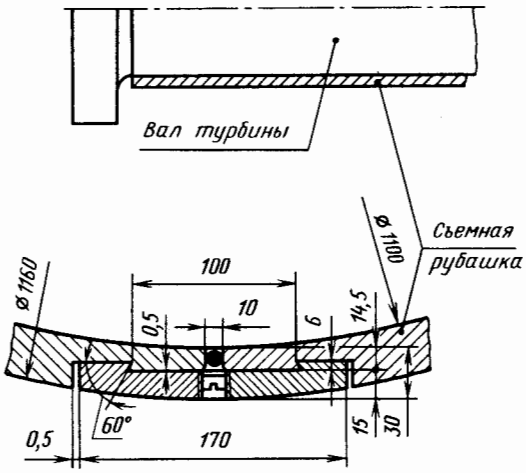


Вал защищен съемной рубашкой из нержавеющей стали. Смазывание водой. Зазор 0,32...0,52мм, $n = 68{,}2$ мин$^{-1}$

Вариант конструкции сектора резинового вкладыша (1/24 часть)



Вариант конструкции замка съемной рубашки



Материал рубашки – нержавеющая сталь

Подшипники крупных гидрогенераторов	Лист 345

Способы подачи смазочных материалов в радиальные подшипники для обеспечения жидкостного трения

Вращается	Подвод смазочных материалов	Направление нагрузки постоянное или меняется в пределах 180°		Вектор нагрузки вращается вместе с подвижной деталью	
		Горизонтальный подшипник	Вертикальный подшипник	Горизонтальный подшипник	Вертикальный подшипник
Вал	Через подшипник	Рис. 1	Рис. 2	Рис. 3	Рис. 4
	Через вал	Рис. 5	Рис. 6	Рис. 7	Рис. 8
Подшипник	Через вал	Рис. 9	Рис. 10	Рис. 11	Рис. 12

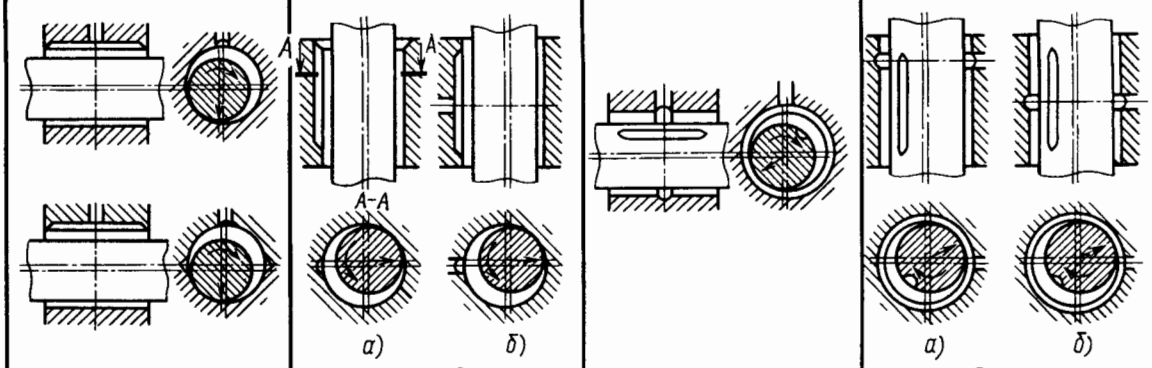


Рис. 2. а – подача масла самотеком;
б – подача масла под давлением.

Рис 4. а – подача смазочного материала под низким давлением;
б – подача смазочного материала под высоким давлением.

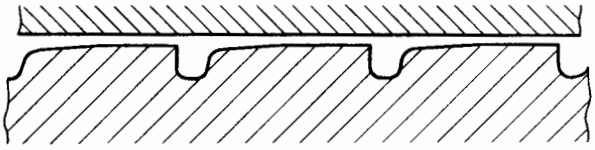
Рациональные схемы смазывания подшипников

Лист 346

Способы обеспечения жидкостного трения в осевых подшипниках

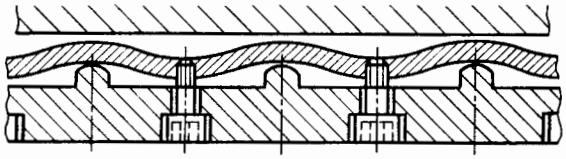
С фиксированной формой рабочих поверхностей

Направление движения



На опорной поверхности выполнены радиальные маслоподводящие канавки, от края которых начинается наклонная плоскость, переходящая в горизонтальную

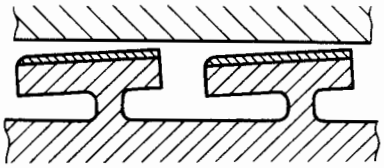
Направление движения



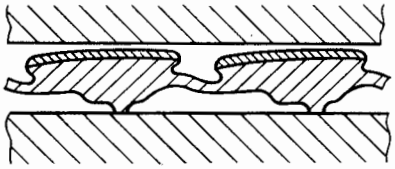
Необходимая форма поверхности трения образована упругим деформированием дисков. Опора с газовой смазкой

а)

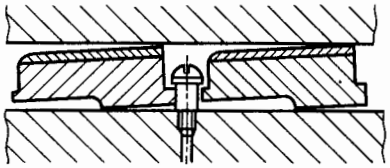
С рабочими поверхностями, имеющими возможность самоустановки в направлении относительного движения



Самоустановка вследствие упругой деформации податливой ножки



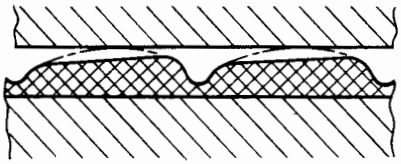
Самоустановка вследствие упругой деформации податливой перемычки



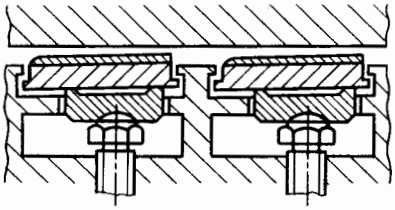
Подушка самоустанавливается на ребре

б)

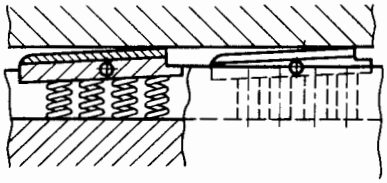
С рабочими поверхностями, имеющими возможность полной самоустановки



Изменение формы зазора вследствие упругой деформации резины. Смазывание водой



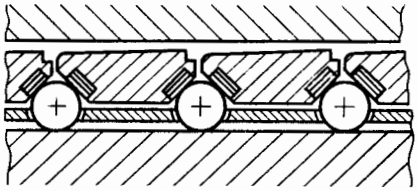
Подушка самоустанавливается на сфере



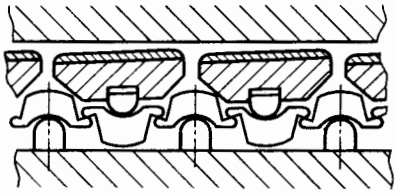
Подушка самоустанавливается на пружинах

в)

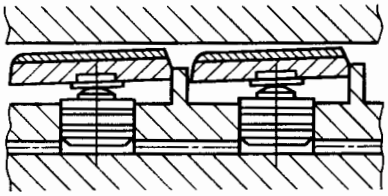
С автоматическим выравниванием нагрузки между подушками



Шарики создают замкнутую силовую систему, исключающую неравномерность нагрузки между подушками



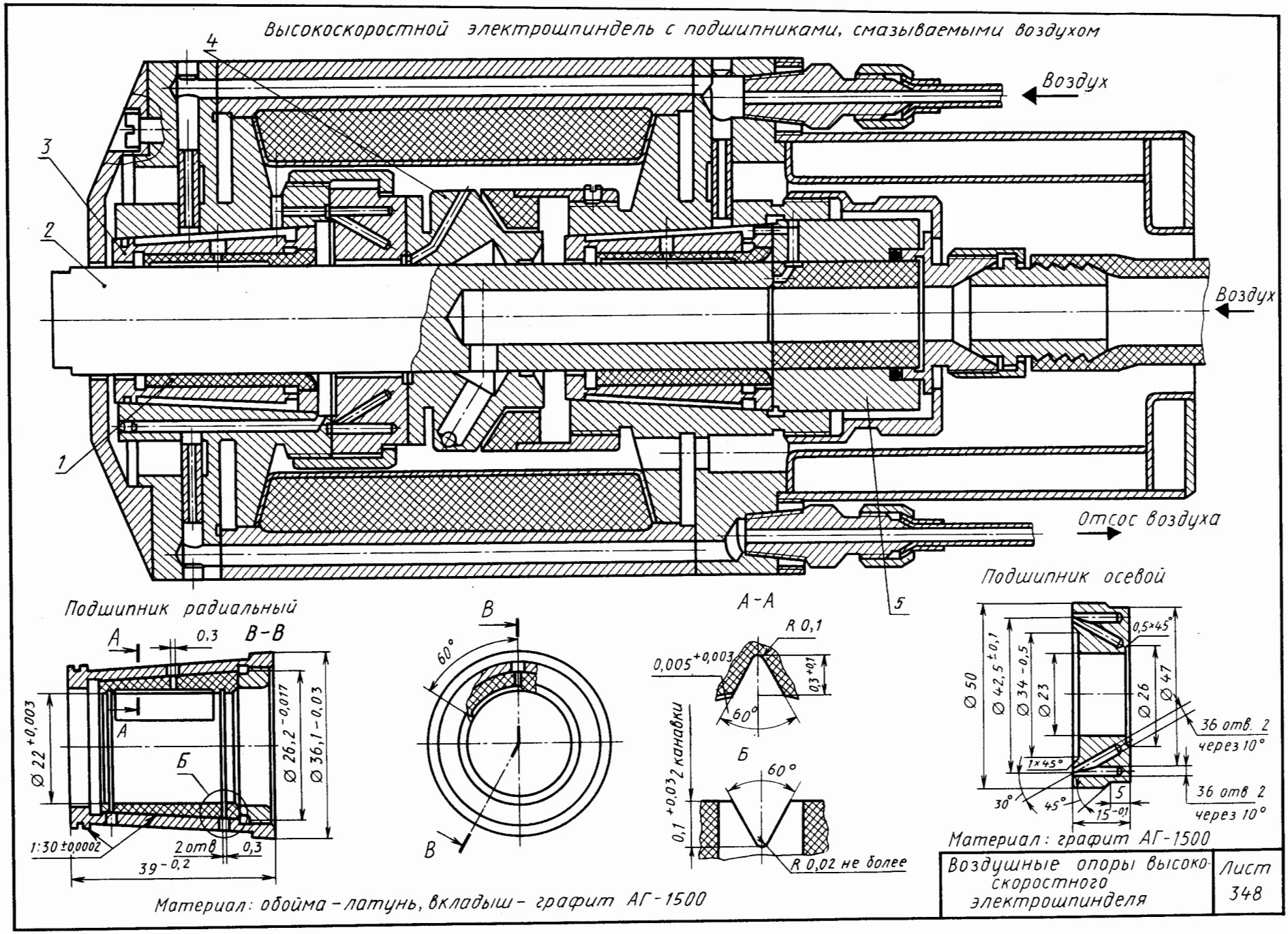
Замкнутая силовая рычажная система, обеспечивающая равномерное нагружение подушек. Система работоспособна лишь в небольших машинах



Гидравлический поджим подушек обеспечивает выравнивание нагрузки

г)

Рациональные схемы смазывания подшипников	Лист 347


Высокоскоростной электрошпиндель с подшипниками, смазываемыми воздухом
Воздух
Воздух
Отсос воздуха
1
2
3
4
5
Подшипник радиальный
В-В
А
0,3
Б
Ø 22 +0,003
Ø 26,2 −0,017
Ø 36,1 −0,03
1:30 ±0,0002
2 отв
0,3
39 −0,2
В
60°
А-А
R 0,1
0,005 +0,003
0,3 +0,1
60°
Б
60°
0,1 +0,03
2 канавки
R 0,02 не более
Подшипник осевой
0,5×45°
Ø 50
Ø 42,5 ±0,1
Ø 34 −0,5
Ø 23
Ø 26
Ø 47
36 отв. 2
через 10°
1×45°
30°
45°
5
15 −0,1
36 отв 2
через 10°
Материал: графит АГ-1500
Материал: обойма – латунь, вкладыш – графит АГ-1500
Воздушные опоры высокоскоростного электрошпинделя
Лист
348

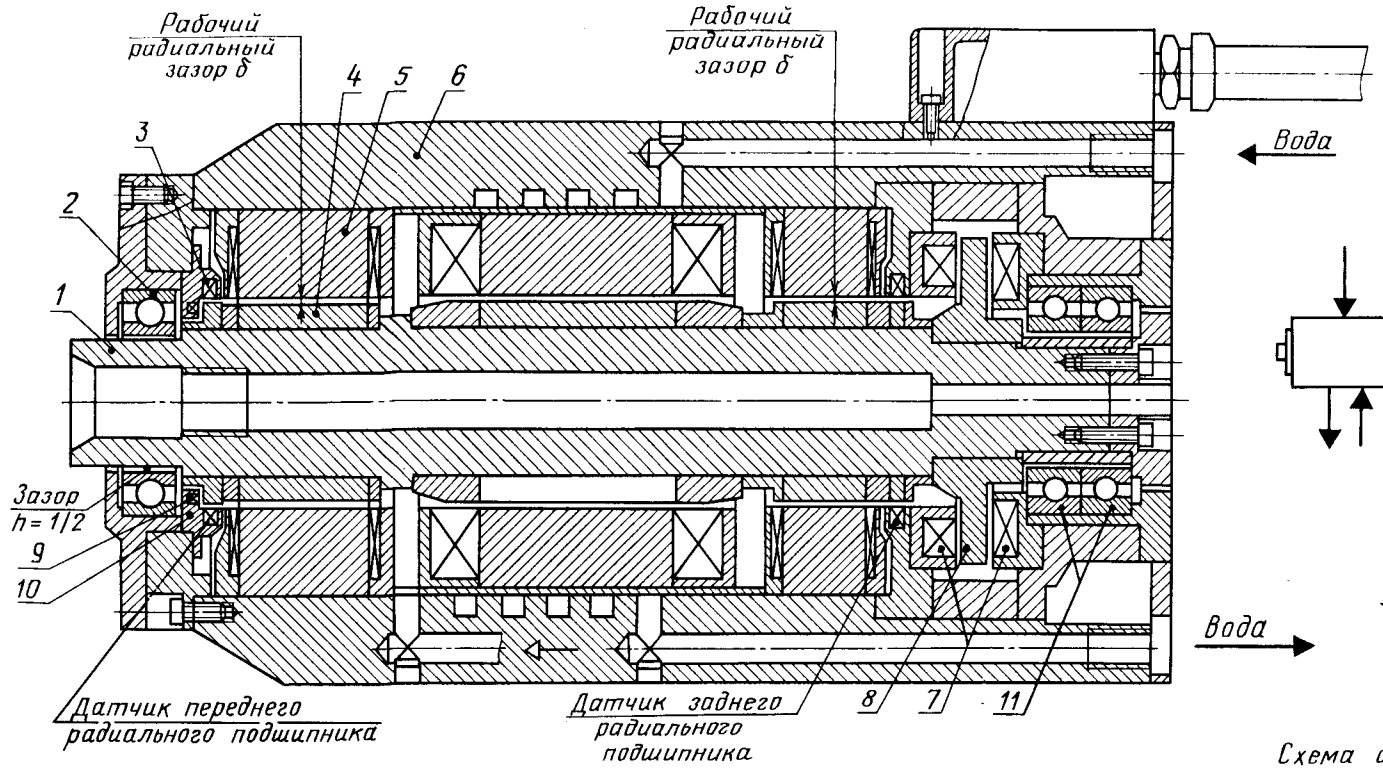
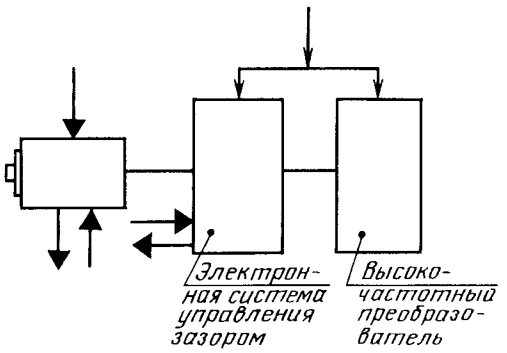


Схема электромагнитной опоры

Схема электропитания



Условные обозначения

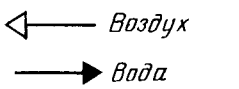
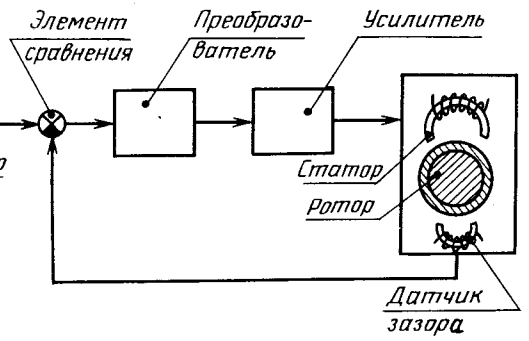
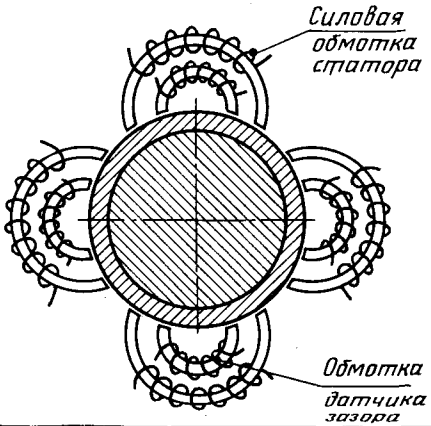
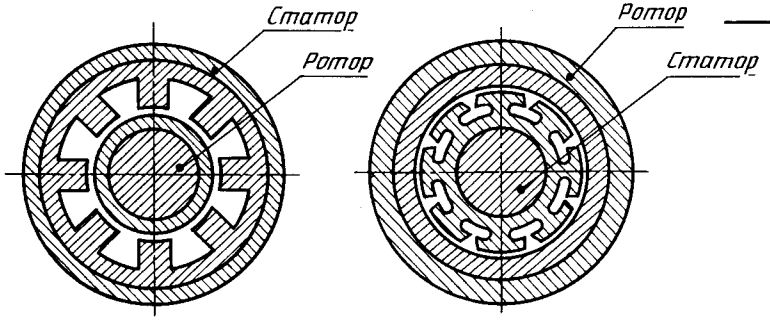


Схема системы автоматического управления зазором в опоре

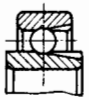
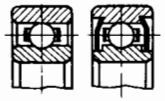
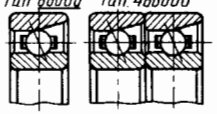
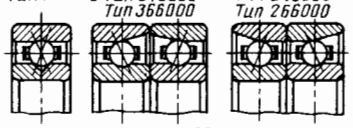
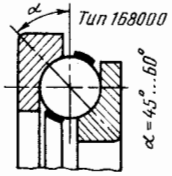
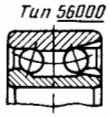
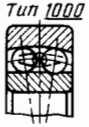
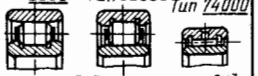
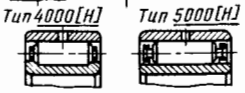
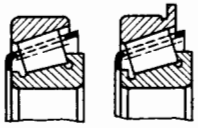
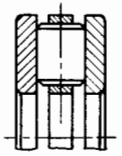
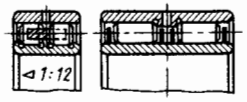
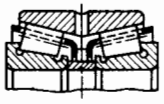
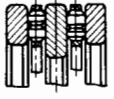


Варианты исполнения электромагнитных опор





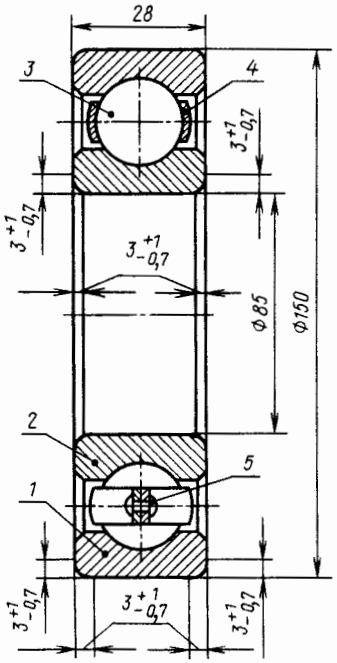
Электромагнитные опоры высокоростного электрошпинделя	Лист 349

Подшипники			Радиальные		Радиально-упорные		Упорные		Упорно-радиальные
			Воспринимают только радиальные нагрузки. Не обеспечивают осевую фиксацию вала	Воспринимают радиальные и ограниченные осевые нагрузки. Обеспечивают осевую фиксацию вала	Воспринимают как радиальную, так и осевую нагрузку одного направления	Воспринимают как радиальные, так и осевые нагрузки в обоих направлениях	Воспринимают только осевые нагрузки одного направления	Воспринимают только осевые нагрузки в обоих направлениях	Воспринимают осевые и весьма ограниченные радиальные нагрузки одного направления
Шариковые	Несамоустанавливающиеся	Однорядные	Тип 900000 	Тип 0000 Тип 80000 	Тип 36000 Тип 46000 Тип 56000 Тип 436000 Тип 446000 Тип 456000  сдвоенный	Тип 176000 Тип 336000 Тип 346000 Тип 366000 Тип 236000 Тип 246000 Тип 266000  сдвоенные	Тип 8000	—	Тип 168000  $\alpha = 45° \ldots 60°$
		Двухрядные и двойные	—	—	—	Тип 56000 	—	Тип 38000 двойной	—
	Самоустанавливающиеся	Двухрядные сферические	—	Тип 1000 	—	—	—	—	—
Роликовые	Несамоустанавливающиеся	Однорядные	Тип 2000 Тип 32000 Тип 74000  Тип 4000[Н] Тип 5000[Н] 	Тип 42000* Тип 92000*	Тип 7000 Тип 67000 	—	Тип 1009000 	—	Роликовый однорядный сферический. Самоустанавливающийся Тип 9039000
		Двухрядные	Тип 82000 Тип 794000[Н]  ◁ 1:12	—	—	Тип 97000 	—	Тип 59000[Н] 	
	Самоустанавливающиеся	Двухрядные сферические	—	Тип 3000					

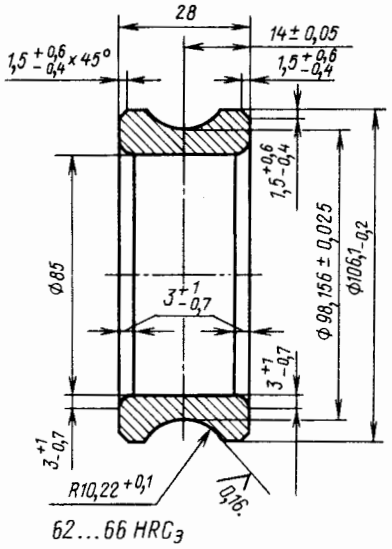
Примечания:
1. Подчеркнуты условные обозначения основных типов подшипников данной группы.
2. Знаком [Н] отмечены нестандартные подшипники.
3. Подшипники, отмеченные звездочкой, могут воспринимать лишь весьма незначительные осевые нагрузки.

Классификация подшипников качения

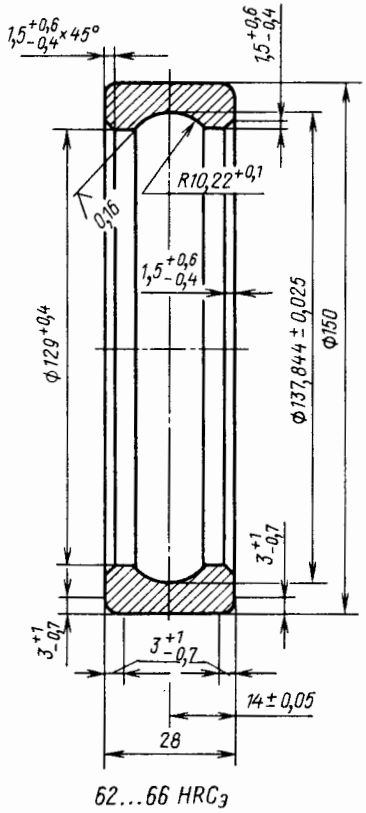
Лист 350



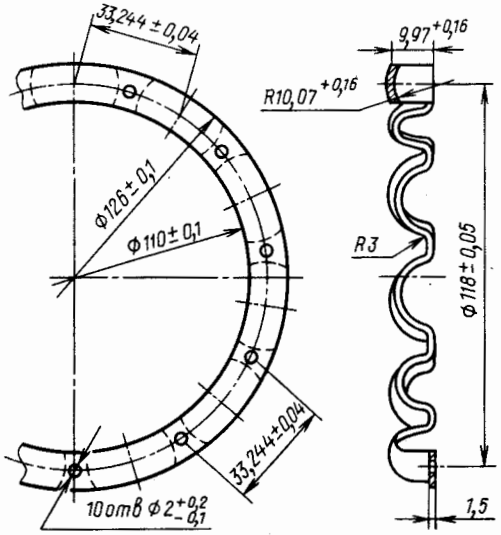
Кольцо внутреннее



Кольцо наружное



Полусепаратор

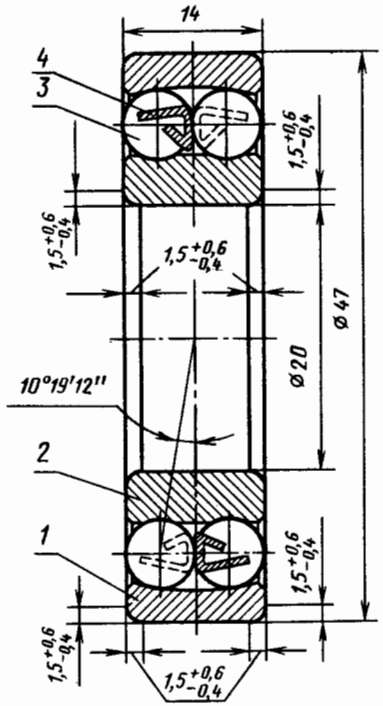


Поз.	Наименование	Кол.	Материал
1	Кольцо наружное	1	Сталь ШХ15
2	Кольцо внутреннее	1	Сталь ШХ15
3	Шарик Н19,844-40 ГОСТ 3722-81	11	Сталь ШХ9
4	Полусепаратор	2	Сталь 10
5	Заклепка	11	Проволока 3

Шарикоподшипник радиальный однорядный 217

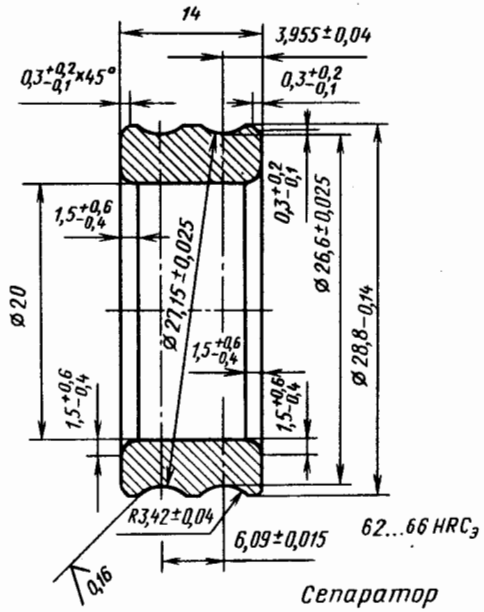
Общие виды и детали подшипников качения	Лист 351

Шарикоподшипник радиальный сферический двухрядный 1204

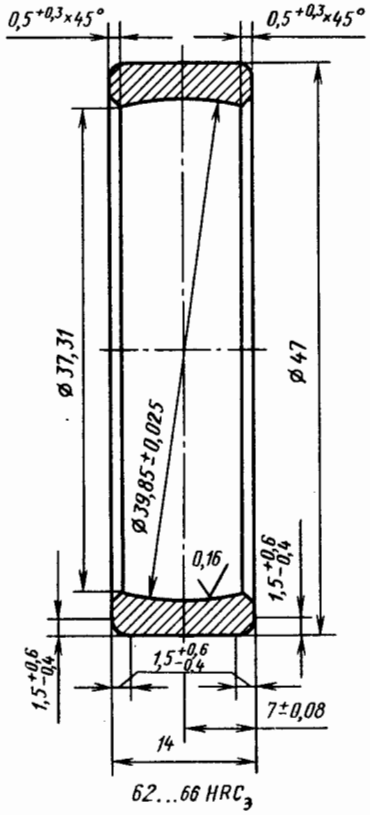


Поз.	Наименование	Кол.	Материал
1	Кольцо наружное	1	Сталь ШХ15
2	Кольцо внутреннее	1	Сталь ШХ15
3	Шарик Н6,35 −40 ГОСТ 3722−81	24	Сталь ШХ9
4	Сепаратор	1	Сталь 10

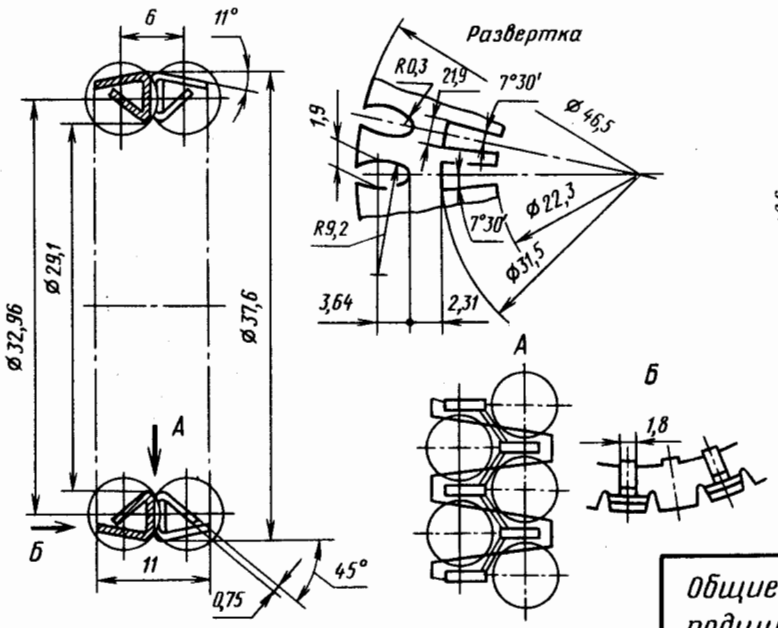
Кольцо внутреннее



Кольцо наружное

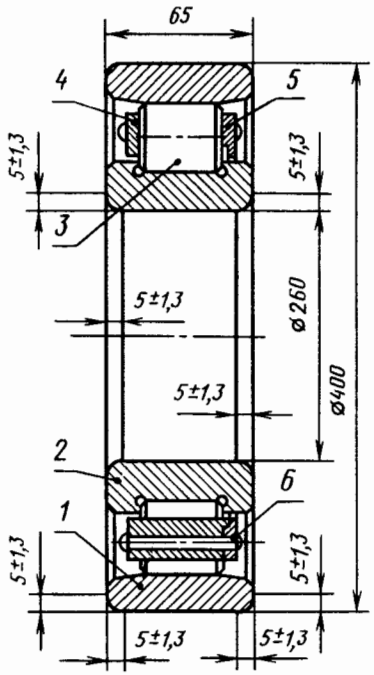


Сепаратор

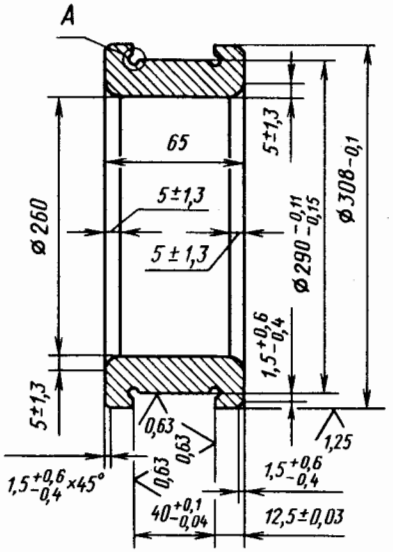


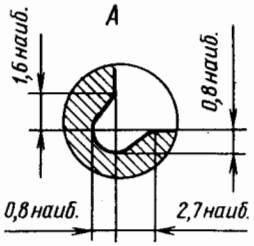
Общие виды и детали подшипников качения	Лист 352

Роликоподшипник радиальный с короткими цилиндрическими роликами 2152



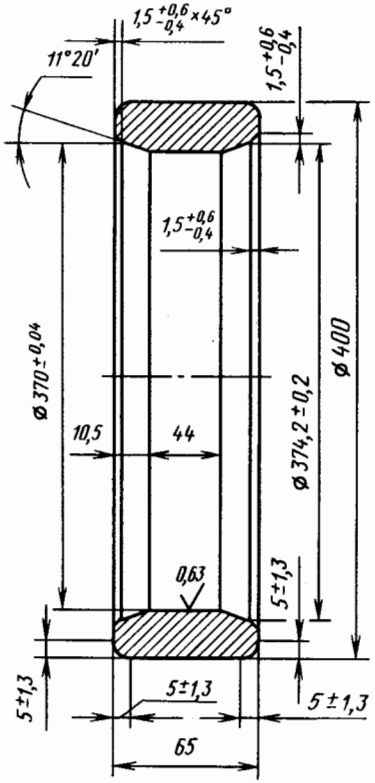
Кольцо внутреннее





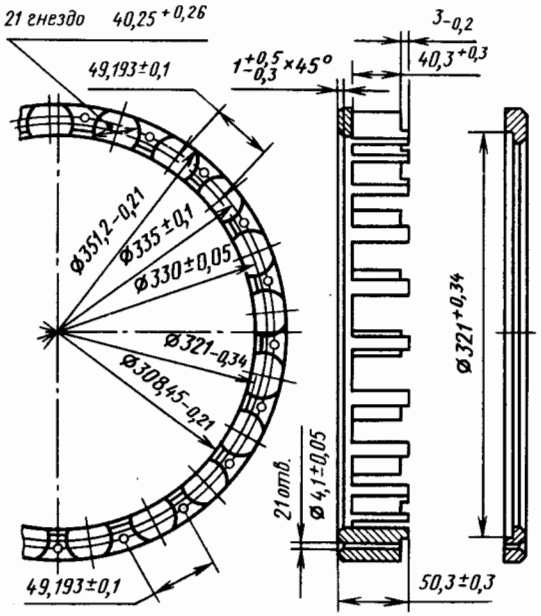
61...65 HRC

Кольцо наружное



61...65 HRC

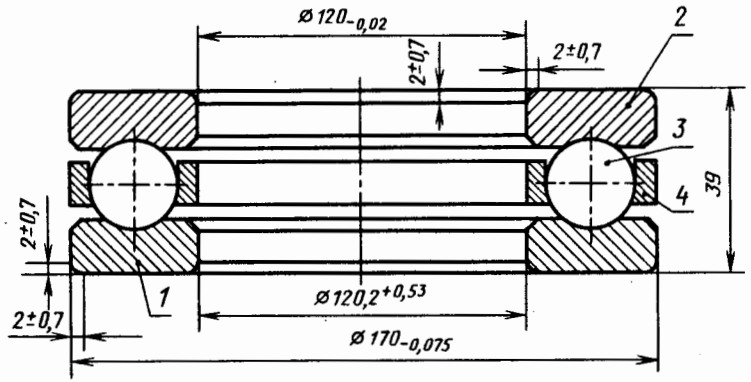
Сепаратор и шайба сепаратора



Поз.	Наименование	Кол.	Материал
1	Кольцо наружное	1	Сталь ШХ15СГ
2	Кольцо внутреннее	1	Сталь ШХ15СГ
3	Ролик 40×40	21	Сталь ШХ15СГ
4	Сепаратор	1	Латунь ЛС59-1
5	Шайба сепаратора	1	Латунь ЛС59-1
6	Заклепка	21	Проволока 3

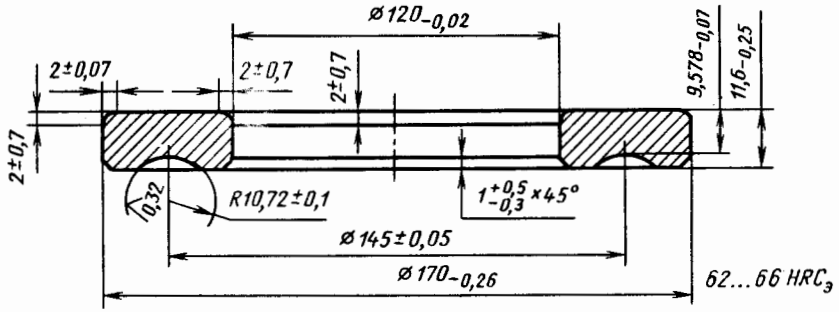
Общие виды и детали подшипников качения	Лист 353

Шарикоподшипник упорный радиальный 8224Л

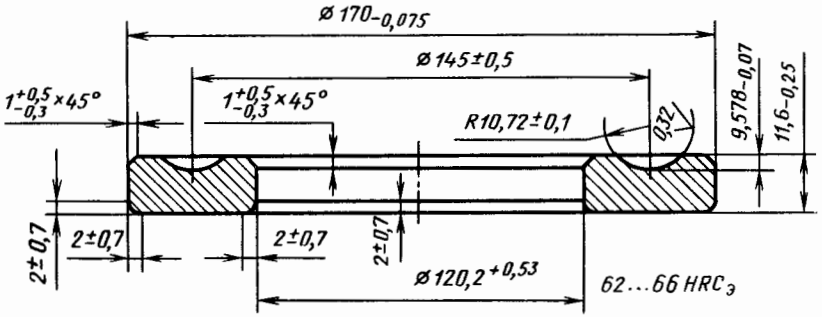


Поз.	Наименование	Кол.	Материал
1	Кольцо свободное	1	Сталь ШХ15
2	Кольцо тугое	1	Сталь ШХ15
3	Шарик Н 19,844-40 ГОСТ 3722-81	20	Сталь ШХ9
4	Сепаратор	1	Латунь ЛС59-1

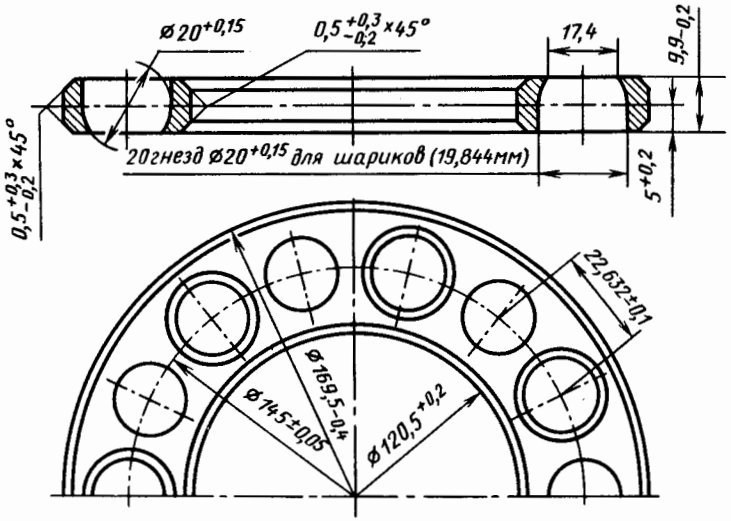
Кольцо тугое



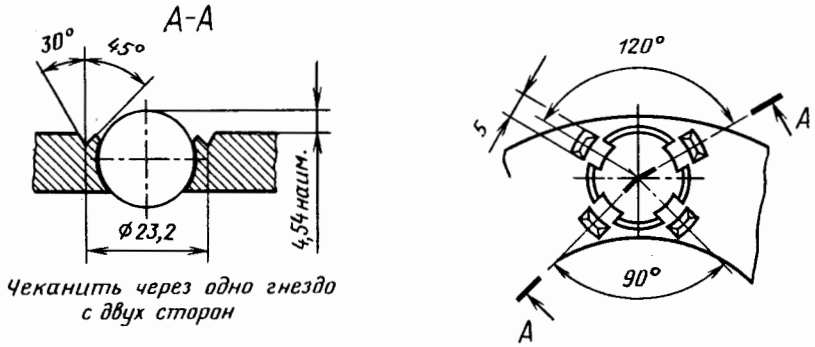
Кольцо свободное



Сепаратор



Вид на гнездо сепаратора с шариками



Чеканить через одно гнездо с двух сторон

Общие виды и детали подшипников качения	Лист 356

ПОДШИПНИКИ ШАРИКОВЫЕ РАДИАЛЬНЫЕ ОДНОРЯДНЫЕ ПО ГОСТ 8338—75 (СТ СЭВ 3795—82)

Таблица 1

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм d	D	B	r	C_r, Н	C_{0r}, Н	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале: пластичном	жидком	Масса, кг
Особолегкая узкая серия									
7000101	12	28	7	0,5	5070	2240	26000	32000	0,018
7000102	15	32	8	0,5	5590	2500	22000	28000	0,025
7000103	17	35	8	0,5	6050	2800	19000	24000	0,030
7000105	25	47	8	0,5	7610	4000	14000	17000	0,060
7000106	30	55	9	0,5	11200	5850	12000	15000	0,10
7000107	35	62	9	0,5	12400	6950	10000	13000	0,11
7000108	40	68	9	0,5	13300	7800	9500	12000	0,13
7000109	45	75	10	1,0	15600	9300	9000	11000	0,20
7000110	50	80	10	1,0	16300	10000	8500	10000	0,21
7000111	55	90	11	1,0	17000	11700	7500	9000	0,28
7000112	60	95	11	1,0	18600	12500	6700	8000	0,29
7000113	65	100	11	1,0	19000	13000	6300	7500	0,38
7000114	70	110	13	1,0	22200	15300	6000	7000	0,45
7000144	220	340	37	3,5	174000	153000	1800	2200	13,5
Легкая узкая серия									
200	10	30	9	1,0	5900	2650	24000	30000	0,03
201	12	32	10	1,0	6890	3100	22000	28000	0,037
202	15	35	11	1,0	7800	3550	19000	24000	0,046
203	17	40	12	1,0	9560	4500	17000	20000	0,060
204	20	47	14	1,5	12700	6200	15000	18000	0,10
205	25	52	15	1,5	14000	6950	12000	15000	0,12
206	30	62	16	1,5	19500	10000	10000	13000	0,20
207	35	72	17	2,0	25500	13700	9000	11000	0,29
208	40	80	18	2,0	32000	17800	8500	10000	0,36
209	45	85	19	2,0	33200	18600	7500	9000	0,41
209А	45	85	19	2,0	36400	20100	7500	9000	0,41
210	50	90	20	2,0	35100	19800	7000	8500	0,47
211	55	100	21	2,5	43600	25000	6300	7500	0,60
212	60	110	22	2,5	52000	31000	6000	7000	0,80
213	65	120	23	2,5	56000	34000	5300	6300	0,98
214	70	125	24	2,5	61800	37500	5000	6000	1,08
215	75	130	25	2,5	66300	41000	4800	5600	1,18
216	80	140	26	3,0	70200	45000	4500	5300	1,40
217	85	150	28	3,0	83200	53000	4300	5000	1,80
217А	85	150	28	3,0	89500	56500	4300	5000	1,80
218	90	160	30	3,0	95600	62000	3800	4500	2,20
219	95	170	32	3,5	108000	69500	3600	4300	2,70
219А	95	170	32	3,5	115000	74000	3600	4300	2,70
220	100	180	34	3,5	124000	79000	3400	4000	3,20
Средняя узкая серия									
303	17	47	14	1,5	13500	6650	16000	19000	0,11
304	20	52	15	2,0	15900	7800	13000	16000	0,14
305	25	62	17	2,0	22500	11400	11000	14000	0,23
306	30	72	19	2,0	28100	14600	9000	11000	0,34
307	35	80	21	2,5	33200	18000	8500	10000	0,44
308	40	90	23	2,5	41000	22400	7500	9000	0,63
309	45	100	25	2,5	52700	30000	6700	8000	0,83
310	50	110	27	3,0	61800	36000	6300	7500	1,08
311	55	120	29	3,0	71500	41500	5600	6700	1,35
312	60	130	31	3,5	81900	48000	5000	6000	1,70
313	65	140	33	3,5	92300	56000	4800	5600	2,11
314	70	150	35	3,5	104000	63000	4500	5300	2,60
315	75	160	37	3,5	112000	72500	4300	5000	3,10
316	80	170	39	3,5	124000	80000	3800	4500	3,60
316К5	80	170	39	3,5	130000	89000	3800	4500	3,70
317	85	180	41	4,0	133000	90000	3600	4300	4,30
318	90	190	43	4,0	143000	99000	3400	4000	5,10
319	95	200	45	4,0	153000	110000	3200	3800	5,70
319К5	95	200	45	4,0	161000	120000	3200	3800	5,80
320	100	215	47	4,0	174000	132000	3000	3600	7,0
321	105	225	49	4,0	182000	143000	2800	3400	8,20
Тяжелая узкая серия									
403	17	62	17	2,0	22900	11800	12000	15000	0,27
405	25	80	21	2,5	36400	20400	9000	11000	0,50
406	30	90	23	2,5	47000	26700	8500	10000	0,72
407	35	100	25	2,5	55300	31000	7000	8500	0,93
408	40	110	27	3,0	63700	36500	6700	8000	1,20
409	45	120	29	3,0	76100	45500	6000	7000	1,52
410	50	130	31	3,5	87100	52000	5300	6300	1,91
411	55	140	33	3,5	100000	63000	5000	6300	2,30
412	60	150	35	3,5	108000	70000	4800	5600	2,80
413	65	160	37	3,5	119000	78000	4500	5300	3,40
414	70	180	42	4,0	143000	105000	3800	4500	5,30
416	80	200	48	4,0	163000	125000	3400	4000	7,00

Примечание. Буквой *А* отмечены подшипники повышенной грузоподъемности.

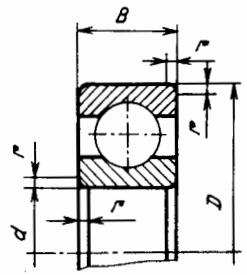


Таблица 2

F_a/C_{0r}	e	Y	Расчетные величины и формулы	F_a/C_{0r}	e	Y	Расчетные величины и формулы
0,014	0,19	2,30	$P_r=VF_rK_бK_т$ при $F_a/(VF_r)\leqslant e$; $P_r=(0,56VF_r+YF_a)K_бK_т$ при $F_a/(VF_r)>e$; $e=0,518(F_a/C_{0r})^{0,24}$;	0,17	0,34	1,31	$Y=0,44/e$; $F_{0r}=0,6F_r+0,5F_a$, но не менее F_r
0,028	0,22	1,99		0,28	0,38	1,15	
0,056	0,26	1,71					
0,084	0,28	1,55		0,42	0,42	1,04	
0,11	0,30	1,45		0,56	0,44	1,00	

Расчетные величины и формулы:

$P_r=(XVF_r+YF_a)K_бK_т$;

$X=1$ при $F_a/(VF_r)\leqslant e$, $X=\cancel{0,65}$ 0,56 при $F_a/(VF_r)>e$;

$P_{0r}=F_r+Y_0F_a$.

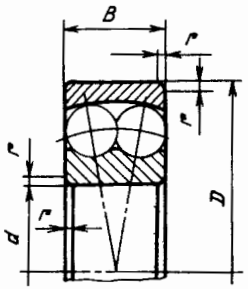
Основные размеры и характеристики подшипников	Лист 357

ПОДШИПНИКИ ШАРИКОВЫЕ РАДИАЛЬНЫЕ СФЕРИЧЕСКИЕ ДВУХРЯДНЫЕ ПО ГОСТ 5720—75 (СТ СЭВ 4941—84)

Тип 1000

Таблица 1

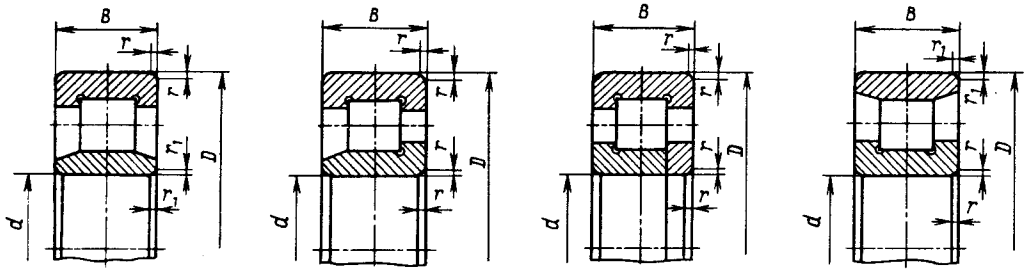
Условное обозначение подшипника	Размеры, мм				C_r, Н	C_{0r}, Н	e	Y*	Y_0	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	B	r						пластичном	жидком	
Легкая узкая серия												
1005	5	19	6	0,5	2150	540	0,34	1,87/2,90	1,96	32000	38000	0,009
1006	6	19	6	0,5	2150	540	0,34	1,87/2,90	1,96	32000	38000	0,009
1007	7	22	7	0,5	2650	655	0,33	1,89/2,92	1,98	30000	36000	0,014
1008	8	22	7	0,5	2650	655	0,33	1,89/2,92	1,98	30000	36000	0,014
1009	9	26	8	1,0	3900	930	0,34	1,87/2,88	1,95	26000	32000	0,022
1200	10	30	9	1,0	5530	1370	0,32	1,96/3,03	2,05	24000	30000	0,033
1201	12	32	10	1,0	5590	1500	0,33	1,88/2,92	1,97	22000	28000	0,040
1202	15	35	11	1,0	7410	2040	0,33	1,90/2,94	1,99	19000	24000	0,050
1203	17	40	12	1,5	7930	2420	0,31	2,05/3,18	2,15	18000	22000	0,070
1204	20	47	14	1,5	9950	3180	0,27	2,31/3,57	2,42	15000	18000	0,12
1205	25	52	15	1,5	12100	4000	0,27	2,32/3,60	2,44	13000	16000	0,14
1206	30	62	16	1,5	15600	5800	0,24	2,58/3,99	2,70	10000	13000	0,22
1207	35	72	17	2,0	15900	6600	0,23	2,74/4,24	2,87	9000	11000	0,32
1208	40	80	18	2,0	19000	8550	0,22	2,87/4,44	3,01	8500	10000	0,42
1209	45	85	19	2,0	21600	9600	0,21	2,97/4,60	3,11	7500	9000	0,47
1210	50	90	20	2,0	22900	10800	0,21	3,13/4,85	3,28	7000	8500	0,53
1211	55	100	21	2,5	26500	13300	0,20	3,23/5,00	3,39	6300	7500	0,71
1212	60	110	22	2,5	30200	15500	0,19	3,41/5,27	3,57	5600	6700	0,88
1213	65	120	23	2,5	31200	17200	0,17	3,71/5,73	3,88	5300	6300	1,15
1214	70	125	24	2,5	34500	18700	0,18	3,51/5,43	3,68	5000	6000	1,26
1215	75	130	25	2,5	39000	21500	0,18	3,60/5,57	3,77	4800	5600	1,36
1216	80	140	26	3,0	39700	23500	0,16	3,94/6,11	4,13	4500	5300	1,67
1217	85	150	28	3,0	48800	28500	0,17	3,69/5,71	3,87	4000	4800	2,10
1218	90	160	30	3,0	57200	32000	0,17	3,67/5,82	3,94	3800	4500	2,50
1220	100	180	34	3,5	68900	40500	0,17	3,64/5,63	3,81	3400	4000	3,70
1221	105	190	36	3,5	74100	44000	0,18	3,59/5,56	3,76	2800	3600	4,40
1224	120	215	42	3,5	119000	70000	0,19	3,24/5,05	3,42	2000	2600	6,80
Легкая широкая серия												
1500	10	30	14	1,0	7280	1760	0,65	0,97/1,50	1,02	22000	28000	0,04
1506	30	62	20	1,5	15300	5700	0,39	1,59/2,47	1,67	9500	12000	0,26
1507	35	72	23	2,0	21600	8200	0,37	1,69/2,62	1,77	8500	10000	0,40
1508	40	80	23	1,0	22500	9450	0,33	1,90/2,99	1,99	7500	9000	0,51
1509	45	85	23	2,0	23400	10700	0,31	2,06/3,18	2,16	7000	8500	0,55
1510	50	90	23	2,0	23400	11500	0,28	2,20/3,41	2,31	6300	7500	0,59
1516	80	140	33	3,0	48800	27000	0,25	2,49/3,85	2,61	4000	4800	2,00
1517	85	150	36	3,0	58500	31500	0,25	2,48/3,84	2,60	3800	4500	2,50
Средняя узкая серия												
1300	10	35	11	1,0	7250	2000	0,33	1,91/2,96	2,00	18000	22000	0,06
1301	12	37	12	1,5	9360	2600	0,35	1,81/2,80	1,90	18000	22000	0,07
1302	15	42	13	1,5	9560	2800	0,33	1,89/2,92	1,98	17000	20000	0,09
1303	17	47	14	1,5	12500	3660	0,33	1,92/2,97	2,01	14000	17000	0,13
1304	20	52	15	2,0	12500	3660	0,29	2,17/3,35	2,27	12000	15000	0,16
1305	25	62	17	2,0	17800	6000	0,28	2,26/3,49	2,36	9500	13000	0,26
1306	30	72	19	2,0	21200	7700	0,26	2,46/3,80	2,58	9000	11000	0,39
1307	35	80	21	2,5	25100	9800	0,25	2,57/3,98	2,69	7500	9000	0,50
1308	40	90	23	2,5	29600	12200	0,24	2,61/4,05	2,74	6700	8000	0,70
1309	45	100	25	2,5	37700	15900	0,25	2,54/3,93	2,66	6300	7500	0,96
1310	50	110	27	3,0	43600	17500	0,24	2,61/4,05	2,80	5600	6700	1,21
1311	55	120	29	3,0	50700	22500	0,23	2,70/4,17	2,82	5000	6000	1,58
1312	60	130	31	3,5	57200	26500	0,23	2,80/4,33	2,93	4500	5300	1,96
1313	65	140	33	3,5	61800	29500	0,23	2,79/4,31	2,92	4300	5000	2,50
1314	70	150	35	3,5	74100	35500	0,22	2,81/4,35	2,95	4000	4800	3,00
1315	75	160	37	3,5	79300	38500	0,22	2,84/4,39	2,97	3800	4500	3,60
1316	80	170	39	3,5	88400	42000	0,22	2,92/4,52	3,06	3600	4300	4,30
1317	85	180	41	4,0	97500	48500	0,22	2,90/4,49	3,04	3400	4000	5,10
1318	90	190	43	4,0	117000	56000	0,22	2,82/4,36	2,95	3200	3800	5,70
1320	100	215	47	4,0	143000	72000	0,24	2,67/4,14	2,80	2800	3400	8,30
Средняя широкая серия												
1605	25	62	24	2,0	24200	7500	0,47	1,34/2,07	1,40	9500	12000	0,34
1606	30	72	27	2,0	31200	10000	0,44	1,43/2,22	1,50	8500	10000	0,50
1607	35	80	31	2,5	39700	12900	0,46	1,36/2,11	1,43	7000	8500	0,68
1608	40	90	33	2,5	44900	15700	0,43	1,46/2,25	1,52	6300	7500	0,93
1609	45	100	36	2,5	54000	19400	0,42	1,51/2,33	1,58	5600	6700	1,23
1610	50	110	40	3,0	63700	23600	0,43	1,48/2,29	1,55	5300	6300	1,61
1611	55	120	43	3,0	76100	28000	0,41	1,53/2,36	1,60	4500	5600	2,10
1612	60	130	46	3,5	87100	33000	0,40	1,56/2,41	1,63	4000	5000	2,60
1613	65	140	48	3,5	95600	38500	0,38	1,65/2,55	1,73	3600	4500	3,20
1614	70	150	51	3,5	111100	44500	0,38	1,68/2,59	1,76	3200	4000	3,92
1616	80	170	58	3,5	135000	58000	0,37	1,68/2,61	1,76	2600	3200	6,10
Тяжелая узкая серия												
1412	60	150	35	3,5	78000	32500	0,41	1,56/2,41	1,63	3200	4000	3,28



*В числителе Y — при $F_a/(VF_r) \leq e$, а в знаменателе — при $F_a/(VF_r) > e$.

Основные размеры и характеристики подшипников

Лист 358



ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВЫЕ С КОРОТКИМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РОЛИКАМИ ПО ГОСТ 8328—75 (СТ СЭВ 4949—84)

Условное обозначение подшипников типа				Размеры, мм					C_r, Н	C_{0r}, Н	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
32000	42000	92000	2000	d	D	B	r	r_1			пластичном	жидком	
Легкая узкая серия													
32202A	42202A	—	—	15	35	11	1,0	0,5	12500	6400	19000	24000	0,05
32203A	42203A	92203A	—	17	40	12	1,0	0,5	17200	7100	17000	20000	0,07
32204A	42204A	92204A	—	20	47	14	1,5	1,0	25100	12600	15000	18000	0,11
32205A	42205A	92205A	—	25	52	15	1,5	1,0	28600	15200	12000	15000	0,13
32206A	42206A	92206A	—	30	62	16	1,5	1,0	38000	19600	10000	13000	0,20
32207A	42207A	92207A	—	35	72	17	2,0	1,0	48400	26500	9000	11000	0,29
32208A	42208A	92208A	—	40	80	18	2,0	2,0	53900	29500	8500	10000	0,37
32209A	42209A	92209A	—	45	85	19	2,0	2,0	60500	35000	7500	9000	0,43
32210A	42210A	92210A	—	50	90	20	2,0	2,0	64400	37500	7000	8500	0,48
32211A	42211A	92211A	—	55	100	21	2,5	2,0	84200	49000	6300	7500	0,64
32212A	42212A	92212A	—	60	110	22	2,5	2,5	93500	53500	5600	6700	0,82
32213A	42213A	92213A	—	65	120	23	2,5	2,5	106000	66500	5300	6300	1,05
32214A	42214A	92214A	—	70	125	24	2,5	2,5	119000	71000	5000	6000	1,15
32215A	42215A	92215A	—	75	130	25	2,5	2,5	130000	81500	4800	5600	1,25
32216A	42216A	92216A	—	80	140	26	3,0	3,0	138000	87000	4500	5300	1,50
32217A	42217A	92217A	—	85	150	28	3,0	3,0	165000	108000	4300	5000	1,90
32218A	42218A	92218A	—	90	160	30	3,0	3,0	183000	120000	3800	4500	2,30
32220A	42220A	92220A	—	100	180	34	3,5	3,5	251000	170000	3400	4000	3,40
Средняя узкая серия													
32306A	42306A	92306A	—	30	72	19	2,0	2,0	51200	26000	8500	10000	0,38
32307A	42307A	92307A	—	35	80	21	2,5	2,0	64400	35000	8000	9500	0,53
32308A	42308A	92308A	—	40	90	23	2,5	2,5	80900	44500	6700	8000	0,70
32309A	42309A	92309A	—	45	100	25	2,5	2,5	99000	56000	6300	7500	0,96
32310A	42310A	92310A	—	50	110	27	3,0	3,0	110000	70500	5600	6700	1,22
32311A	42311A	92311A	—	55	120	29	3,0	3,0	138000	87500	5000	6000	1,58
32312A	42312A	92312A	—	60	130	31	3,5	3,5	151000	98000	4800	5600	1,94
32313A	42313A	92313A	—	65	140	33	3,5	3,5	183000	107000	4500	5300	2,45
32314A	42314A	92314A	—	70	150	35	3,5	3,5	205000	124000	4000	4800	2,93
32315A	42315A	92315A	—	75	160	37	3,5	3,5	242000	149000	3800	4500	3,52
32316A	42316A	92316A	—	80	170	39	3,5	3,5	260000	163000	3600	4300	4,28
32317A	42317A	92317A	—	85	180	41	4,0	4,0	297000	190000	3400	4000	4,99
32318A	42318A	92318A	—	90	190	43	4,0	4,0	319000	206000	3200	3800	5,83
32319A	42319A	92319A	—	95	200	45	4,0	4,0	374000	222000	3000	3600	6,68
Легкая узкая серия													
—	—	—	2202	15	35	11	1,0	0,5	8970	4250	19000	24000	0,05
—	—	—	2204	20	47	14	1,5	1,0	14700	7350	15000	18000	0,13
—	—	—	2206	30	62	16	1,5	1,0	22400	12000	10000	13000	0,24
—	—	—	2207	35	72	17	2,0	1,0	31900	17600	9000	11000	0,35
—	—	—	2208	40	80	18	2,0	2,0	41800	24000	8500	10000	0,40
—	—	—	2209	45	85	19	2,0	2,0	44000	25500	7500	9000	0,49
—	—	—	2210	50	90	20	2,0	2,0	45700	27500	7000	8500	0,57
—	—	—	2211	55	100	21	2,5	2,0	56100	34000	6300	7500	0,76
—	—	—	2212	60	110	22	2,5	2,5	64400	43000	5600	6700	0,95
—	—	—	2213	65	120	23	2,5	2,5	76500	51000	5300	6300	1,20
—	—	—	2214	70	125	24	2,5	2,5	79200	51000	5000	6000	1,30
—	—	—	2215	75	130	25	2,5	2,5	91300	63000	4800	5600	1,40
—	—	—	2216	80	140	26	3,0	3,0	10600	68000	4500	5300	1,80
Легкая широкая серия													
—	—	—	2505	25	52	18	1,5	1,0	22900	12900	11000	14000	0,19
—	—	—	2519	95	170	43	3,5	3,5	229000	170000	3400	4000	4,35
—	—	—	2524	120	215	58	3,5	3,5	369000	280000	2600	3200	9,80
—	—	—	2556	280	500	130	6,0	6,0	1790000	1470000	600	800	120,0

Примечание. Буквой *A* отмечены подшипники повышенной грузоподъемности.

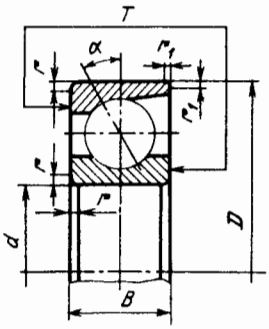
Расчетные формулы:

$P_r = VF_rK_бK_т$, $P_{0r} = F_r$

Основные размеры и характеристики подшипников | *Лист 359*

ПОДШИПНИКИ ШАРИКОВЫЕ РАДИАЛЬНО-УПОРНЫЕ ОДНОРЯДНЫЕ ПО ГОСТ 831—75 (СТ СЭВ 4942—84)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм					C_r, Н	C_{0r}, Н	$n_{предел}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	B	r	r_1			пластичном	жидком	
Особолегкая нормальная серия										
36100	10	26	8	0,5	0,3	5030	2180	34000	46000	0,039
36101	12	28	8	0,5	0,3	5450	2450	34000	46000	0,021
36102	15	32	9	0,5	0,3	6290	2990	30000	40000	0,033
36103	17	35	10	0,5	0,3	7280	3510	28000	36000	0,040
36104	20	42	12	1,0	0,5	10600	5320	29000	30000	0,068
36105	25	47	12	1,0	0,5	11800	6290	19000	24000	0,122
36106	30	55	13	1,5	0,5	15300	8570	17000	22000	0,195
36107	35	62	14	1,5	0,5	19100	11300	16000	20000	0,250
Легкая узкая серия $\alpha = 12°$										
36201	12	32	10	1,0	0,3	7150	3340	24000	32000	0,040
36202	15	35	11	1,0	0,3	8150	3830	24000	32000	0,040
36203	17	40	12	1,0	0,3	12000	6120	18000	24000	0,060
36204	20	47	14	1,5	0,5	15700	8310	16000	20000	0,090
36205	25	52	15	1,5	0,5	16700	9100	13000	17000	0,122
36206	30	62	16	1,5	0,5	22000	12000	11000	16000	0,19
36207	35	72	17	2,0	1,0	30800	17800	10000	12000	0,27
36208	40	80	18	2,0	1,0	38900	23200	9500	13000	0,37
36209	45	85	19	2,0	1,0	41200	25100	9000	12000	0,42
36210	50	90	20	2,0	1,0	43200	27000	8000	11000	0,47
36211	55	100	21	2,5	1,2	58400	34200	7000	9500	0,58
36212	60	110	22	2,5	1,2	61500	39300	6300	8500	0,77
36214	70	125	24	2,5	1,2	80200	54800	6000	8000	1,10
36216	80	140	26	3,0	1,5	93600	65000	5600	7500	1,44
36217	85	150	28	3,0	1,5	101000	70800	5000	6700	1,80
36218	90	160	30	3,0	1,5	118000	83000	4800	6300	2,20
36219	95	170	32	3,5	2,0	134000	95000	4300	5600	2,63
Средняя узкая серия $\alpha = 12°$										
36302	15	42	13	1,5	0,5	13600	6800	16000	20000	0,09
36303	17	47	14	1,5	0,5	17200	8700	13000	17000	0,11
36308	40	90	23	2,5	1,2	53900	32800	7000	9500	0,63
36318	90	190	43	4,0	2,0	189000	145000	2800	3600	5,00
Особолегкая нормальная серия $\alpha = 26°$										
46106	30	55	13	1,5	0,5	14500	7880	11000	14000	0,18
46108	40	68	15	1,5	0,5	18900	11100	10000	13000	0,22
46109	45	75	16	1,5	0,5	22500	13400	9000	12000	0,243
46111	55	90	18	2,0	1,0	32600	21100	7500	10000	0,444
46112	60	95	18	2,0	1,0	37400	24500	7000	9500	0,474
46114	70	110	20	2,0	1,0	46100	31700	6300	8500	0,72
46115	75	115	20	2,0	1,0	47300	33400	5600	7500	0,776
46116	80	125	22	2,0	1,0	56000	40100	5300	7000	1,00



Основные размеры и характеристики подшипников	Лист 360

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм					C_r, Н	C_{0r}, Н	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	B	r	r_1			пластичном	жидком	
Легкая узкая серия $\alpha = 26°$										
46 202	15	35	11	1,0	0,3	8250	3650	18 000	22 000	0,045
46 204	20	47	14	1,5	0,5	14 800	7640	15 000	20 000	0,10
46 205	25	52	15	1,5	0,5	15 700	8340	11 000	15 000	0,144
46 206	30	62	16	1,5	0,5	21 900	12 000	10 000	13 000	0,232
46 207	35	72	17	2,0	1,0	29 000	16 400	9000	11 000	0,289
46 208	40	80	18	2,0	1,0	36 800	21 300	8000	9000	0,37
46 209	45	85	19	2,0	1,0	38 700	23 100	7000	8500	0,404
46 210	50	90	20	2,0	1,0	40 600	24 900	6300	8000	0,46
46 211	55	100	21	2,5	1,2	50 300	31 500	6300	8000	0,599
46 212	60	110	22	2,5	1,2	60 800	38 800	5600	7500	0,939
46 213	65	120	23	2,5	1,2	69 400	45 900	5300	7000	1,00
46 215	75	130	25	2,5	1,2	78 400	53 800	5000	6300	1,28
46 216	80	140	26	3,0	1,5	87 900	60 000	4300	5600	1,68
46 217	85	150	28	3,0	1,5	94 400	65 100	4000	5300	1,82
Средняя узкая серия $\alpha = 26°$										
46 303	17	47	14	1,5	0,5	16 100	8000	13 000	18 000	0,11
46 304	20	52	15	2,0	1,0	17 800	9000	12 000	16 000	0,17
46 305	25	62	17	2,0	1,0	26 900	14 600	9000	12 000	0,23
46 306	30	72	19	2,0	1,0	32 600	18 300	8000	10 000	0,402
46 307	35	80	21	2,5	1,2	42 600	24 700	7000	9500	0,542
46 308	40	90	23	2,5	1,2	50 800	30 100	6300	8500	0,747
46 309	45	100	25	2,5	1,2	61 400	37 000	5600	7500	0,868
46 310	50	110	27	3,0	1,5	71 800	44 000	5000	6700	1,32
46 312	60	130	31	3,5	2,0	100 000	65 300	4300	5600	1,71
46 313	65	140	33	3,5	2,0	113 000	75 000	4000	5000	2,65
46 314	70	150	35	3,5	2,0	127 000	85 300	3600	4800	3,3
46 316	80	170	39	3,5	2,0	136 000	99 000	3200	4300	4,62

Примечание. Номинальные размеры $T = B$.

Расчетные величины и формулы для подшипников с $\alpha = 12°$:

$P_r = VF_r K_б K_т$ при $F_a/(VF_r) \leqslant e$;

$P_r = (0{,}45VF_r + YF_a) K_б K_т$ при $F_a/(VF_r) > e$;

$e = 0{,}618 (F_a/C_{0r})^{0{,}163}$;

$Y = 0{,}55/e$;

$P_{0r} = 0{,}5F_r + 0{,}47F_a$, но не менее F_r.

Расчетные величины и формулы для подшипников с $\alpha = 26°$:

$P_r = VF_r K_б K_т$ при $F_a/(VF_r) \leqslant e = 0{,}68$;

$P_r = (0{,}41VF_r + 0{,}87F_a) K_б K_т$ при $F_a = (VF_r) > e$;

$P_{0r} = 0{,}5F_r + 0{,}37F_a$, но не менее F_r.

F_a/C_{0r}	e	Y
0,014	0,30	1,81
0,029	0,34	1,62
0,057	0,37	1,46
0,086	0,41	1,34
0,11	0,45	1,22
0,17	0,48	1,13
0,29	0,52	1,04
0,43	0,54	1,01
0,57	0,56	0,98

Для сдвоенных однорядных подшипников, установленных узкими или широкими торцами наружных колец друг к другу:

$P_r = (XVF_r + YF_a) K_б K_т$.

При $F_a/(VF_r) \leqslant e$ $X = 1$; $Y = 0{,}92$.

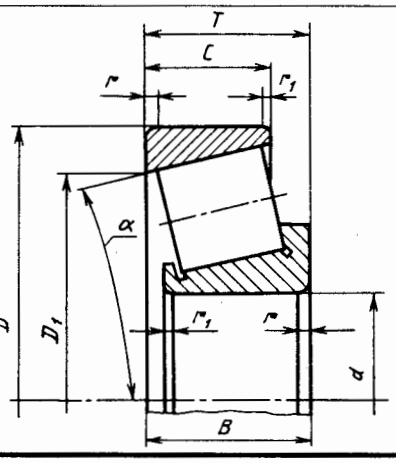
При $F_a/(VF_r) > e$ $X = 0{,}67$; $Y = 1{,}44$.

$P_{0r} = F_r + Y_0 F_a$, $Y_0 = 0{,}94$ при $\alpha = 12°$; $Y_0 = 0{,}74$ при $\alpha = 26°$, $Y_0 = 0{,}56$ при $\alpha = 36°$.

ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОДНОРЯДНЫЕ

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм							C_r	C_{0r}	e	Y	Y_0	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	T	B	c	r	r_1	Н					пластичном	жидком	
Легкая узкая серия $\alpha = 12...18°$															
7204	20	47	15,25	14	12	1,5	0,5	21 000	13 000	0,36	1,67	0,92	8000	11 000	0,12
7205	25	52	16,25	15	13	1,5	0,5	24 000	17 500	0,36	1,67	0,92	7500	10 000	0,15
7206	30	62	17,25	16	14	1,5	0,5	31 000	22 000	0,36	1,64	0,90	6300	8500	0,23
7207	35	72	18,25	17	15	2,0	0,8	38 500	26 000	0,37	1,62	0,89	5300	7000	0,33
7208	40	80	19,75	20	16	2,0	0,8	46 500	32 500	0,38	1,56	0,86	4800	6300	0,45
7209	45	85	20,75	19	16	2,0	0,8	50 000	33 000	0,41	1,45	0,80	4500	6000	0,48
7210	50	90	21,75	21	17	2,0	0,8	56 000	40 000	0,37	1,60	0,88	4300	5600	0,54
7211	55	100	22,75	21	18	2,5	0,8	65 000	46 000	0,41	1,46	0,80	3800	5000	0,71
7212	60	110	23,75	23	19	2,5	0,8	78 000	58 000	0,35	1,71	0,94	3400	4500	0,89
7214	70	125	26,25	26	21	2,5	0,8	96 000	82 000	0,37	1,62	0,89	3000	4000	1,33
7215	75	130	27,25	26	22	2,5	0,8	107 000	84 000	0,39	1,55	0,85	2800	3800	1,42
Легкая узкая серия $\alpha = 12...17°$															
7204A	20	47	15,25	14	12	1,5	0,5	26 000	16 600	0,35	1,7	0,9	8000	11 000	0,13
7205A	25	52	16,25	15	13	1,5	0,5	29 200	21 000	0,37	1,6	0,9	7500	10 000	0,156
7206A	30	62	17,25	16	14	1,5	0,5	38 000	25 500	0,37	1,6	0,9	6300	8500	0,232
7207A	35	72	18,25	17	15	2,0	0,8	48 400	32 500	0,37	1,6	0,9	5300	7000	0,326
7208A	40	80	19,75	18	16	2,0	0,8	58 300	40 000	0,37	1,6	0,9	4800	6300	0,426
7209A	45	85	20,75	19	16	2,0	0,8	62 700	50 000	0,40	1,5	0,8	4500	6000	0,482
7210A	50	90	21,75	20	17	2,0	0,8	70 400	55 000	0,43	1,4	0,8	4300	5600	0,543
7212A	60	110	23,75	22	19	2,5	0,8	91 300	70 000	0,4	1,5	0,8	3400	4500	0,919
7214A	70	125	26,25	24	21	2,5	0,8	119 000	89 000	0,43	1,4	0,8	3000	4000	1,250
7215A	75	130	27,25	25	22	2,5	0,8	130 000	100 000	0,43	1,4	0,8	2800	3800	1,390
7216A	80	140	28,25	26	22	3,0	1,0	140 000	114 000	0,43	1,4	0,8	2400	3400	1,620
Легкая широкая серия $\alpha = 12..16°$															
7506	30	62	21,25	20,5	17	1,5	0,5	36 000	27 000	0,36	1,64	0,9	6300	8500	0,29
7507	35	72	24,25	23	20	2,0	0,8	53 000	40 000	0,35	1,73	0,95	5300	7000	0,45
7508	40	80	24,75	23,5	20	2,0	0,8	56 000	44 000	0,38	1,57	0,87	4800	6300	0,58
7509	45	85	24,75	23,5	20	2,0	0,8	60 000	46 000	0,42	1,44	0,79	4500	6000	0,62
7510	50	90	24,75	23,5	20	2,0	0,8	62 000	54 000	0,42	1,43	0,78	4300	5600	0,64
7511	55	100	26,75	25	21	2,5	0,8	80 000	61 000	0,36	1,67	0,92	3800	5000	0,82
7512	60	110	29,75	28	24	2,5	0,8	94 000	75 000	0,39	1,53	0,84	3400	4500	1,19
7513	65	120	32,75	31	27	2,5	0,8	119 000	98 000	0,37	1,62	0,89	3000	4000	1,57
7514	70	125	33,25	31	27	2,5	0,8	125 000	101 000	0,39	1,55	0,85	2800	3800	1,60
7515	75	130	33,25	31	27	2,5	0,8	130 000	108 000	0,41	1,48	0,81	2600	3600	1,76
Легкая широкая серия $\alpha = 12...17°$															
7506A	30	62	21,25	20	17	1,5	0,5	47 300	37 000	0,37	1,6	0,9	6300	8500	0,30
7509A	45	85	24,75	23	19	2,0	0,8	74 800	60 000	0,40	1,5	0,8	4500	6000	0,59
7510A	50	90	24,75	23	19	2,0	0,8	76 500	64 000	0,43	1,4	0,8	4300	5600	0,63
7511A	55	100	26,75	25	21	2,5	0,8	99 000	80 000	0,40	1,5	0,8	3800	5000	0,86
7512A	60	110	29,75	28	24	2,5	0,8	120 000	100 000	0,40	1,5	0,8	3400	4500	1,18
7513A	65	120	32,75	31	27	2,5	0,8	142 000	120 000	0,40	1,5	0,8	3000	4000	1,57
7515A	75	130	33,25	31	27	2,5	0,8	157 000	130 000	0,43	1,4	0,8	2600	3600	1,72
7516A	80	140	35,25	33	28	3,0	1,0	176 000	155 000	0,43	1,4	0,8	2400	3400	2,14

Примечание. Буквой А отмечены подшипники повышенной грузоподъемности.



Расчетные величины и формулы:

$P_r = VF_rK_бK_т$ при $F_a/(VF_r) \leqslant e$;

$P_r = (0{,}4VF_r + YF_a)K_бK_т$ при $F_a/(VF_r) > e$;

$P_{0r} = 0{,}5F_r + Y_0F_a$, но не менее F_r.

Для сдвоенных однорядных подшипников, установленных узкими или широкими торцами наружных колец друг к другу:

$P_r = (XVF_r + YF_a)K_бK_т$. При $F_a/(VF_r) \leqslant e$ $X = 1$; $Y = 0{,}45\,\mathrm{ctg}\,\alpha$. При $F_a/(VF_r) > e$ $X = 0{,}67$; $Y = 0{,}67\,\mathrm{ctg}\,\alpha$; $e = 1{,}5\,\mathrm{tg}\alpha$; $\alpha = \mathrm{arctg}\dfrac{e}{1{,}5}$; $P_{0r} = F_r + Y_0F_a$; $Y_0 = 0{,}44\,\mathrm{ctg}\alpha$

Основные размеры и характеристики подшипников	Лист 361

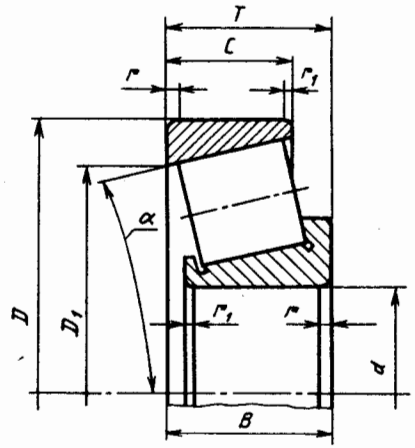
ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОДНОРЯДНЫЕ (продолжение)

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм							C_r, Н	C_{0r}, Н	e	Y	Y_0	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	T	B	c	r	r_1						пластичном	жидком	
Средняя узкая серия $\alpha = 10...14°$															
7304	20	52	16,25	16	13	2,0	0,8	26000	17000	0,30	2,03	1,11	8000	11000	0,17
7305	25	62	18,25	17	15	2,0	0,8	33000	23200	0,36	1,67	0,92	6700	9000	0,25
7306	30	72	20,75	19	17	2,0	0,8	43000	29500	0,34	1,78	0,98	5600	7500	0,46
7307	35	80	22,75	21	18	2,5	0,8	54000	38000	0,32	1,38	1,03	5000	6700	0,50
7308	40	90	25,25	23	20	2,5	0,8	66000	47500	0,28	2,16	1,18	4500	6000	0,70
7309	45	100	27,25	26	22	2,5	0,8	83000	60000	0,28	2,16	1,19	4000	5300	1,01
7310	50	110	29,25	29	23	3,0	1,0	100000	75500	0,31	1,94	1,06	3600	4800	1,33
7311	55	120	31,50	29	25	3,0	1,0	107000	81500	0,33	1,80	0,99	3200	4300	1,64
7312	60	130	33,50	31	27	3,5	1,2	128000	96500	0,30	1,97	1,08	3000	4000	2,00
7313	65	140	36,00	33	28	3,5	1,2	146000	112000	0,30	1,97	1,08	2600	3600	2,54
7314	70	150	38,0	37	30	3,5	1,2	170000	137000	0,31	1,94	1,06	2400	3400	3,09
Средняя узкая серия $\alpha = 10...13°$															
7304A	20	52	16,25	15	13	2,0	0,8	31900	20000	0,30	2,0	1,1	8000	11000	0,17
7305A	25	62	18,25	17	15	2,0	0,8	41800	28000	0,30	2,0	1,1	6700	9000	0,27
7306A	30	72	20,75	19	16	2,0	0,8	52800	39000	0,31	1,9	1,1	5600	7500	0,40
7307A	35	80	22,75	21	18	2,5	0,8	68200	50000	0,31	1,9	1,1	5000	6700	0,55
7310A	50	110	29,25	27	23	3,0	1,0	117000	90000	0,35	1,7	0,9	3600	4800	1,28
7311A	55	120	31,50	29	25	3,0	1,0	134000	110000	0,35	1,7	0,9	3200	4300	1,62
7312A	60	130	33,50	31	26	3,5	1,2	161000	120000	0,35	1,7	0,9	3000	4000	2,03
7313A	65	140	36,00	33	28	3,5	1,2	183000	150000	0,35	1,7	0,9	2600	3600	2,48
7314A	70	150	38,00	35	30	3,5	1,2	209000	170000	0,35	1,7	0,9	2400	3400	3,02

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм							C_r, Н	C_{0r}, Н	e	Y	Y_0	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале		Масса, кг
	d	D	T	B	c	r	r_1						пластичном	жидком	
Средняя широкая серия $\alpha = 11...15°$															
7604	20	52	22,25	21,0	18,5	2,0	0,8	31500	22000	0,30	2,01	1,11	7500	10000	0,24
7605	25	62	25,25	24,0	21,0	2,0	0,8	47500	36600	0,27	2,19	1,20	6000	8000	0,37
7606	30	72	28,75	29,0	23,0	2,0	0,8	63000	51000	0,32	1,88	1,03	5300	7000	0,57
7607	35	80	32,75	31,0	27,0	2,5	0,8	76000	61500	0,30	2,03	1,11	4800	6300	0,80
7608	40	90	35,25	33,0	28,5	2,5	0,8	90000	67500	0,30	2,03	1,11	4000	5300	1,04
7609	45	100	38,25	36,0	31,0	2,5	0,8	114000	90500	0,29	2,06	1,13	3600	4800	1,34
7611	55	120	45,50	44,5	36,5	3,0	1,0	160000	140000	0,32	1,85	1,02	3000	4000	2,43
7612	60	130	48,50	47,5	39,0	3,5	1,2	186000	157000	0,30	1,97	1,08	2600	3600	2,99
7613	65	140	51,00	48,0	41,0	3,5	1,2	210000	168000	0,33	1,83	1,01	2400	3400	3,63
7614	70	150	54,00	51,0	43,0	3,5	1,2	240000	186000	0,35	1,71	0,94	2200	3200	4,44
Средняя широкая серия $\alpha = 10...13°$															
7605A	25	62	25,25	24	20	2,0	0,8	56100	44000	0,3	2,0	1,1	6000	8000	0,38
7606A	30	72	28,75	27	23	2,0	0,8	72100	55000	0,31	1,9	1,1	5300	7000	0,56
7607A	35	80	32,75	31	25	2,5	0,8	88000	73000	0,31	1,9	1,1	4800	6300	0,76
7608A	40	90	35,25	33	27	2,5	0,8	110000	85000	0,35	1,7	0,9	4000	5300	1,07
7609A	45	100	38,25	36	30	2,5	0,8	132000	113000	0,35	1,7	0,9	3600	4800	1,41
7610A	50	110	42,25	40	33	3,0	1,0	161000	135000	0,35	1,7	0,9	3200	4300	1,91
7611A	55	120	45,50	43	35	3,0	1,0	187000	153000	0,35	1,7	0,9	3000	4000	2,42
7612A	60	130	48,50	46	37	3,5	1,2	216000	178000	0,35	1,7	0,9	2600	3600	2,98
7613A	65	140	51,00	48	39	3,5	1,2	246000	220000	0,35	1,7	0,9	2400	3400	3,64
7614A	70	150	54,00	51	42	3,5	1,2	279000	232000	0,35	1,7	0,9	2200	3200	4,33

ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОДНОРЯДНЫЕ С БОЛЬШИМ УГЛОМ КОНУСА

Условное обозначение подшипника	Размеры, мм							C_r	C_{0r}	e	Y	Y_0	$n_{пред}$, мин$^{-1}$, при смазочном материале	
	d	D	T	B	c	r	r_1	Н					пластичном	жидком
Средняя узкая серия $\alpha = 20...30°$														
27306	30	72	20,75	19	14	2,0	0,8	35 000	20 600	0,72	0,83	0,46	5000	6300
27307	35	80	22,75	21	15	2,5	0,8	45 000	29 000	0,79	0,76	0,42	4500	5600
27308	40	90	25,25	23	17	2,5	0,8	56 000	37 000	0,79	0,75	0,42	4000	5000
27308А	40	90	25,25	23	17	2,5	0,8	69 300	54 000	0,83	0,72	0,40	4000	5000
27310	50	110	29,25	27	19	3,0	1,0	80 000	53 000	0,80	0,75	0,41	3200	4300
27310А	50	110	29,25	27	19	3,0	1,0	99 000	72 500	0,83	0,72	0,40	3200	4300
27311	55	120	31,50	29	21	3,0	1,0	92 000	58 000	0,81	0,79	0,50	2800	3800
27312	60	130	33,50	31	22	3,5	1,2	105 000	61 000	0,7	0,86	0,47	2600	3600
27313	65	140	36,00	33	23	3,5	1,2	120 000	70 000	0,75	0,80	0,44	2200	3200
27315	75	160	40,00	37	26	3,5	1,2	150 000	93 500	0,83	0,73	0,40	1800	2600



Основные размеры и характеристики подшипников

Лист 362

Крепление с упором в заплечики валов

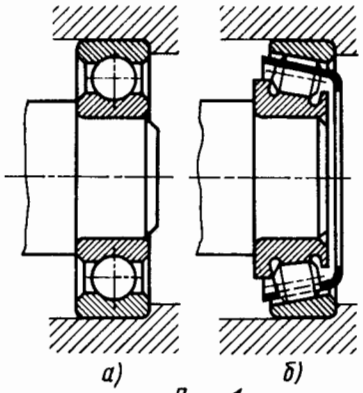


Рис. 1

Крепление упорной гайкой с стопорной шайбой

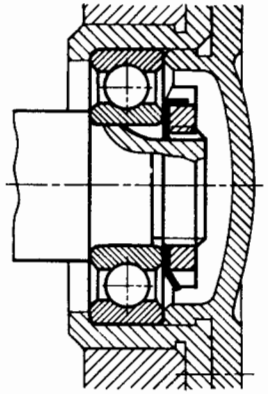


Рис. 2

Крепление плоским пружинным стопорным кольцом

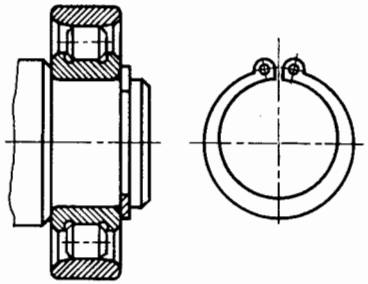


Рис. 3

Крепление концевой шайбой

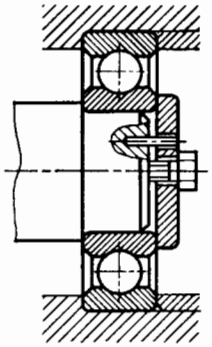


Рис. 4

Крепление торцовой шайбой с прорезной гайкой и шплинтом

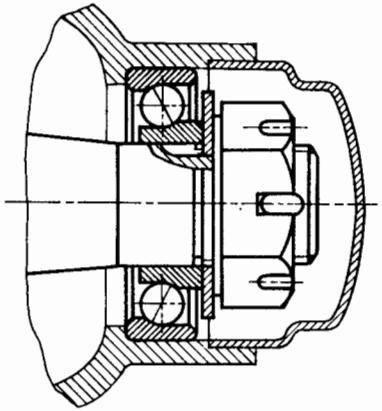


Рис. 5

Крепление на гладком валу двумя плоскими пружинными стопорными кольцами

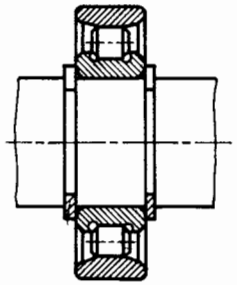


Рис. 6

Крепление на закрепительной втулке

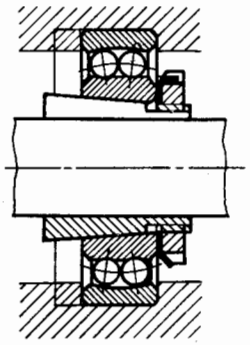


Рис. 7

Крепление с упором в кольцо при недостаточной высоте заплечика

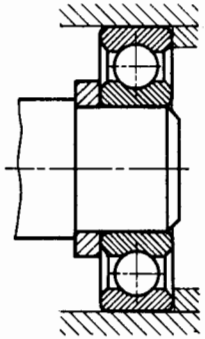


Рис. 8

Крепление упорной гайкой на коническом участке вала

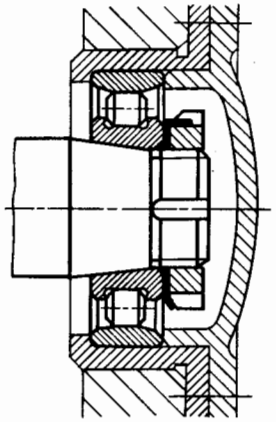


Рис. 9

Крепление упорным кольцом на посадке с натягом

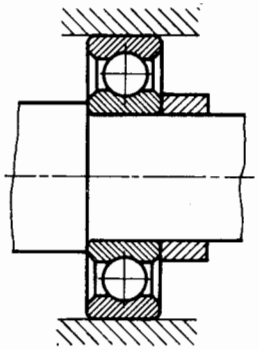


Рис. 10

Крепление на буксовых втулках

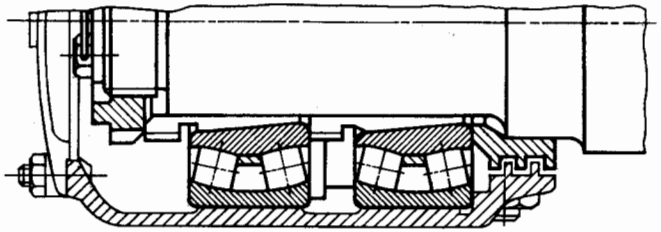


Рис. 11

Способы крепления внутренних колец подшипников	Лист 363

Крепление фасонной гайкой

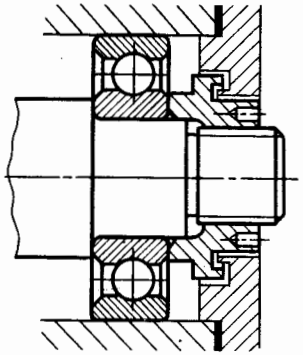


Рис. 1

Крепление фасонной торцовой шайбой

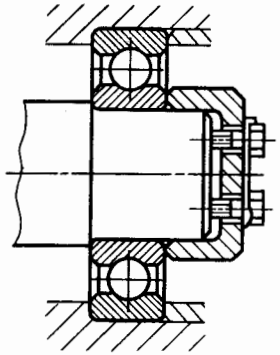


Рис. 2

Крепление проволочным кольцом и двумя фасонными шайбами

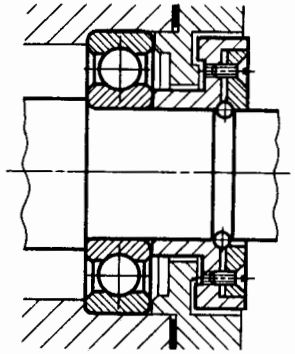


Рис.3

Крепление двумя гайками с стопорной шайбой

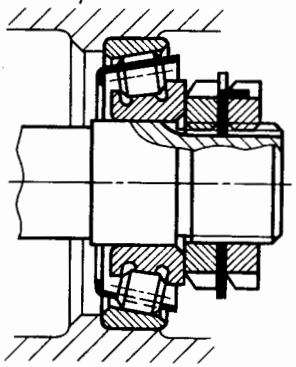


Рис. 4

Крепление плоской торцовой шайбой с двумя болтами (для крупных валов)

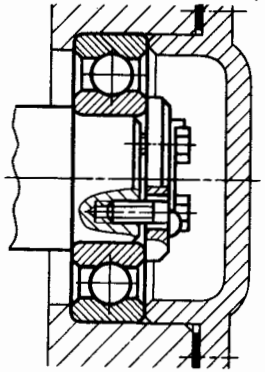


Рис.5

Крепление подшипника опоры вала прокатного стана

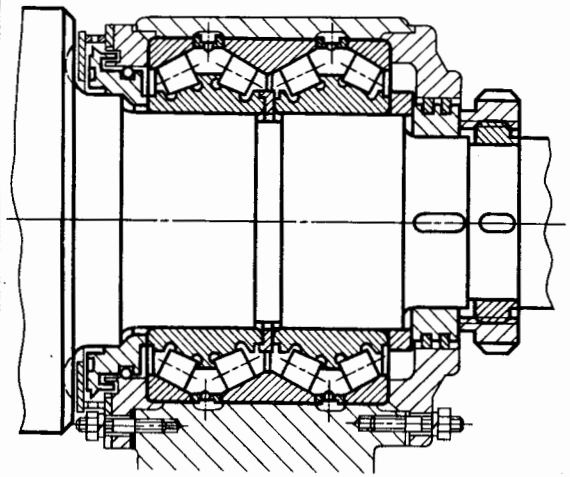


Рис. 6

Крепление подшипников в железнодорожных буксах

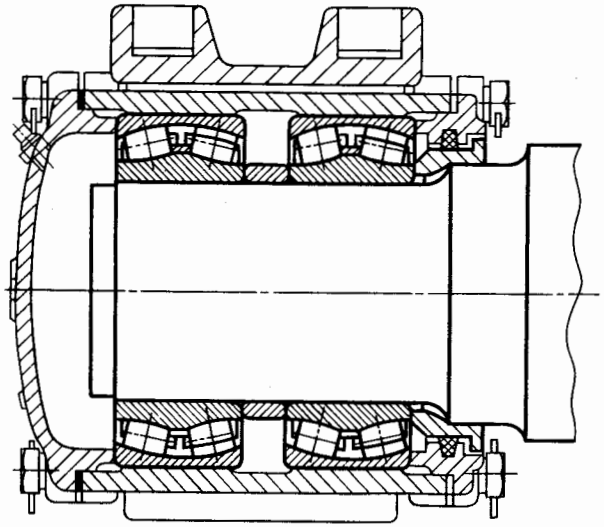


Рис. 7

Крепление упорной разрезной гайкой с затяжным винтом

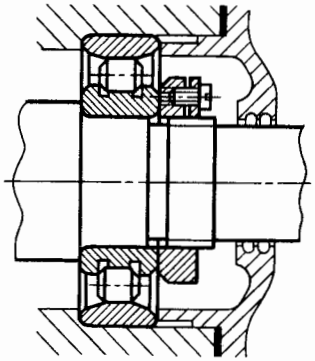


Рис. 8

Крепление гайкой со стопорящим винтом

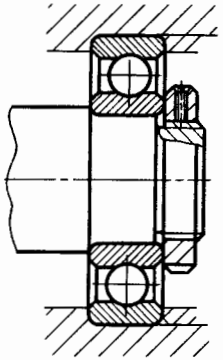


Рис.9

Способы крепления внутренних колец подшипников	Лист 364

Крепление торцовыми шайбами

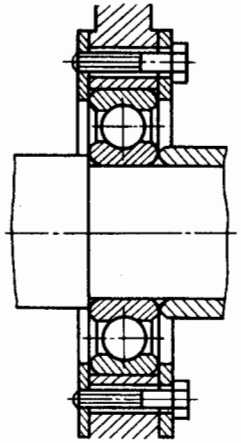


Рис. 1

Крепление болтами с шайбами

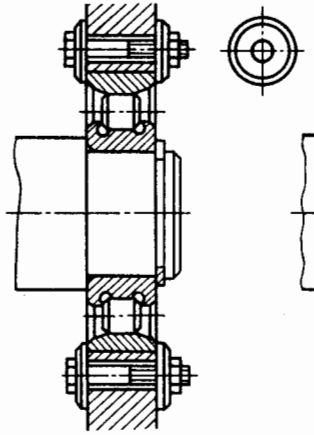


Рис. 2

Крепление пластинами с отгибающимися усиками

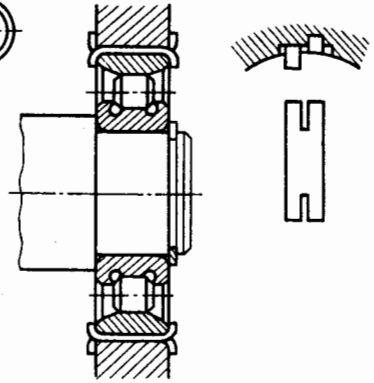


Рис. 3

Крепление специальной крышкой с резьбой

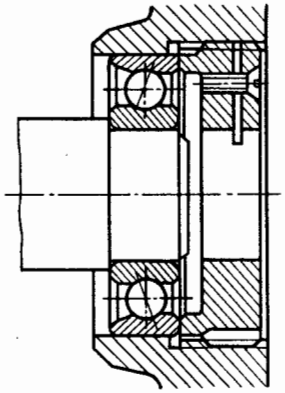


Рис. 4

Крепление прижимной упорной крышкой и шайбой

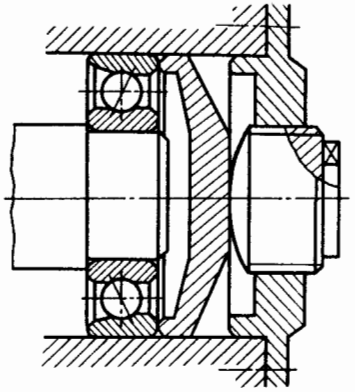


Рис. 5

Специальное крепление *

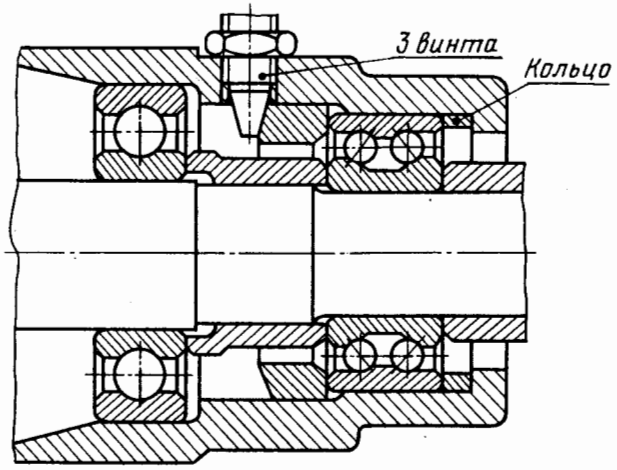


Рис. 6

* Кольцо фиксирует вал и воспринимает осевую нагрузку, винты только фиксируют вал.

Крепление упорным кольцом и стаканом-крышкой

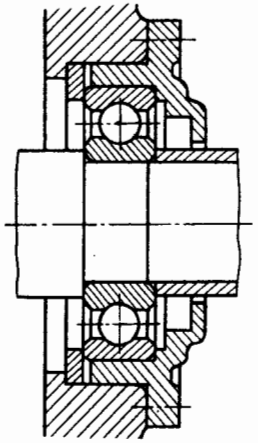


Рис. 7

Крепление кольцом и болтом разъемного корпуса

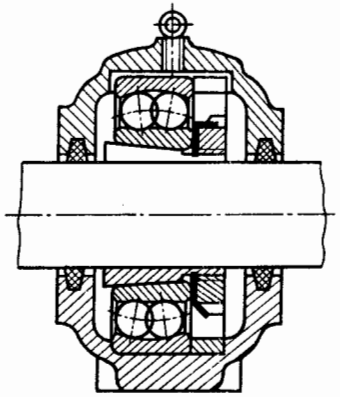


Рис. 8

Крепление бортами врезных крышек

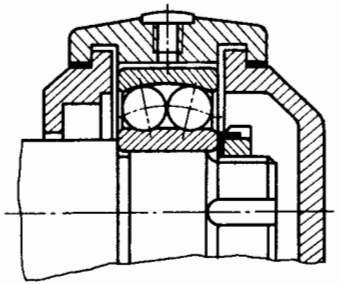


Рис. 9

Способы крепления наружных колец подшипников	Лист 366

Крепление выступом крышки

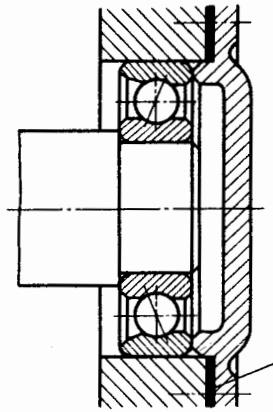


Рис. 1

Крепление крышкой-стаканом

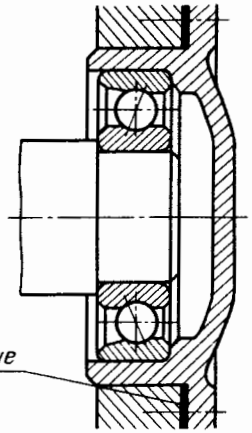


Рис. 2

Регулировочные прокладки

Крепление в специальной втулке с бортом

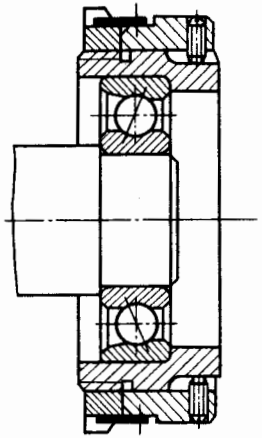


Рис. 3

Крепления заплечиком в корпусе и крышкой

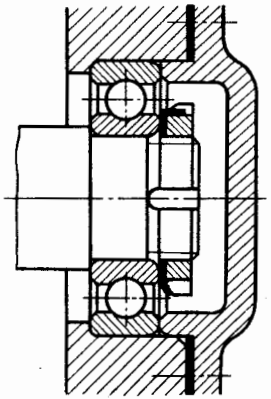


Рис. 4

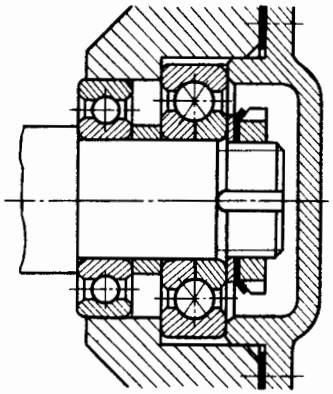


Рис. 5

Крепление упорным бортом стакана и крышкой

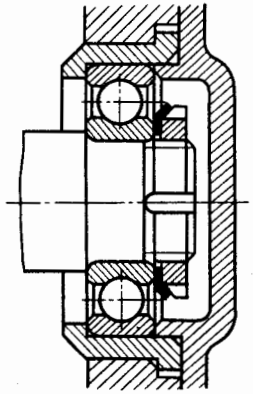


Рис. 6

Крепление разрезным пружинным кольцом подшипников со стопорной канавкой на наружном кольце

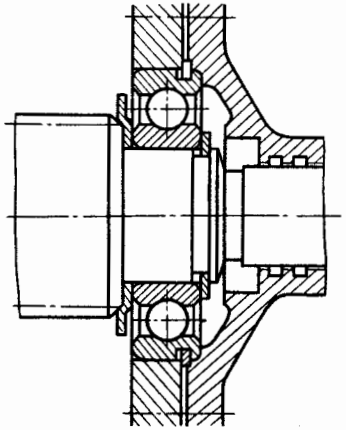


Рис. 7

Крепление двумя стопорными кольцами

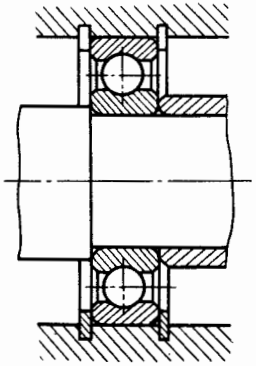


Рис. 8

Крепление тонкостенной врезной штампованной крышкой

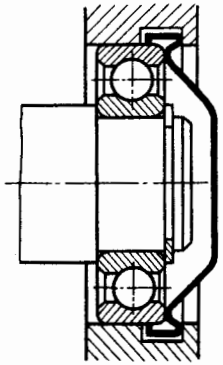


Рис. 9

Крепление упорным бортом подшипника

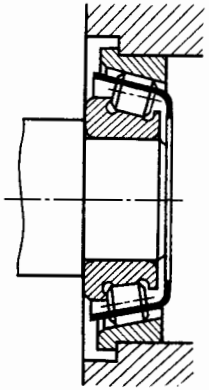
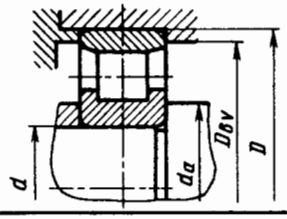


Рис. 10

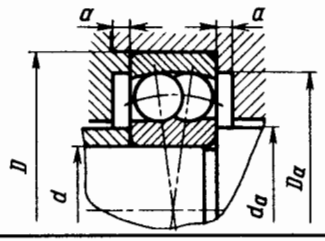
Способы крепления наружных колец подшипников	Лист 365

Размеры заплечиков для установки подшипников (выдержки из ГОСТ 20226–82)

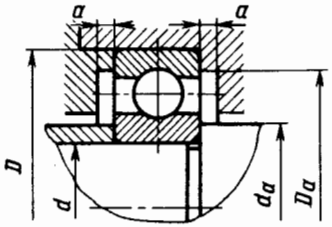
Подшипники по ГОСТ 8328–75



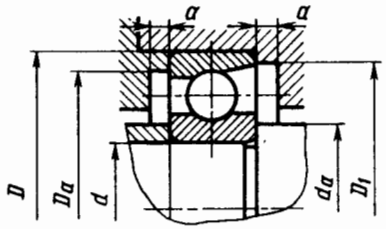
Подшипники по ГОСТ 5720–75



Подшипники по ГОСТ 8338–75



Подшипники по ГОСТ 831–75



Заплечики для подшипников по ГОСТ 8328–75, ГОСТ 5720–75, ГОСТ 8338–75 и ГОСТ 831–75

мм

d	D	d_a наим.	d_a наиб.	D_a наиб.	D_a наим.	D_1	D_{bv} наим.	a наим.
Легкая узкая и легкая широкая серии								
12	32	16,0	17,0	28,0	—	30	—	2,0
15	35	19,0	20,0	31,0	—	33	—	
17	40	21,0	22,0	36,0	—	38	36	
20	47	25,0	26,0	42,0	—	43	42	
25	52	30,0	30,5	47,0	—	48	47	
30	62	35,0	37,0	57,0	—	58	56	
35	72	42,0	42,0	65,0	—	67	64	
40	80	47,0	48,0	73,0	—	75	72	
45	85	52,0	53,0	78,0	—	80	77	
50	90	57,0	58,0	83,0	—	85	83	
55	100	62,0	65,0	91,0	—	95	91	3,0
60	110	67,0	71,0	101,0	—	105	101	
65	120	72,0	77,0	111,0	—	115	110	
70	125	77,0	82,0	116,0	—	120	115	
75	130	82,0	85,0	121,0	—	125	120	
80	140	90,0	92,0	130,0	—	134	129	
85	150	95,0	99,0	140,0	—	144	138	
90	160	100,0	105,0	150,0	—	154	147	
95	170	107,0	111,0	158,0	155	163	155	
100	180	112,0	117,0	168,0	162	173	165	
105	190	117,0	122,0	178,0	175	—	175	
Средняя узкая и средняя широкая серии								
10	35	14,0	15,0	30,8	—	—	—	1,8
12	37	17,0	17,0	32,0	—	—	—	2,0
15	42	20,0	20,5	36,0	—	—	—	
17	47	23,0	23,0	41,2	40	43	—	
25	62	31,0	33,0	55,0	—	56	55	2,0
30	72	36,0	39,0	65,0	—	67	64	
35	80	42,0	44,0	71,0	—	74	72	
40	90	47,0	51,0	81,0	80	84	82	
45	100	52,0	56,0	91,0	89	94	90	
50	110	60,0	63,0	100,0	98	104	99	
55	120	65,0	67,0	110,0	109	114	108	3,0
60	130	72,0	75,0	118,0	116	123	117	
65	140	76,0	78,0	128,0	125	133	126	
70	150	81,0	85,0	138,0	136	143	135	
75	160	86,0	93,0	148,0	144	153	145	
80	170	91,0	99,0	158,0	155	163	153	
85	180	98,0	103,0	166,0	163	173	162	
90	190	103,0	111,0	176,0	172	183	172	
95	200	109,0	119,0	186,0	180	193	178	
100	215	113,0	125,0	201,0	195	208	190	
Тяжелая узкая серия								
17	62	24	—	53	—	—	—	2,0
25	80	34	36,0	70	66	—	65	
30	90	39	41,0	80	77	—	76	
35	100	44	52,0	90	86	—	86	
40	110	50	55,0	97	95	—	95	
45	120	55	62,7	107	104	—	103	
50	130	63	68,0	116	114	—	114	
55	140	68	71,0	126	122	—	120	3,0
60	150	73	77,0	136	131	—	130	
65	160	78	83,0	146	141	—	139	
70	180	85	93,0	164	157	—	156	

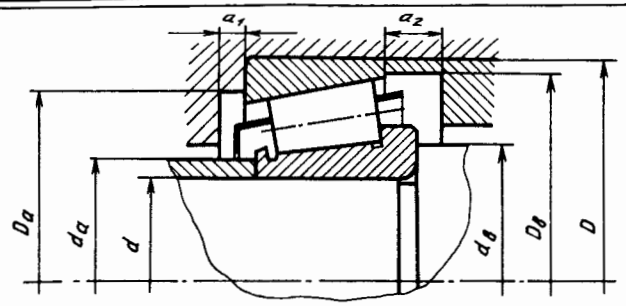
Заплечики для подшипников по ГОСТ 8338–75 и ГОСТ 831–75

мм

d	D	d_a наим.	d_a наиб.	D_a наиб.	D_a наим.	D_1	a наим.
Особолегкая узкая серия							
12	28	14	15,5	26	25	—	2,0
15	32	17	18,5	30	28	—	
17	35	19	21,0	33	31	—	
25	47	27	31,5	43	42	—	
30	55	32	37,0	53	50	—	
35	62	37	43,0	60	56	—	
40	68	42	47,0	66	62	—	
45	75	49	54,0	71	66	—	
50	80	54	59,0	76	72	—	
55	90	59	65,0	86	80	—	3,0
60	95	64	70,0	91	85	—	
65	100	69	75,0	96	90	—	
70	110	74	82,0	106	101	—	
Особолегкая нормальная серия							
10	26	12,0	12,5	24	23	24,4	1,8
12	28	14,0	14,5	26	25	26,4	2,0
15	32	17,0	18,0	30	29	30,4	
17	35	19,0	20,0	33	30	33,4	
20	42	24,0	24,5	38	—	40,0	
25	47	28,0	29,0	43	—	45,0	
30	55	34,0	35,0	50	—	53,0	
35	68	44,0	46,0	63	—	66,0	

Заплечики для установки подшипников качения

Лист 367



ПОДШИПНИКИ РОЛИКОВЫЕ КОНИЧЕСКИЕ ОДНОРЯДНЫЕ (С БОЛЬШИМ УГЛОМ КОНУСА)

d	D	d_a, наиб.	d_b		D_a		D_b, наим.	a_1	a_1^*, наим.	a_2, наим.
			наим.	наиб.	наиб.	наим.				
Легкая узкая серия										
20	47	26	26	30	41	39	43,0	3	2	3,0
25	52	31	31	35	46	43	48,0	3	2	3,0
30	62	37	36	41	55	52	56,0	3	2	3,0
35	72	43	42	48	65	61	67,0	4	3	3,0
40	80	48	47	55	72	68	75,5	4	5	3,5
45	85	53	52	61	78	73	80,0	4	3	4,5
50	90	58	57	65	82	78	86,5	4	3	4,5
55	100	63	64	72	90	87	94,0	5	4	4,5
60	110	69	69	79	100	95	105,5	5	4	4,5
65	120	75	74	86	110	105	113,0	6	4	4,5
70	125	80	79	90	115	108	118,0	6	4	5,0
75	130	85	84	96	120	113	124,0	6	4	5,0
80	140	90	90	105	130	122	132,0	6	4	6,0
Легкая широкая серия										
30	62	37	36	41	55	52	58,5	3	2	4,0
35	72	43	42	48	65	61	68,5	4	3	5,0
40	80	48	47	55	72	68	75,0	4	3	5,5
45	85	53	52	61	78	73	81,5	4	3	5,5
50	90	58	57	65	82	78	85,0	4	3	5,5
55	100	63	64	72	90	87	95,0	5	4	5,5
60	110	69	69	79	100	95	104,0	5	4	5,5
65	120	75	74	86	110	105	115,0	6	4	5,5
70	125	80	79	90	115	108	119,0	6	4	6,0
75	130	85	84	96	120	113	125,0	6	4	6,0
80	140	90	90	105	130	122	134,0	6	4	7,0
Средняя узкая серия										
20	52	27	27	33	45	43	47	3	2	3,0
25	62	33	32	41	55	53	57	3	2	3,0
30	72	38	37	47	65	61	66	3	2	4,5
35	80	43	44	53	71	68	74	5	3	4,5
40	90	50	40	60	80	76	82	5	3	5,0
45	100	56	54	68	90	85	92	5	3	5,0
50	110	62	60	74	100	94	102	5	3	6,0
55	120	67	65	81	110	103	111	5	4	6,5
60	130	73	72	90	118	112	120	5	4	7,5
65	140	80	77	96	128	121	130	6	4	8,0
70	150	85	82	100	138	129	140	6	4	8,0
Средняя широкая серия										
20	52	27	27	33	45	43	47	3	2	4,0
25	62	33	32	41	55	53	57	3	2	5,0
30	72	38	37	47	65	61	66	5	2	5,5
35	80	43	44	53	71	68	74	5	3	7,5
40	90	50	49	60	80	76	82	5	3	8,0
45	100	56	54	68	90	85	93	5	3	3,0
50	110	62	60	74	100	94	102	5	3	9,0
55	120	67	65	81	110	103	111	5	4	10,5
60	130	73	72	90	118	112	120	6	4	11,5
65	140	80	77	96	128	121	130	6	4	12,0
70	150	85	82	100	138	129	140	7	4	12,0
Средняя узкая серия										
30	72	39	37	47	65	55	68,0	3	2	6,5
35	80	44	44	53	71	61	76,0	5	3	7,5
40	90	50	49	60	80	70	86,0	5	3	8,0
50	110	61	60	74	100	85	104,0	5	3	10,0
55	120	67	65	81	110	92	113,0	5	4	10,5
60	130	72	72	90	118	103	123,0	5	4	11,5
65	140	78	77	96	128	109	132,0	6	4	13,0
75	160	91	87	108	148	138	152,0	6	4	14,0

* Для подшипников с повышенной динамической грузоподъемностью.

Заплечики для установки подшипников качения

Лист 368

Ведущий вал редуктора с шевронными зубчатыми колесами

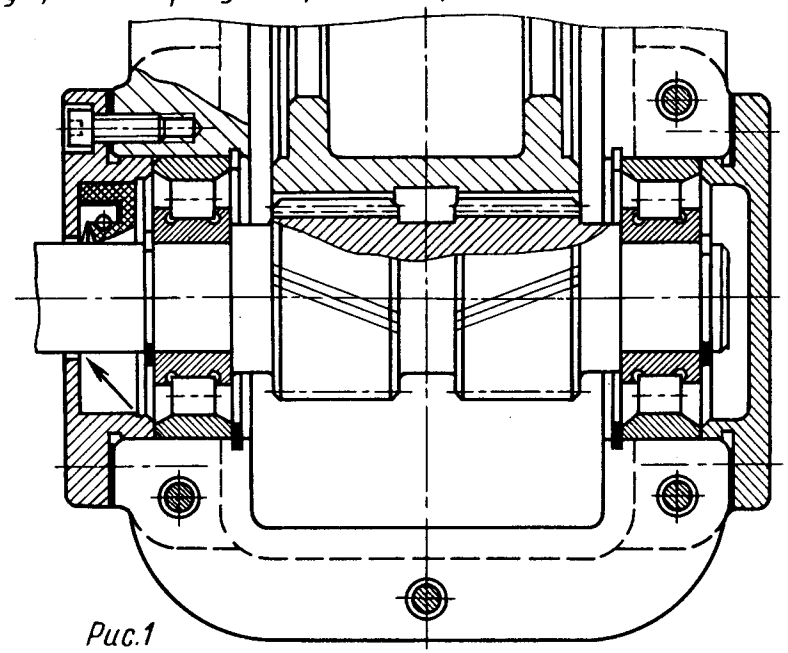


Рис.1

Опоры вала электродвигателя

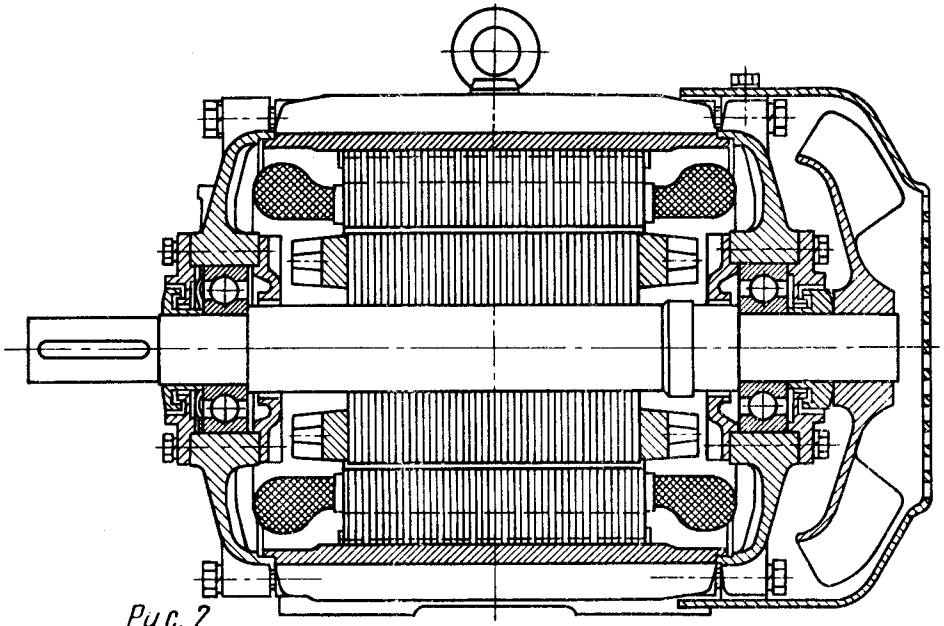


Рис. 2

Промежуточный вал двухступенчатого редуктора

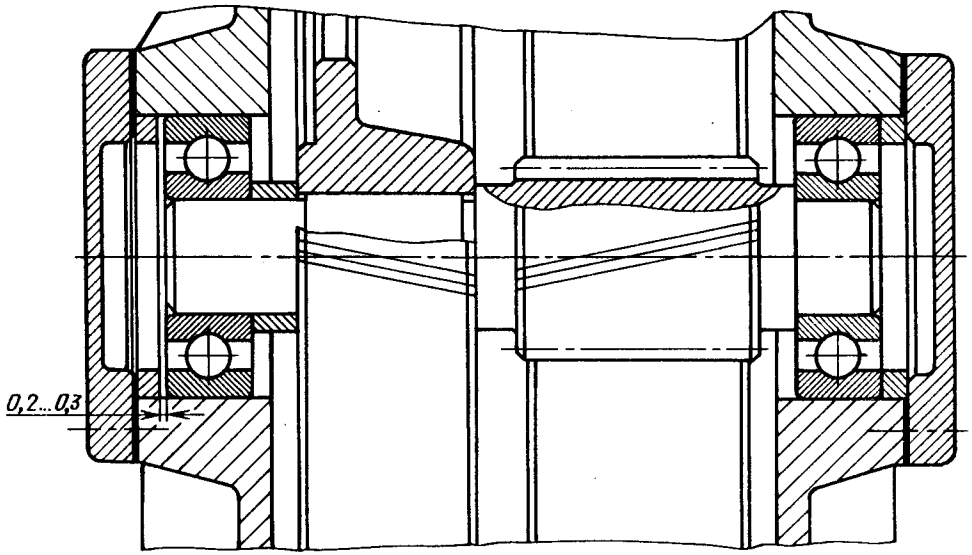


Рис.3

Промежуточный вал-блок шестерен коробки передач автомобиля

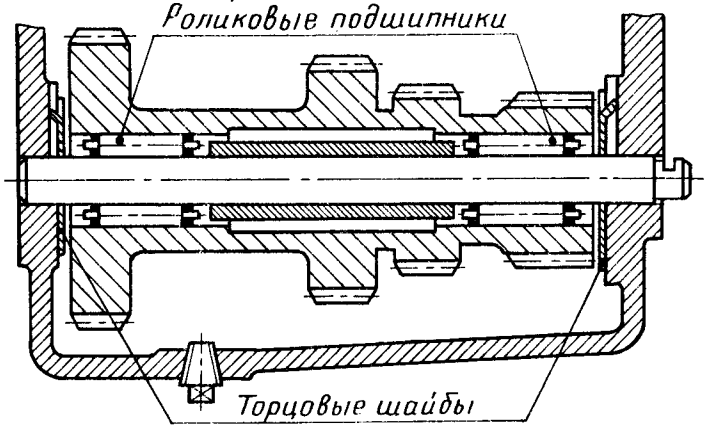
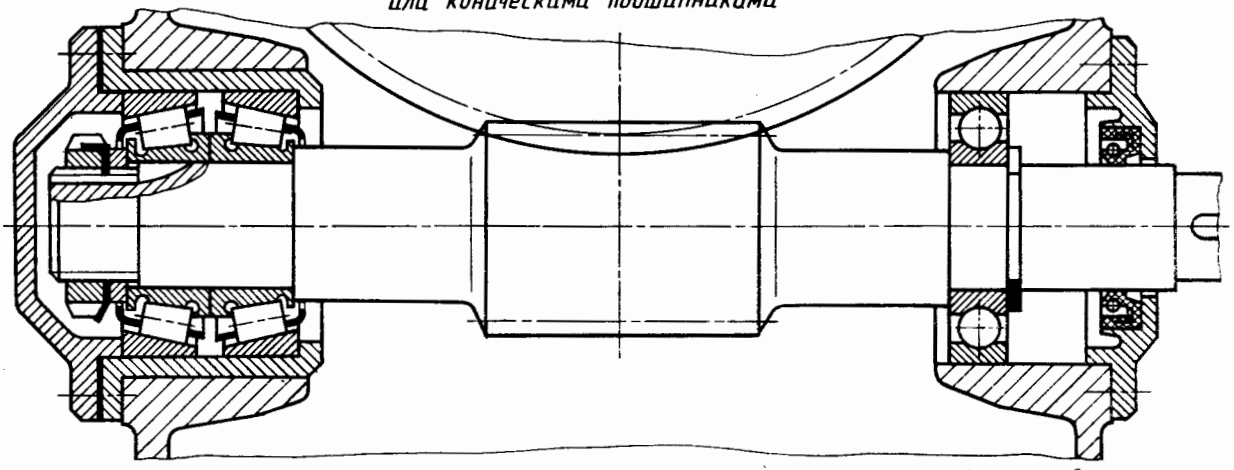


Рис. 4

Примеры конструкций опор валов с радиальными подшипниками	Лист 369

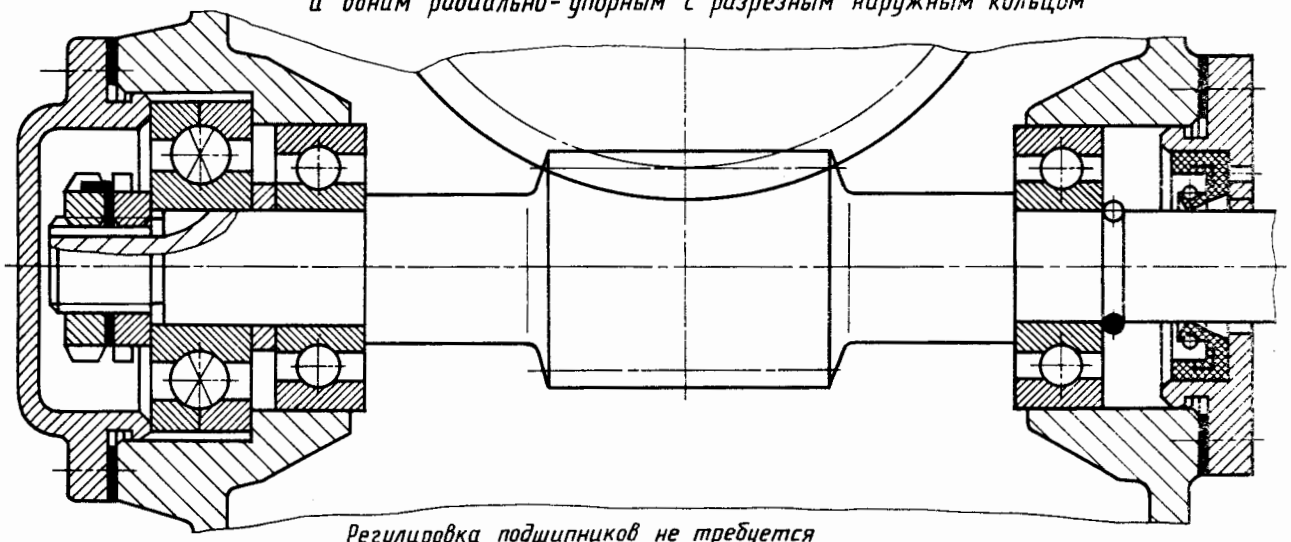
Вал червяка с одним радиальным и двумя радиально-упорными или коническими подшипниками



Регулировка подшипников – смещением наружных колец радиально-упорных подшипников. Одна из опор – фиксирующая – воспринимает осевые нагрузки любого направления, вторая опора – плавающая – обеспечивает компенсацию температурных деформаций вала

Рис. 1

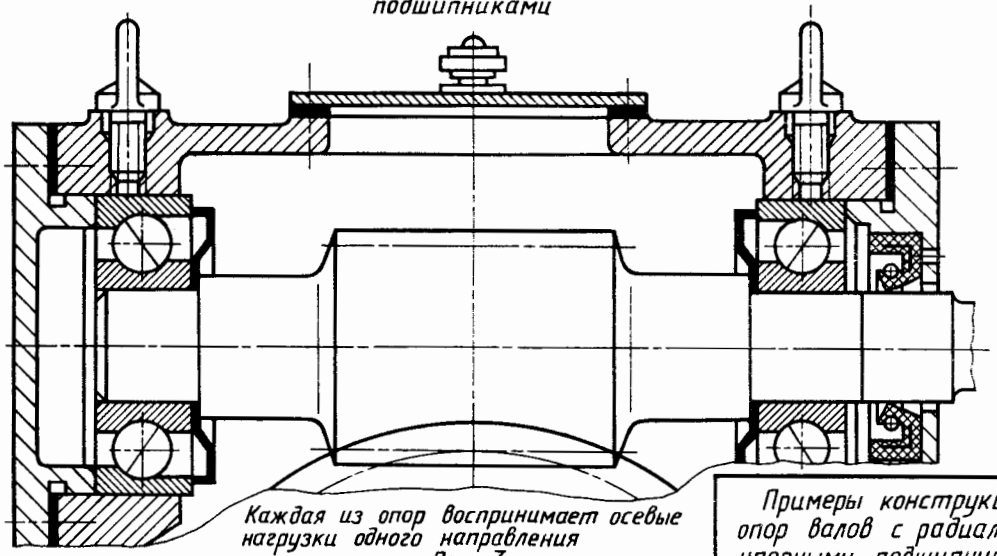
Вал червяка с двумя радиальными подшипниками и одним радиально-упорным с разрезным наружным кольцом



Регулировка подшипников не требуется

Рис. 2

Вал червяка с двумя радиально-упорными подшипниками



Каждая из опор воспринимает осевые нагрузки одного направления

Рис. 3

Примеры конструкций опор валов с радиально-упорными подшипниками

Лист 370

Ось переднего колеса автомобиля

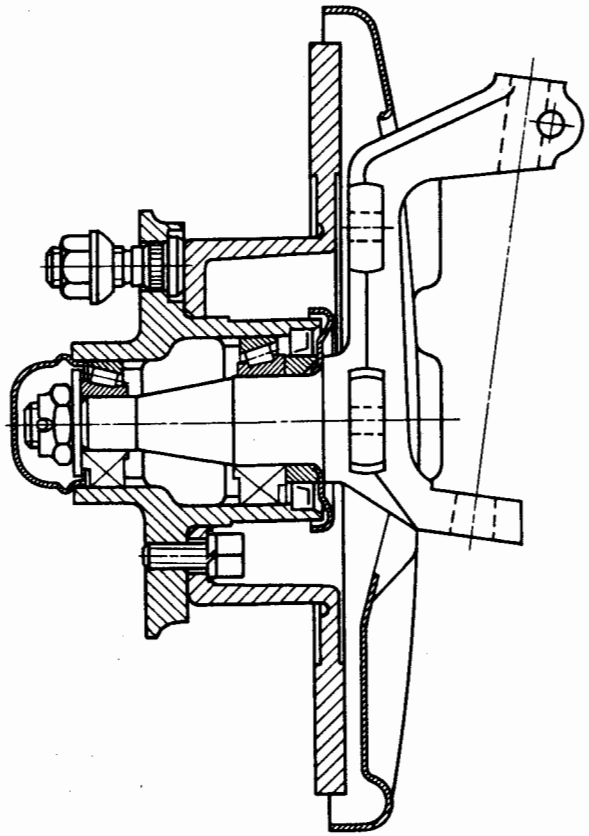


Рис. 1

Опоры валов конической передачи

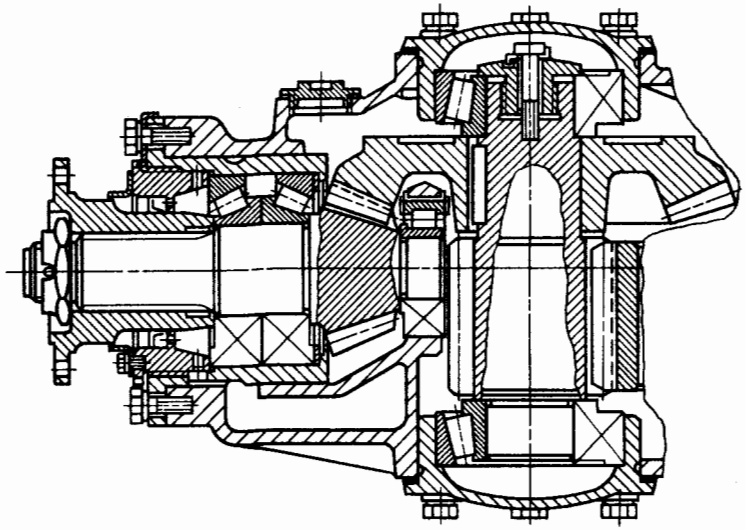
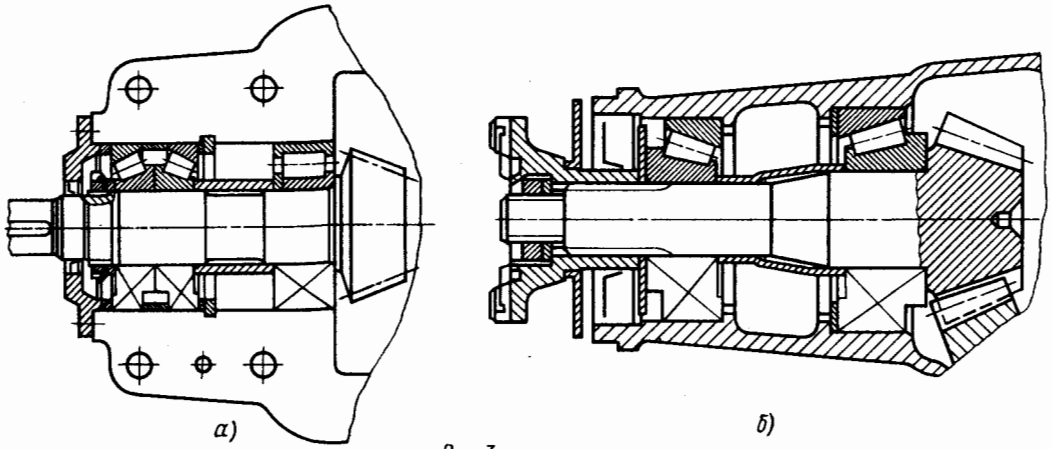


Рис. 2

Опоры валов шестерен конических передач



а) б)

Рис. 3

Примеры конструкций опор валов с радиально-упорными подшипниками	Лист 371

Алмазно-расточная шпиндельная головка

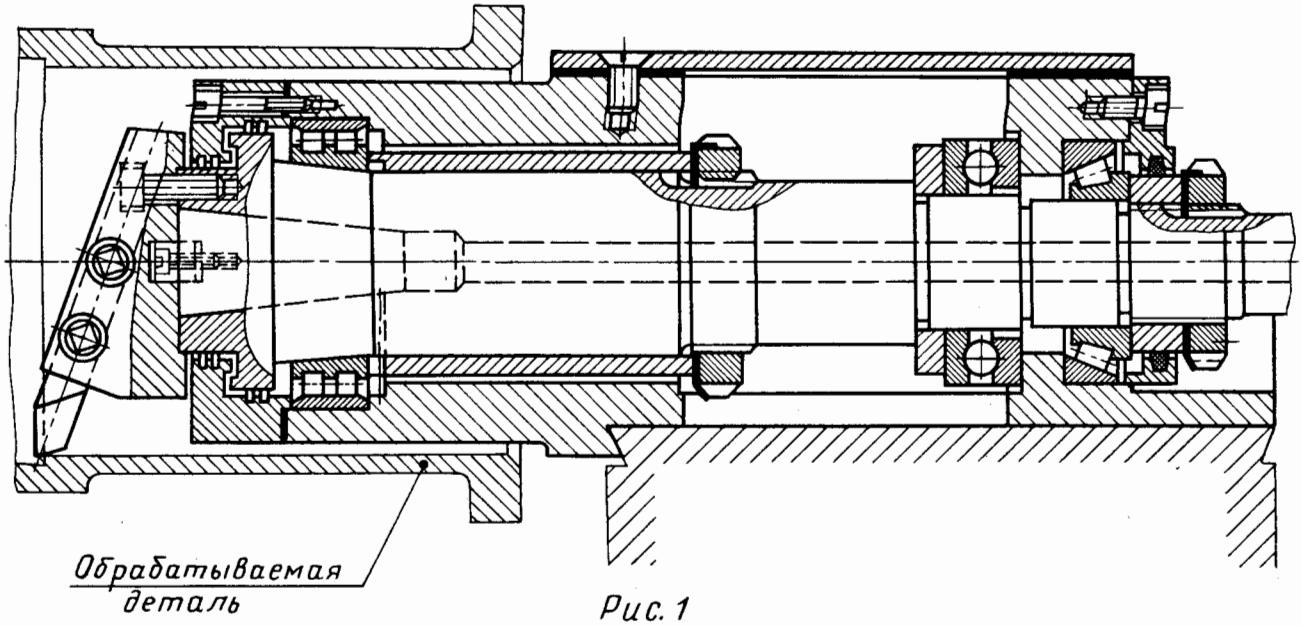
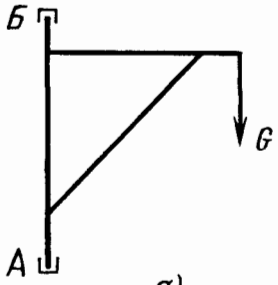


Рис. 1

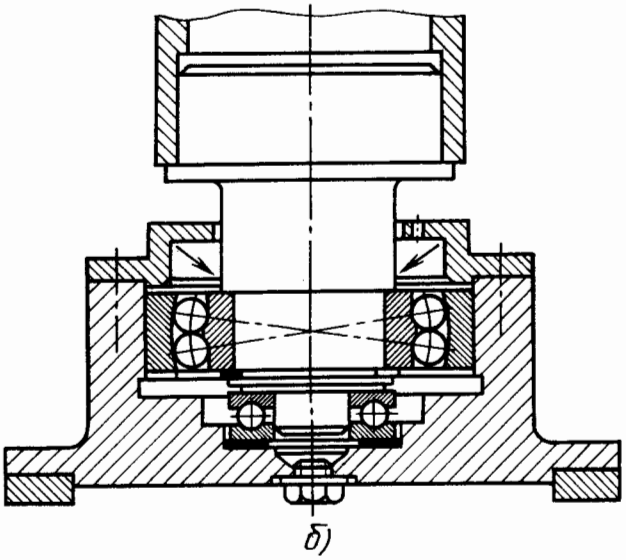
Опоры крана с поворотной колонной

Схема крана



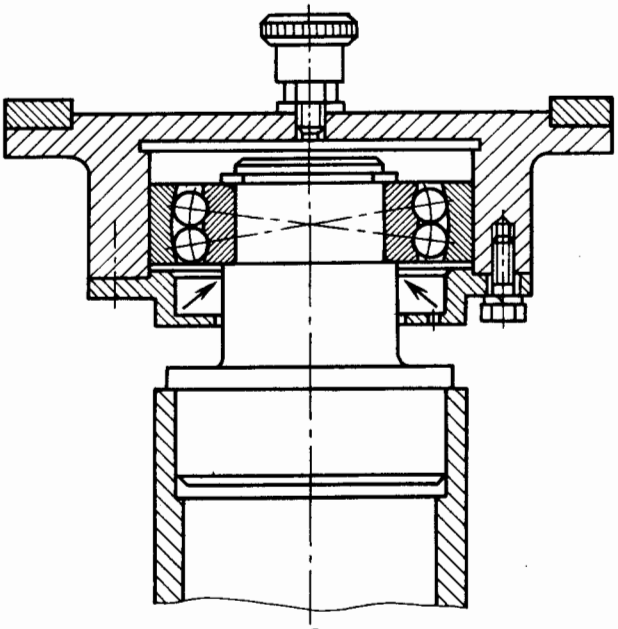
а)

Нижняя опора колонны (А)



б)

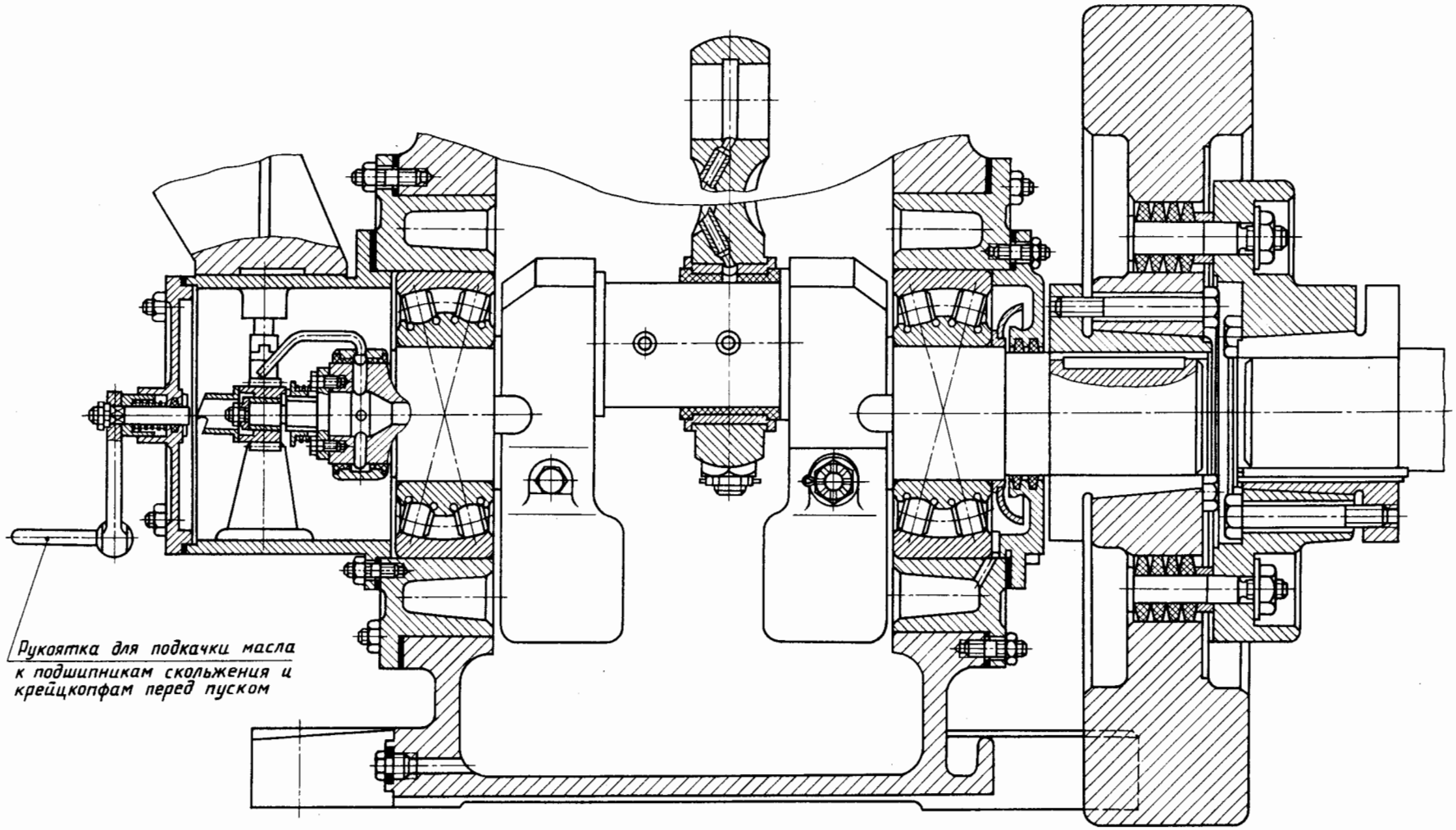
Верхняя опора колонны (Б)



в)

Примеры конструкций опор валов с упорными подшипниками	Лист 372

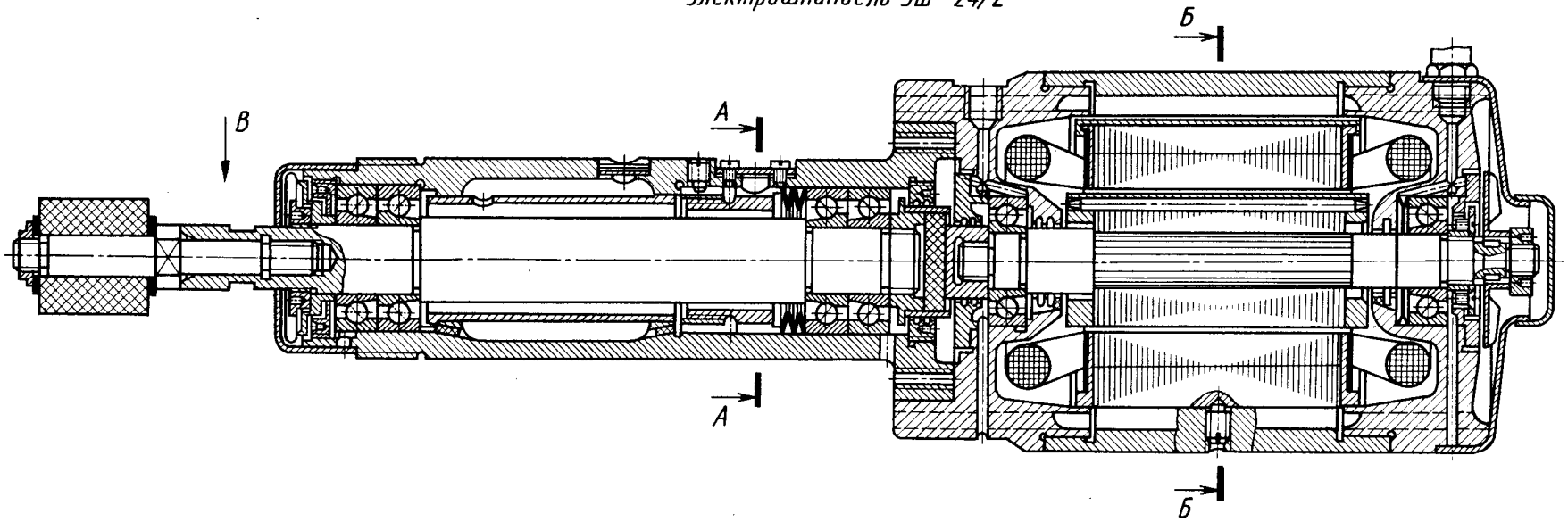
Узел коленчатого вала дожимающего компрессора ДВУ-20-6/220-1

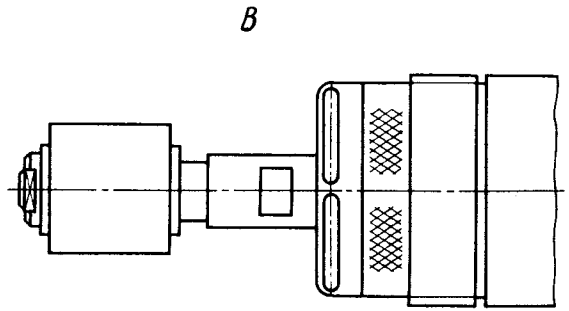


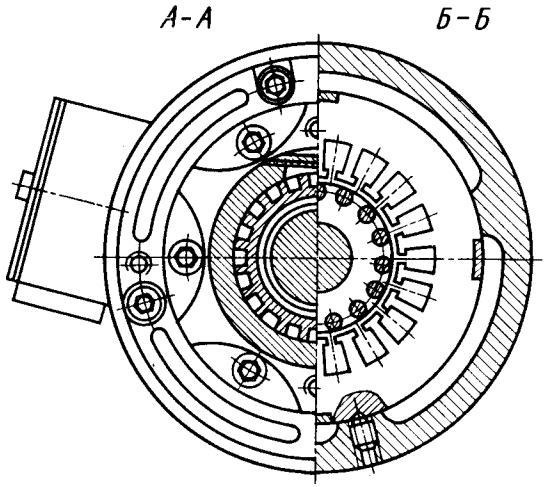
Пример конструкции тяжелонагруженных опор

Лист 373

Электрошпиндель ЭШ-24/2







Пример конструкции высокоскоростных опор	Лист 374

Таблица 1

Предельные отклонения размеров посадочных поверхностей подшипников класса точности 0, мкм

Интервалы номинальных диаметров d и D, мм		Предельные отклонения диаметра цилиндрического отверстия				Предельные отклонения наружного диаметра			
		d_m		d^*		D_m		D^*	
свыше	до	нижн.	верх.	нижн.	верх.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
10	18	−8	0	−11	+3	0	−8	+2	−10
18	30	−10	0	−13	+3	0	−9	+2	−11
30	50	−12	0	−15	+3	0	−11	+3	−14
50	80	−15	0	−19	+4	0	−13	+4	−17
80	120	−20	0	−25	+5	0	−15	+5	−20
120	150	−25	0	−31	+6	0	−18	+6	−24
150	180	−25	0	−31	+6	0	−25	+7	−32

* Только для подшипников серий диаметров 2, 3 и 4.

Таблица 2

Посадки радиальных шарико- и роликоподшипников классов точности 0 и 6

Вид нагружения колец	Поля допусков	
	валов	отверстий в корпусах
Местное	j_s6, $h6$, $g6$, $f6$	J_s7, $H7$, $G7$
Циркуляционное	$n6$, $m6$, $k6$, j_s6	$N7$, $M7$, $K7$
Колебательное	j_s6	J_s7

Таблица 3

Посадки радиально-упорных шарико- и роликоподшипников

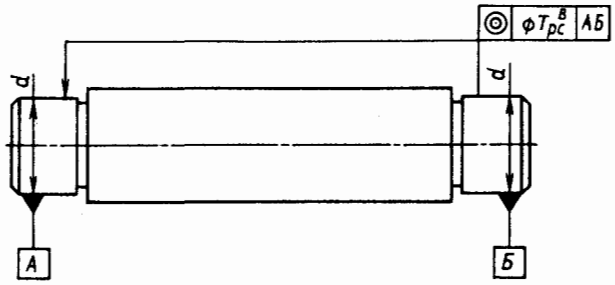
Вид нагружения колец		Поля допусков			
		валов	отверстий корпусов	валов	отверстий корпусов
		Регулируемое кольцо		Нерегулируемое кольцо	
Циркуляционное		j_s6, ($h6$)	J_s7	$n6$, $m6$, $k6$, j_s6	$N7$, $M7$, $K7$, J_s7
Местное	Кольцо перемещается по посадочной поверхности	$f7$, $g6$, $h6$	$H7$	—	—
	Кольцо не перемещается по посадочной поверхности	j_s6, $h6$	$M7$, $K7$, $H7$	j_s6, $h6$	$M7$, $K7$, $H7$

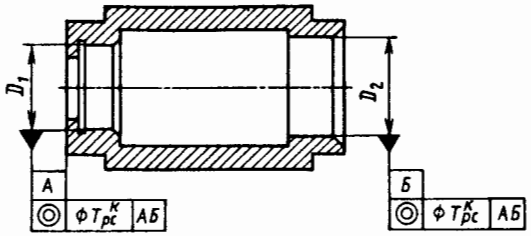
Примеры выбора посадок подшипников на валы Таблица 4

Режим работы	Наименование машин и подшипниковых узлов	Диаметры, мм				Поля допусков
		Радиальные подшипники		Радиально-упорные подшипники		
		шариковые	роликовые	шариковые	роликовые	
1. Вал не вращается, нагружение кольца местное						
Легкий или нормальный	Ролики ленточных конвейеров, конвейеров и подвесных дорог для небольших грузов	Все диаметры				$g6$
Нормальный или тяжелый	Передние и задние колеса автомобилей и тракторов, колеса вагонеток, самолетов и т. п.					$g6$, $f6$, j_s6, $h6$
	Натяжные ролики, блоки					$h6$
2. Вал вращается, нагружение кольца циркуляционное						
Легкий или нормальный	Электродвигатели, редукторы, коробки передач станков, центрифуги, сельскохозяйственные машины	20...100	До 40	До 100	До 40	$k6$, j_s6
		105...140	45...140	105...140	45...140	$k6$, $h6$, j_s6
Нормальный или тяжелый	Электродвигатели мощностью до 100 кВт, станки, турбины, коробки передач автомобилей и тракторов, редукторы	20...100	До 40	До 100	До 40	$k6$, j_s6
		105...140	40...100	105...140	45...100	$m6$

Примеры выбора посадок подшипников в корпуса Таблица 5

Режим работы	Наименование машин и подшипниковых узлов	Поля допусков
1. Вращается корпус, нагружение кольца циркуляционное		
Нормальный	Ролики ленточных транспортеров, ходовые колеса мостовых кранов	$M7$
Нормальный или тяжелый	Передние колеса автомобилей и тягачей на шарикоподшипниках, коленчатые валы, канатные и натяжные ролики	$N7$
2. Вращается вал, нагружение кольца местное или колебательное		
Нормальный	Центробежные насосы, вентиляторы, центрифуги, подшипники шпинделей металлорежущих станков	J_s7
Нормальный или тяжелый	Подшипники коробок передач, задних мостов автомобилей и тракторов, электродвигатели	$K7$, $M7$, J_s7
	Большинство подшипников общего машиностроения, редукторы, железнодорожные и трамвайные буксы	$H7$, J_s7
Примечание. Данные относятся к подшипникам класса точности 0.		





ДОПУСТИМЫЕ УГЛЫ ВЗАИМНОГО ПЕРЕКОСА КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И ДОПУСКИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОСАДОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛА И КОРПУСА В ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛАХ РАЗНЫХ ТИПОВ

Типы подшипников	Допустимые углы взаимного перекоса колец θ_{max}	Допуски соосности посадочной поверхности длиной $B=10$ мм в диаметральном выражении	
		Вал $\varnothing T_{pc}^{в} = B \operatorname{tg} \theta_{в}$	Корпус $\varnothing T_{pc}^{к} = B \operatorname{tg} \theta_{к}$
Радиальные однорядные шариковые с нормальными радиальными зазорами	8′	4,0	8,0
Радиально-упорные шариковые однорядные с углами контакта:			
$\alpha=12°$	6′	3,0	6,0
$\alpha=26°$	5′	2,4	4,8
$\alpha=36°$	4′	2,0	4,0
Радиальные с короткими цилиндрическими роликами:			
без модифицированного контакта	2′	1,0	2,0
с модифицированным контактом	6′	3,0	3,0
Конические:			
без модифицированного контакта	2′	1,0	2,0
с модифицированным контактом	4′	2,0	4,0
Конические с модифицированным контактом на наружном кольце	8′	4,0	8,0
Игольчатые роликовые:			
однорядные	1′	0,5	1,0
однорядные с модифицированным контактом	4′	2,0	4,0
Радиальные шариковые двухрядные сферические	4°	6,0	12,0
Радиальные роликовые двухрядные сферические	2°	6,0	12,0
Упорные шариковые	2′	1,0	2,0

Примечание. Допустимые углы взаимного перекоса колец от технологических погрешностей:
для вала $\theta_{в}=\theta_{max}/6$;
для корпуса $\theta_{к}=\theta_{max}/3$.

Технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов

Лист 376

ДОПУСКИ ФОРМЫ ПОСАДОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, МКМ, НЕ БОЛЕЕ

Интервал номинальных диаметров d и D, мм	Валов (осей)				Отверстий (корпусов)			
	Допуск круглости	Допуск профиля продольного сечения	Допуск непостоянства диаметра в сечении		Допуск круглости	Допуск профиля продольного сечения	Допуск непостоянства диаметра в сечении	
			поперечном	продольном			поперечном	продольном
Для подшипников 0 и 6 классов								
Св. 10 до 18	3,0	3,0	6,0	6,0	4,5	4,5	9,0	9,0
» 18 » 30	3,5	3,5	7,0	7,0	5,0	5,0	10,0	10,0
» 30 » 50	4,0	4,0	8,0	8,0	6,0	6,0	12,0	12,0
» 50 » 80	5,0	5,0	10,0	10,0	7,5	7,5	15,0	15,0
» 80 » 120	6,0	6,0	12,0	12,0	9,0	9,0	18,0	18,0

ДОПУСКИ ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ ЗАПЛЕЧИКОВ ВАЛОВ

Для подшипников класса точности 0

Интервал номинальных диаметров d, мм	Допуск, мкм
Св. 10 до 18	18
» 18 » 30	21
» 30 » 50	25
» 50 » 80	30
» 80 » 120	40

ДОПУСКИ ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ ЗАПЛЕЧИКОВ КОРПУСОВ

Для подшипников класса точности 0

Интервал номинальных диаметров D, мм	Допуск, мкм
Св. 18 до 30	33
» 30 » 50	39
» 50 » 80	46
» 80 » 120	54
» 120 » 180	63

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОСАДОЧНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОД ПОДШИПНИКИ

класса точности 0 на валах и корпусах из стали

Посадочные поверхности	Ra, мкм, не более	
	d и D, мм	
	до 80	св. 80 до 500
Валов	1,25	2,5
Отверстий корпусов	1,25	2,5
Опорных торцов заплечиков	2,5	2,5

Примечание. В чугунных корпусах Ra не более 2,5 при D до 80 и Rz не более 20 при $D>80$ мм.

Обозначение допуска соосности посадочных мест вала относительно общей оси.

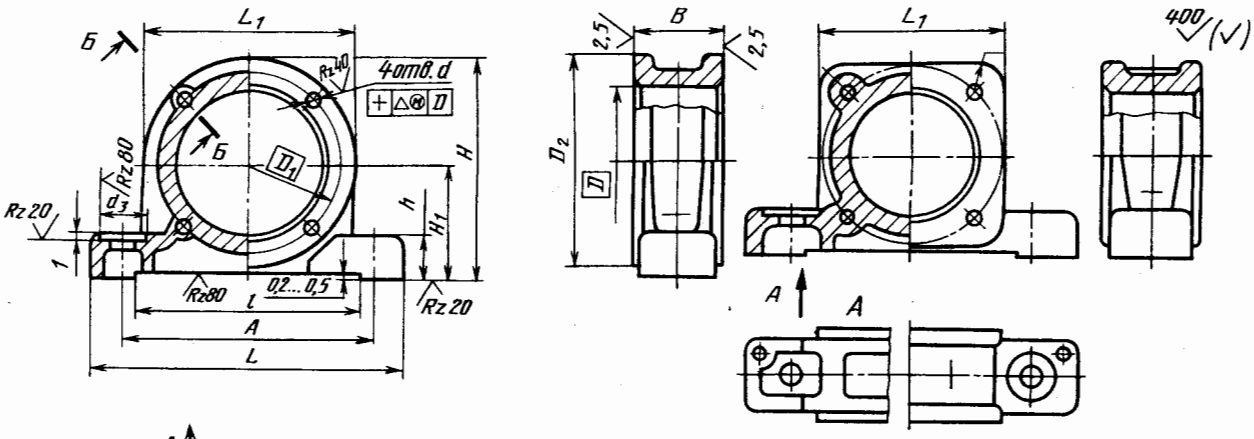
Обозначение допуска соосности посадочных мест корпуса относительно общей оси.

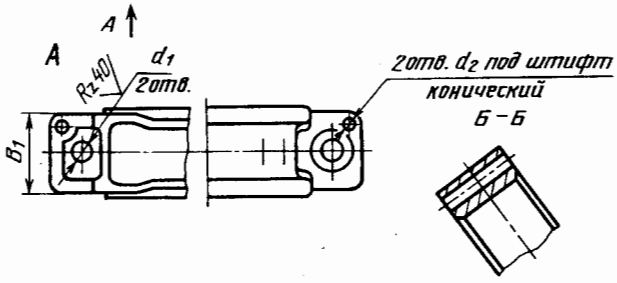
Технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов	Лист 37б

Корпуса серии ШМ подшипников качения диаметром 47...150 мм по ГОСТ 13218-80 (исполнение с выемкой длиной l в опоре)

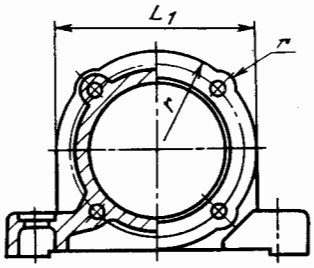
Для D=110...150 мм

Для D = 47...62 мм





Для D=62...100 мм



Обозначение корпуса	D	D_1	d	Δ	d_1	d_2	d_3	A (пред. откл. ±0,2)	B
ШМ 47	47	63			11	4	20	85	32
ШМ 52	52	70				5		90	34
ШМ 62	62	80	9	0,10	13		24	110	35
ШМ 72	72	90				6	26	125	40
ШМ 80	80	100			15		30	140	45
ШМ 90	90	110						155	48
ШМ 100	100	120	11					165	52
ШМ 110	110	130			17	8	32	180	55
ШМ 120	120	145		0,12				195	58
ШМ 130	130	155	13					210	65
ШМ 140	140	165			22	10	40	235	68
ШМ 150	150	180						250	70

Обозначение корпуса	B_1	L	$L_1 = D_2$	l	H	H_1 (пред. откл. +0,05)	h	r	r_1	Теоретическая масса, кг
ШМ 47	26	115	65	65	68,5	36	15	—	10,5	0,490
ШМ 52	28	125	72	72	76,0	40	16			0,497
ШМ 62	40	145	85	98	90,5	48	17	70	11,0	0,794
ШМ 72	42	160	98	110	101,0	52	18	75		1,080
ШМ 80	46	175	110	124	113,0	58	20			1,490
ШМ 90		190	125	144	130,5	68	22	80	12,0	2,080
ШМ 100	52	210	135	148	139,5	72	25	85	12,5	2,570
ШМ 110		225	155	164	157,5	80	28			3,420
ШМ 120	48	245	175	175	179,5	92	30			4,680
ШМ 130	62	260	185	196	190,5	98	34	—	—	6,430
ШМ 140	66	285	195	216	199,5	102				6,640
ШМ 150		305	210	228	215,0	110	40			9,490

Пример условного обозначения корпуса типа ШМ, исполнения 1, D=90 мм:

Корпус ШМ 90 ГОСТ 13218.1–80

Корпуса подшипников качения	Лист 377

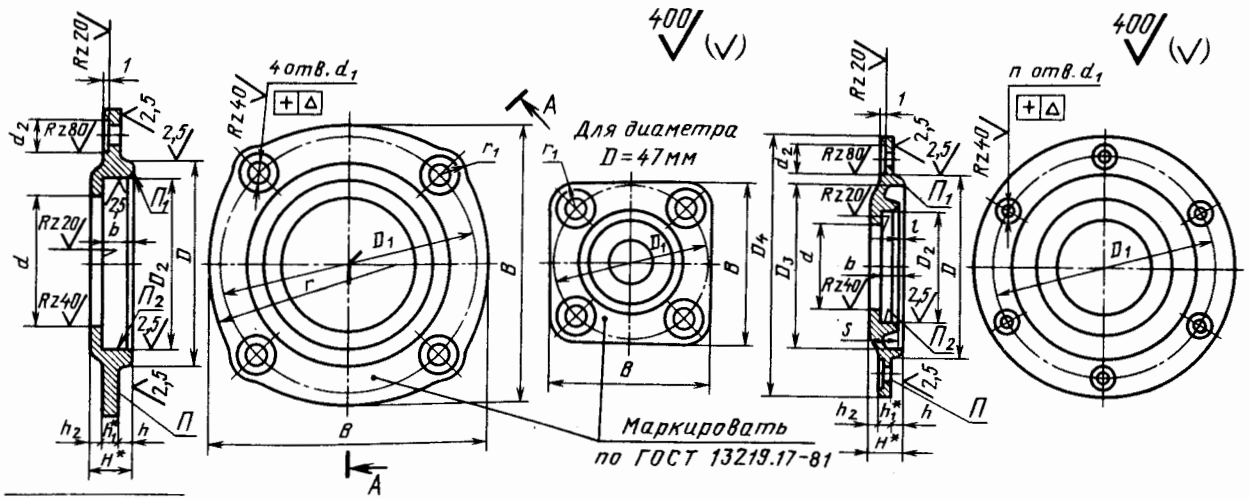
Крышки торцовые с манжетным уплотнением низкие:
диаметром 47...100 мм по ГОСТ 13219.5-81

Таблица 1
Размеры, мм

Обозначение крышки	D (пред. откл. по $h9$)	Диаметр вала или втулки $d_{ном.}$	d (пред. откл. по $H12$)	D_1	D_2 (пред. откл. по h 9)	d_1	d_2	Δ	B	b	H	h	h_1	h_2	r	r_1	Теоретическая масса, кг
МН 47×24	47	24	25	63	40				65						—	10,5	0,18
МН 62×32	62	32	33	80	52				85						70		
МН 72×38	72	38	39	90	58				98								0,30
МН 72×45		45	46		65										75		
МН 80×45	80			100					110								0,43
МН 80×50		50	51		70												0,46
МН 90×50	90			110		9	18	0,10	125	11,0	17	4	6	7	80	11,0	0,70
МН 100×55	100	55	56	120	80				135								0,63
МН 100×65		65	66		90												0,73
						11	20	0,12		13,6	21	5	7	9	85	12,5	

Пример условного обозначения низкой торцовой крышки с манжетным уплотнением диаметром $D=80$ мм, $d_{ном}=45$ мм:

Крышка МН 80×45 ГОСТ 13219.5—81



*Размеры для справок

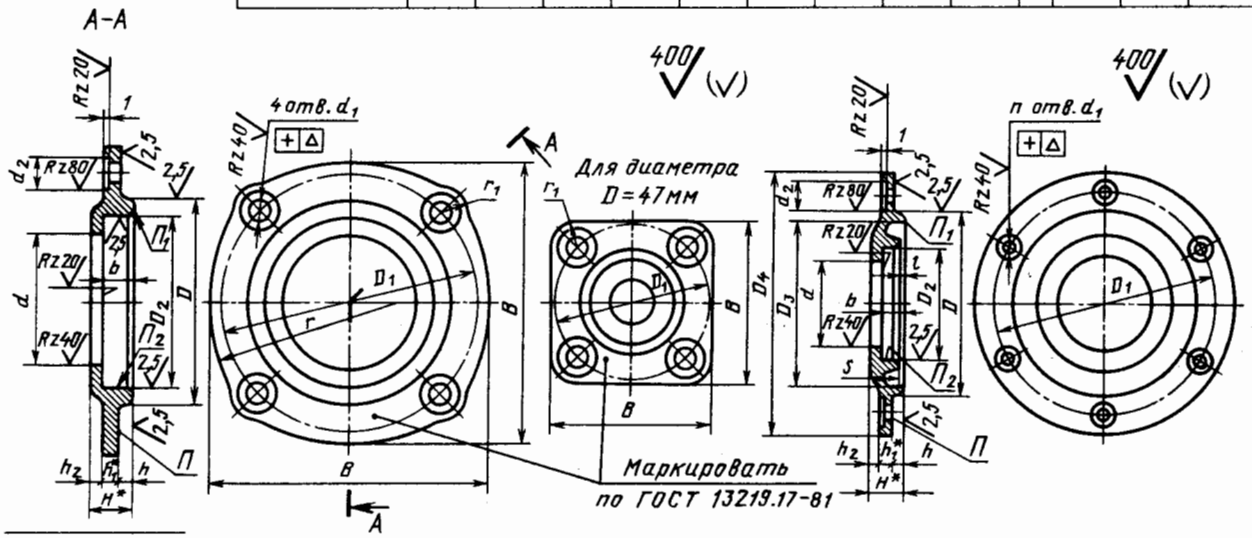
Крышки корпусов подшипников качения	Лист 378

Таблица 2

диаметром от 110 мм
по ГОСТ 13219.6.—81

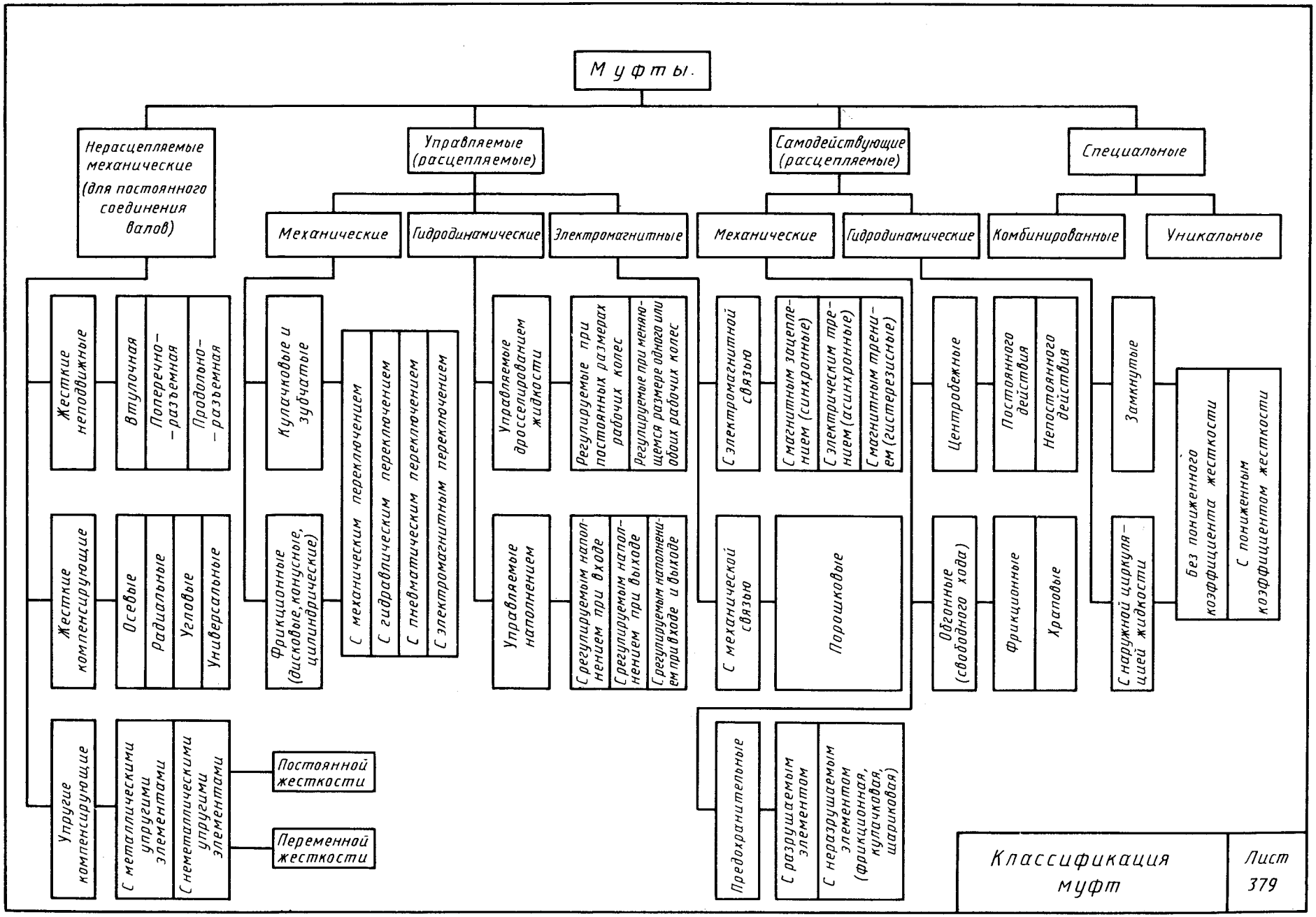
Размеры, мм

Обозначение крышки	D (пред. откл. по $h9$)	Диаметр вала или втулки $d_{ном}$	d (пред. откл. по $H12$)	D_1	D_2 (пред. откл. по $H9$)	D_3	D_4	d_1	d_2	n	Δ	b	H	h	h_1	h_2	l	s
МН 110×60	110	60	62	130	85	100	155	11	20	4	0,12	16,6	21	5	7	9	3	18
МН 110×75		75	77		100													
МН 120×65	120	65	67	145	90	110	175	13	24				22		9	8		19
МН 120×80		80	82		105													
МН 130×75	130	75	77	155	100	118	185							6		7		
МН 140×80	140	80	82	165	105	128	195											
МН 140×95		95	97		120													
МН 150×85	150	85	87	180	110	138	210											
МН 150×100		100	102		125													



*Размеры для справок

Крышки корпусов подшипников качения	Лист 378


Муфты.
Нерасцепляемые механические (для постоянного соединения валов)
Управляемые (расцепляемые)
Самодействующие (расцепляемые)
Специальные
Механические
Гидродинамические
Электромагнитные
Механические
Гидродинамические
Комбинированные
Уникальные
Жесткие неподвижные
Втулочная
Поперечно-разъемная
Продольно-разъемная
Жесткие компенсирующие
Осевые
Радиальные
Угловые
Универсальные
Упругие компенсирующие
С металлическими упругими элементами
С неметаллическими упругими элементами
Постоянной жесткости
Переменной жесткости
Кулачковые и зубчатые
Фрикционные (дисковые, конусные, цилиндрические)
С механическим переключением
С гидравлическим переключением
С пневматическим переключением
С электромагнитным переключением
Управляемые дросселированием жидкости
Управляемые наполнением
Регулируемые при постоянных размерах рабочих колес
Регулируемые при меняющемся размере одного или обоих рабочих колес
С регулируемым наполнением при входе
С регулируемым наполнением при выходе
С регулируемым наполнением при входе и выходе
С электромагнитной связью
С механической связью
С магнитным зацеплением (синхронные)
С электрическим трением (асинхронные)
С магнитным трением (гистерезисные)
Порошковые
Предохранительные
С разрушаемым элементом
С неразрушаемым элементом (фрикционная, кулачковая, шариковая)
Центробежные
Обгонные (свободного хода)
Постоянного действия
Непостоянного действия
Фрикционные
Храповые
Замкнутые
С наружной циркуляцией жидкости
без пониженного коэффициента жесткости
С пониженным коэффициентом жесткости
Классификация муфт
Лист 379

Ступицы для посадки на цилиндрический вал

гладкие

с полостью для устройств осевого крепления

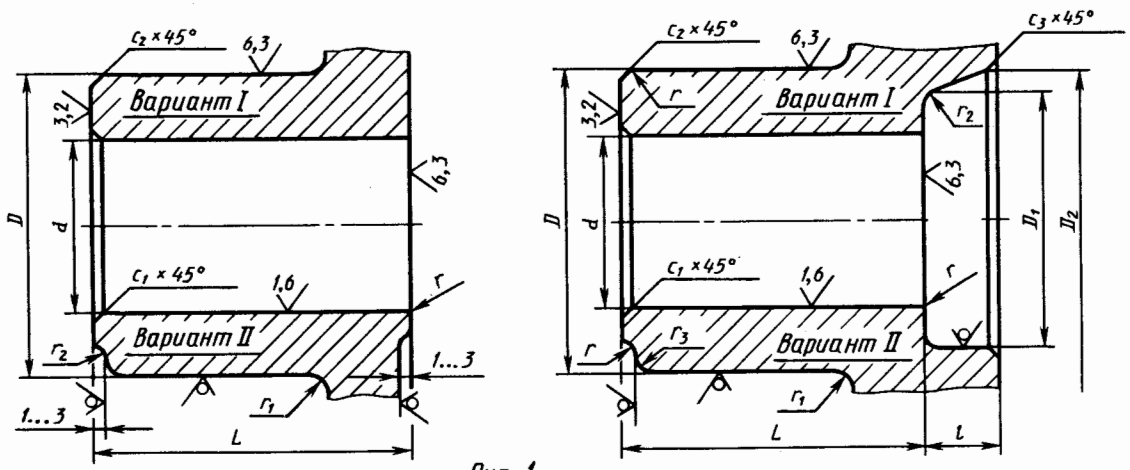


Рис. 1

Соотношение основных размеров

$D \approx (1,5 \ldots 1,8)d$ для стальных ступиц;
$D \approx (1,7 \ldots 2,2)d$ для чугунных ступиц;
$L \approx (1,5 \ldots 2,2)d$ (при шлицевом соединении от $0,5d$).

Размеры D_1, D_2 и l – по габаритам закрепительных устройств.

Фаска c_1 – по размерам галтели вала при случае упора ступицы в выступ вала.

Фаска $c_2 \approx 2 \ldots 10$ мм; $c_3 \approx 1 \ldots 3$ мм.

Скругления острых углов: $r \approx 0,25 \ldots 1$ мм; $r_1 \approx 3 \ldots 10$ мм; $r_2 \approx 1 \ldots 3$ мм; $r_3 \approx 2 \ldots 5$ мм.

Конические отверстия должны иметь паз под шпонку; цилиндрические – под шпонку или шлицы.

Ступицы для посадки на конический вал

гладкие

с полостью для устройств осевого крепления

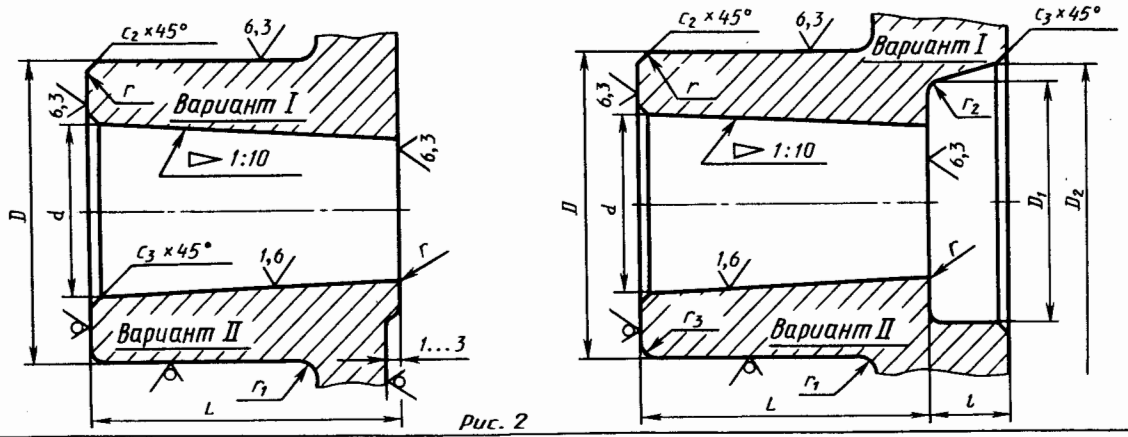


Рис. 2

Крепление винтом 1, шайбой 2 (ГОСТ 13463 – 77) и шайбой со штифтом 3

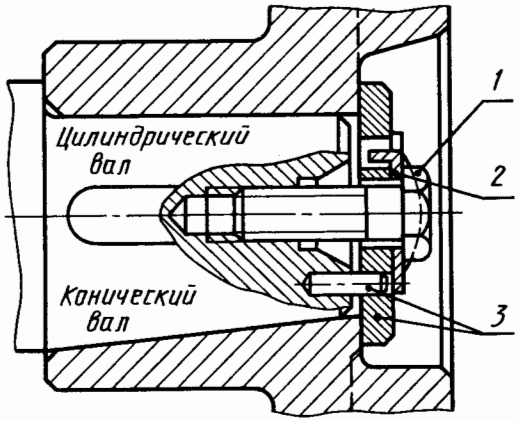
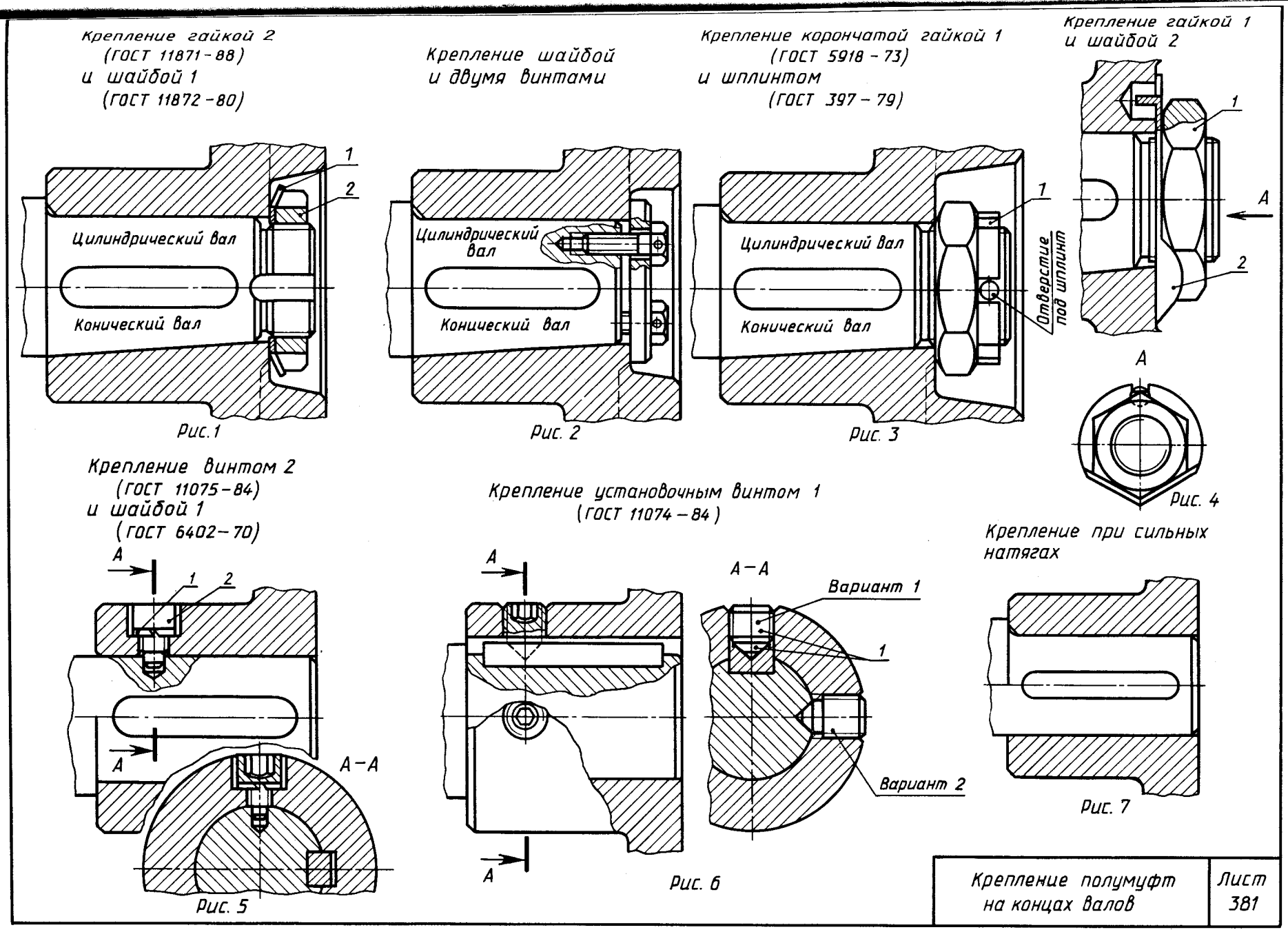
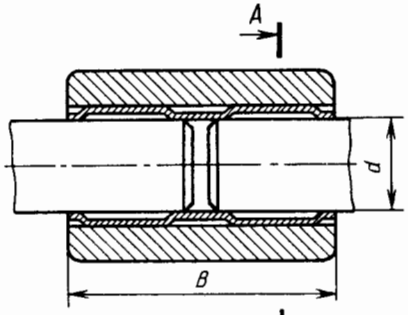


Рис. 3

Ступицы муфт Крепление полумуфт на концах валов	Лист 380

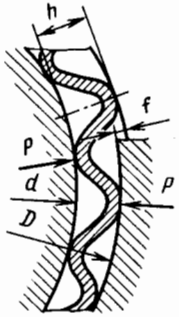

Крепление гайкой 2
(ГОСТ 11871-88)
и шайбой 1
(ГОСТ 11872-80)
Цилиндрический вал
Конический вал
1
2
Рис.1
Крепление шайбой
и двумя винтами
Цилиндрический вал
Конический вал
Рис. 2
Крепление корончатой гайкой 1
(ГОСТ 5918-73)
и шплинтом
(ГОСТ 397-79)
Цилиндрический вал
Конический вал
Отверстие под шплинт
1
Рис. 3
Крепление гайкой 1
и шайбой 2
1
2
A
A
Рис. 4
Крепление винтом 2
(ГОСТ 11075-84)
и шайбой 1
(ГОСТ 6402-70)
A
1
2
A
A-A
Рис. 5
Крепление установочным винтом 1
(ГОСТ 11074-84)
A
A
A-A
Вариант 1
1
Вариант 2
Рис. 6
Крепление при сильных
натягах
Рис. 7
Крепление полумуфт
на концах валов
Лист
381

Соединение гофрированной втулкой



а)

A–A увеличено



$f = (0{,}16 \ldots 0{,}2)h$

Соединение конической втулкой

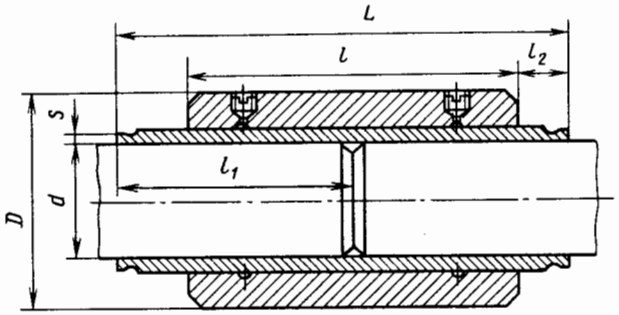
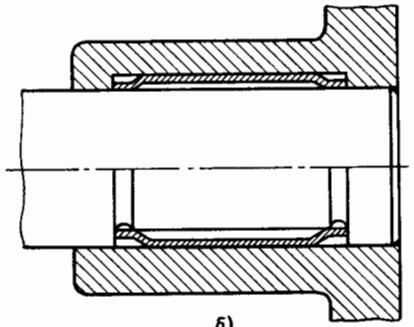


Рис. 2

Таблица к рис. 2

Размеры, мм							Масса, кг
d	D	l	L	l_1	l_2	S	
20	45	40	50	25	5	0,02	0,4
40	70	80	93	48	5	0,08	1,6
60	105	120	135	70	5	0,10	5,5
80	135	160	190	103	7	0,14	12
100	170	200	240	132	8	0,16	23
150	250	300	350	180	12	0,23	74
200	330	400	520	285	35	0,32	170
250	400	500	630	340	40	0,40	300
300	480	600	760	410	50	0,47	520
400	640	800	990	530	60	0,60	1240
500	800	1000	1220	650	65	0,73	2400

Соединения торцовыми зубьями



б)

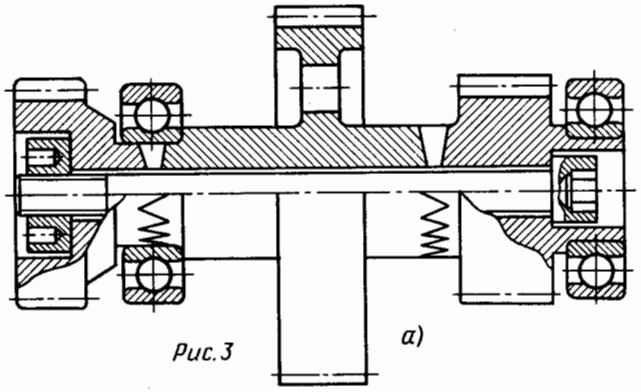
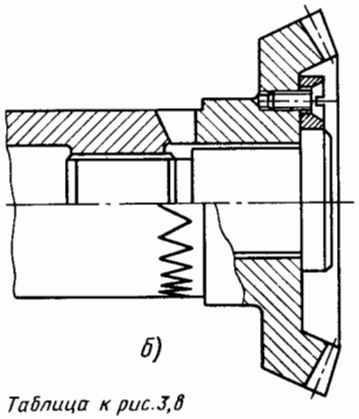
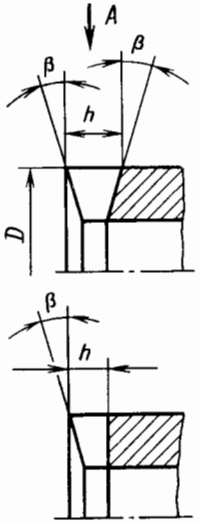


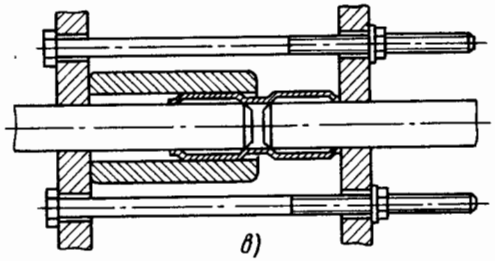
Рис. 3

а)



б)





в)

Рис. 1

Таблица к рис. 1

T, Н·м	Размеры, мм			Масса, кг
	d	D	B*	
5,0	10	15	28	0,02
8,5	12	18	32	0,04
16,5	15	22	40	0,06
29	18	26	48	0,10
39	20	30	52	0,15
52	22	32	56	0,20
75	25	36	63	0,25
130	30	42	75	0,40
200	35	50	85	0,65
310	40	58	95	1,0

*$B = Kd$

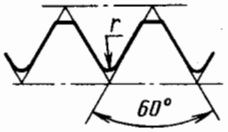
Таблица к рис. 3,в

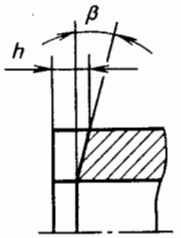
Параметры торцовых зубьев	Число зубьев z			
	12	24	48	96
h, мм	11,59	9,61	6,15	3,87
r, мм	0,3...0,8	0,1...0,8	0,1...0,8	0,1...0,6
D, мм	60	100	140	200
β	13°10'50''	6°31'05''	3°15'01''	1°37'27''

Таблица к рис. 1

d, мм	Значение коэффициента K в зависимости от напряжения кручения вала τ, МПа							
	20	25	30	35	40	50	75	100
10...18	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	3,0	4,5	6,0
18...50	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,7	5,0
50...250	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,8	4,0

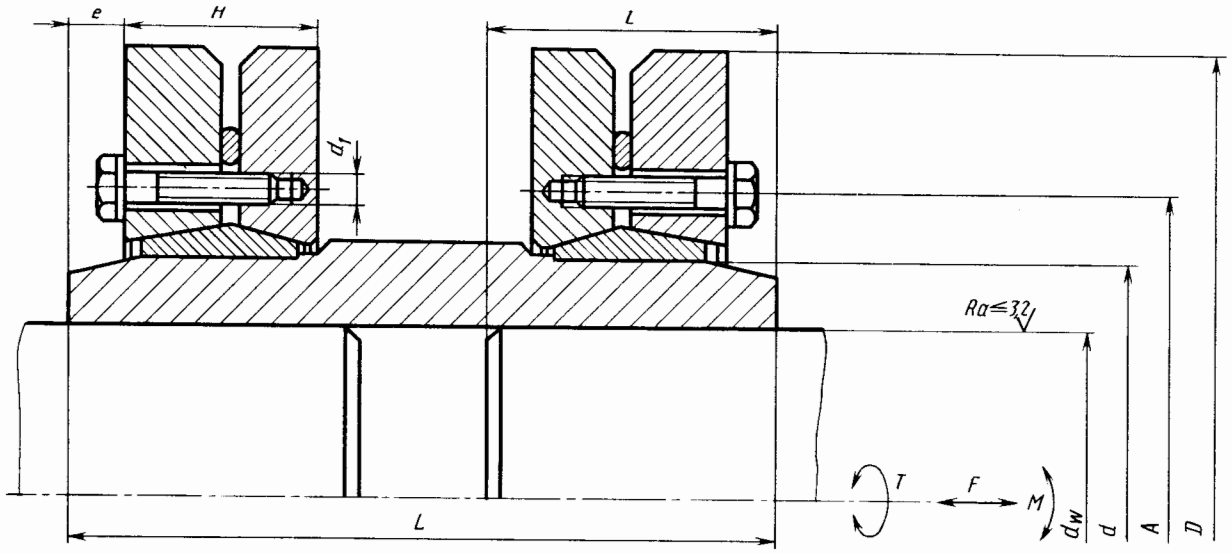
A (развернуто)



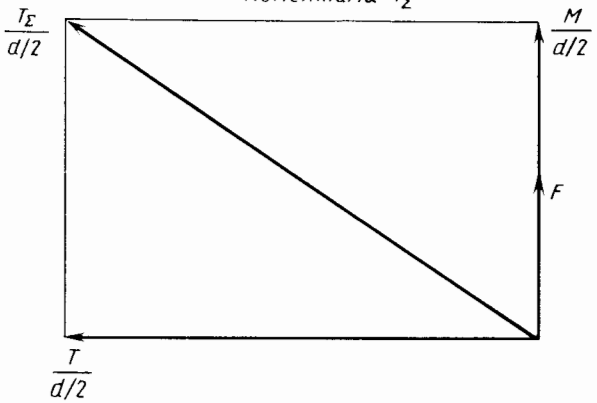


в)

Соединения бесшпоночные	Лист 382



Взаимосвязь между осевой силой F, изгибающим M, вращающим T и максимальным вращающим моментами T_Σ



$$T = 0{,}5d\sqrt{\left(\frac{T_\Sigma}{d/2}\right)^2 - \left(\frac{M}{d/2} + F\right)^2}$$

Размеры, мм									Моменты, Н·м		Масса,
d_w H7/h6	dH7/f7	D	H	e	l	L	A	d_1	T_Σ	T_3	кг
100	140	265	58	15	85	210	175	M12	16 500	100	47
110	155	290	62	15	95	230	190	M12	24000	100	61
125	175	340	68	15	105	250	213	M12	35000	100	88
140	195	375	85	20	115	280	243	M16	60000	240	135
160	220	400	103	20	125	310	270	M16	95000	240	187
180	240	435	107	20	140	350	291	M16	120000	240	231
200	260	470	119	25	155	390	317	M16	160000	240	298
220	280	500	132	25	170	430	340	M16	226000	240	365
250	320	560	140	30	185	460	386	M20	310000	470	490
280	350	610	159	30	200	500	422	M20	458000	470	665
310	390	680	163	35	215	540	468	M20	610000	470	830
340	420	730	184	35	230	580	504*	M20	820000	470	1040
380	470	810	192	40	250	620	557*	M20	1090000	470	1370
420	510	880	213	40	270	670	600*	M20	1570000	470	1750
460	560	960	238	45	300	720	655*	M20	2040000	470	2340

*При $d_w \geq 340$ мм винты располагаются по двум окружностям. Диаметр второй окружности равен A + 60 мм.

Соединение валов бесшпоночное	Лист 383

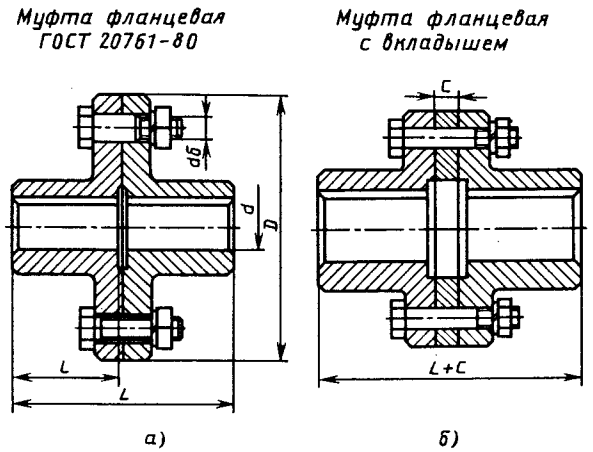


Рис.1

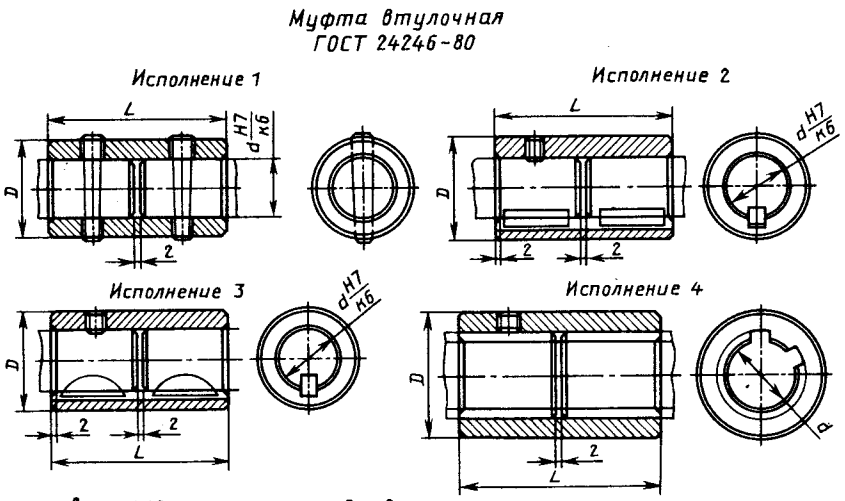


Рис. 2

Таблица к рис. 1

T, Н·м	Размеры, мм						
	d	D	l	L	Болты		C
					d_0	Число	
16	12	80	25	53	8	4	8
31,5	16	90	28	60	8	4	16
63	20	100	36	76	8	4	
125	25	110	42	83	10	4	
250	32	140	58	120	10	4	
400	35	150	58	120	10	4	20
630	45	170	82	170	12	6	
1000	50	180	82	170	12	6	
1600	55	190	105	220	12	6	

Примечание. Значения номинального крутящего момента указаны для полумуфт и колец из стали. При изготовлении их из чугуна величина номинального момента должна быть уменьшена в два раза. Болты по ГОСТ 7817-80 и по ГОСТ 7808-70 ставятся через один. Размеры болтов, их количество и диаметр рекомендованы ГОСТом.

Муфта продольно-свертная по ГОСТ 23106-78

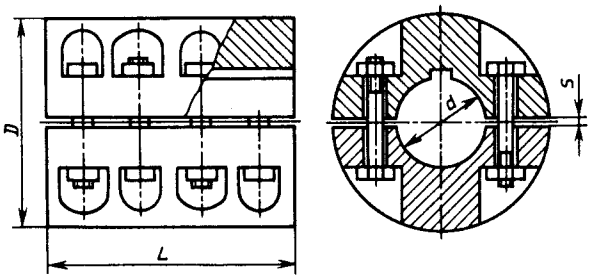


Таблица к рис. 2

T, Н·м, для исполнений				Размеры, мм				
				d_{min} для исполнений		D	L для исполнений	
1	2	3	4	1,2,3	4		1,2,3	4
1	—	—	—	6	—	10	25	—
2	—	—	—	7	—	14	30	—
4	—	11,2	—	9	—	16	35	—
8	—	22,4	—	11	—	18	40	—
16	—	45	—	14	—	28	45	—
31,5	—	63	—	18	—	32	55	—
50	71	100	140	20	16	38	65	45
90	125	180	250	25	21	42	75	50
125	180	250	355	28	23	48	90	55
200	280	400	560	32	26	55	105	65

Таблица к рис. 3

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм				J, кг·м^2	Масса, кг
		d_{min}	D	L	S		
125	250	25	90	90	2	0,002	2,37
200		30	105	120		0,004	3,79
315		35	110			0,006	5,31
500		40	120	170		0,011	6,21
800		48	140		3	0,013	6,76
1250		55	150			0,02	9,32
2000		63	170	220		0,045	13,15

Муфты глухие

Лист 384

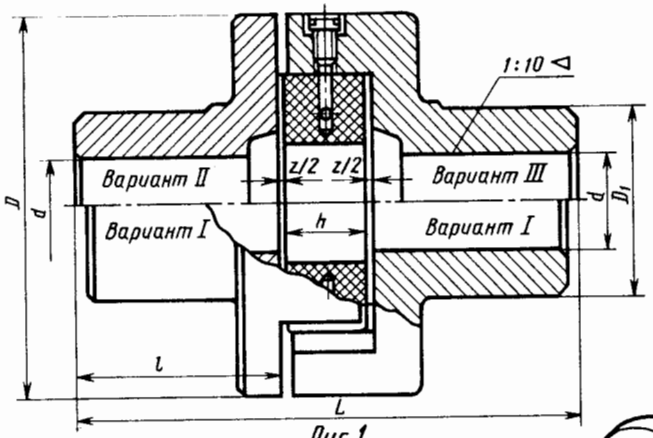
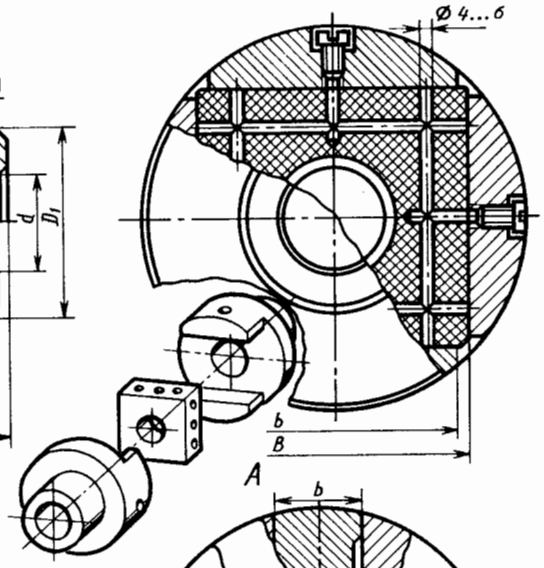
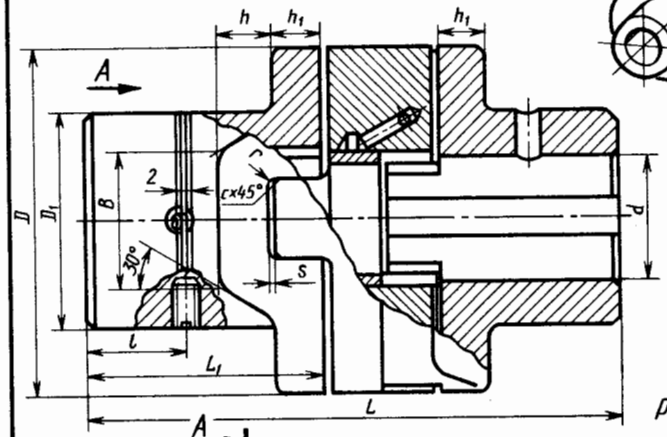


Рис.1





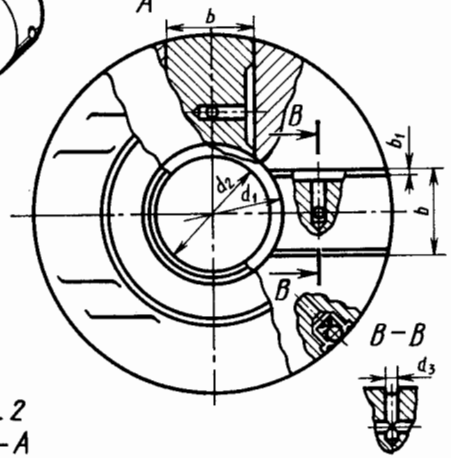


Рис. 2

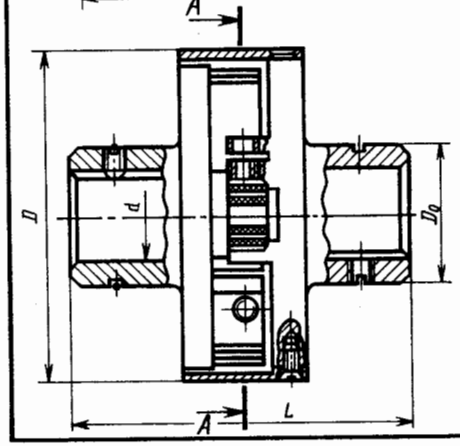


Рис. 3

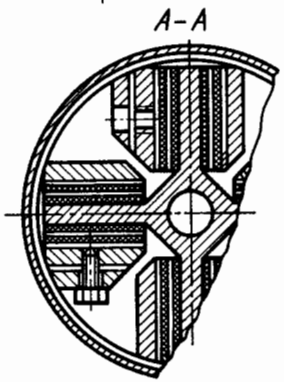


Таблица к рис.1

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм										J, кг·м²	Масса, кг
		d		D	D_1	L	l	z	h	b	B		
		от	до										
17	8200	15	20	70	–	84	30	2	20	35	–	0,001	1,5
79	5700	25	28	100	60	124	50	2	20	55	60	0,004	4
210	4700	30	35	120	75	149	60	2	25	65	70	0,012	7
320	–	40	45	150	90	184	75	2	–	–	80	0,035	13
670	3200	50	55	180	110	224	90	2	40	90	100	0,09	22,5
900	–	60	65	220	130	254	100	2	–	–	120	0,24	37,5
1700	2200	70	75	250	150	274	110	2	50	130	140	0,41	56
2050	–	80	85	290	170	304	120	2	–	–	160	0,90	82
2900	–	90	95	330	190	344	140	2	–	–	180	1,50	110

Таблица к рис 2

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм													J, кг·м²	Масса, кг
		d	D	D_1	d_1	d_2	L	L_1	l	B	b	s	h	h_1		
120	250	15	70	32	18	14	95	40	15	18	14	0,5	10	10	0,002	1,5
		17			20	16										1,43
		18			22	17										1,43
250		20	90	45	25	19	115	50	20	30	18		12	12	0,002	2,68
		25			30	24										2,55
		30			34	28										2,6
500		36	110	60	40	34	160	70	30	38	24		16	15	0,006	5,8
		40			45	38										5,2
800		45	130	80	50	42	200	90	40	50	30		20	18	0,017	10
		50			55	48										9,5
1250		55	150	95	60	52	240	110	45	60	38		25	20	0,035	15
		60			65	58										14,5
2000		65	170	105	70	60	275	125	50	70	45		30	25	0,063	22
		70			75	65										21,3
3200		75	190	115	80	70	310	140	60	82	50		34	30	0,125	31,5
		80			85	75										30
5000		85	210	130	90	80	355	160	70	90	55	1	38	35	0,23	45
		90			95	85										43
8000		95	240	140	100	90	395	180	80	100	60		42		0,40	59
		100			105	95										57

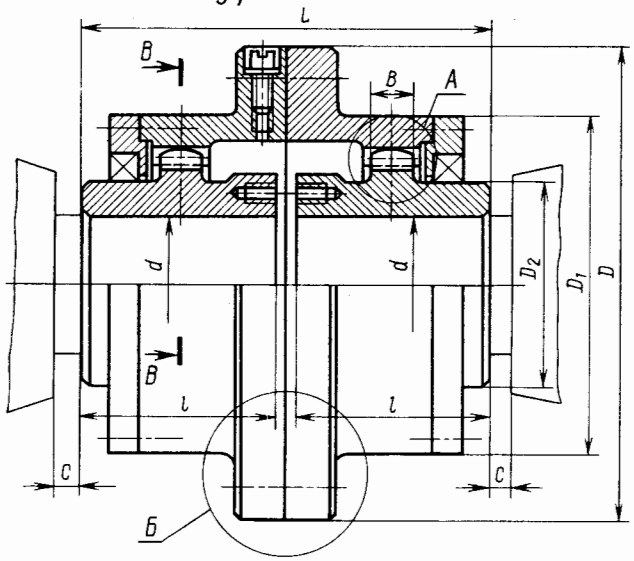
Таблица к рис. 3

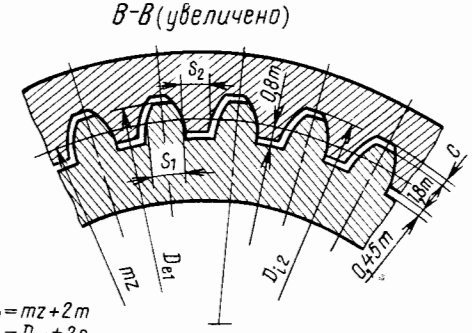
T, Н·м	Размеры, мм				Масса, кг
	d	D_0	D	L	
30	15	35	75	80	1,0
80	25	45	90	100	1,85
150	30	50	125	125	2,9

Муфты компенсирующие с промежуточным элементом

Лист 385

Муфта типа М3 по ГОСТ 5006-83





$D_{e1} = mz + 2m$

$D_{i2} = D_{e1} + 2e$

$2c \approx (0{,}5$ и $0{,}25) \cdot m$ для нормальной и повышенной точности. Более точные данные см. ГОСТ 5006-83

Конструкция и размеры уплотнения

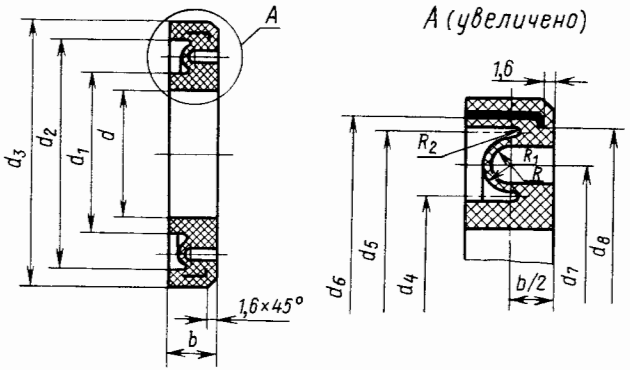


Рис. 3

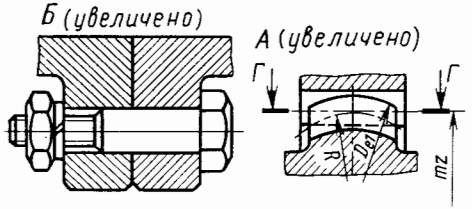


Рис. 1

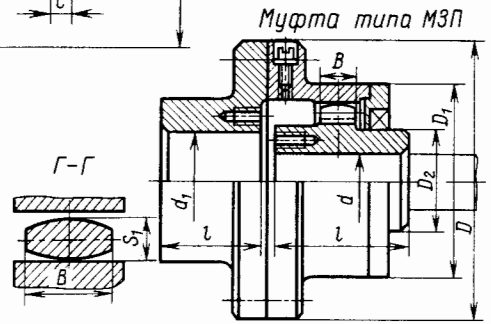


Рис. 2

Таблица к рис. 1, 2

Номинальный крутящий момент, Н·м	Размеры, мм: $d; d_1$ (не более)	D (не более)	D_1 (не более)	D_2 (не более)	L, не более	l (пред. откл. по h14)	C, не менее	B	Частота вращения, c^{-1}, не более	Динамический момент для типа 1, кг·м² (справ.)	Масса для типа 1, кг, не более
1000	40	145	105	60	174	82	12	12	90	0,05	6,7
1600	55	170	125	80				15	80	0,06	9,2
2500	60	185	135	85	220	105		20	75	0,08	10,2
4000	65	200	150	95			18		62	0,15	15,2
6300	80	230	175	115	270	130			55	0,25	22,6
10000	100	270	200	145	340	165		25	47	0,50	36,9
16000	120	300	230	175	345		25	30	40	1,15	62,5
25000	140	330	260	200	415	200	30		35	2,25	100,0
40000	160	410	330	230				35	29	6,00	164,3
63000	200	470	390	290	500	240	35	40	20	10,50	228,0

Таблица к рис. 3

Размеры, мм

Номинальный крутящий момент, Н·м	d	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	R	R_1	R_2	b	Масса кг
1000	55	64	80	$90^{+0,6}_{+0,3}$	65	79	82	72	78	2	3	0,5	12±0,3	0,15
1600	75	84	100	$110^{+0,6}_{+0,3}$	85	99	102	92	98					0,20
2500	80	90	110	$120^{+0,6}_{+0,3}$	92	108	112	100	106			1,0		0,21
4000	90	105	125	$135^{+0,6}_{+0,3}$	107	123	127	115	121					0,22
6300	100	125	149	$160^{+0,7}_{+0,3}$	127	147	152	137	146	3	4		15±0,4	0,31
10000	140	151	175	$185^{+0,7}_{+0,3}$	153	173	177	163	172					0,35
16000	170	178	206	$215^{+0,8}_{+0,4}$	181	203	208	192	204			1,5		0,40
25000	195	207	243	$250^{+0,9}_{+0,4}$	210	240	245	225	239	4	6			0,60
40000	225	245	292	$310^{+0,9}_{+0,4}$	248	288	294	268	286	6	8	2,0	18±0,6	0,65
63000	280	296	344	$360^{+0,9}_{+0,4}$	300	340	346	320	340					0,80

Муфта цепная ГОСТ 20742-81

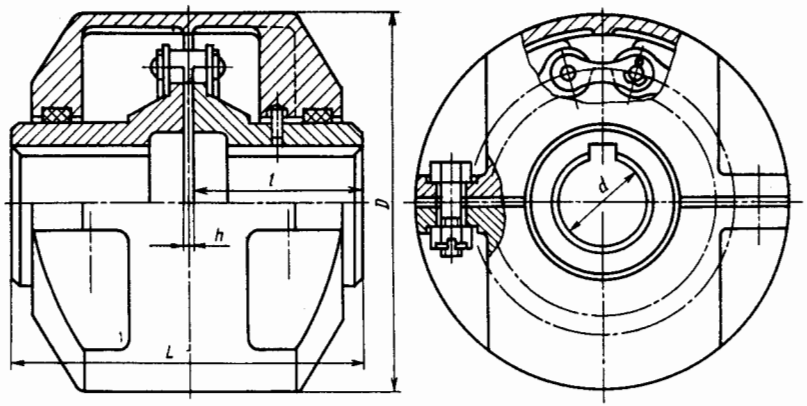


Рис. 1

Муфта с двухрядной цепью

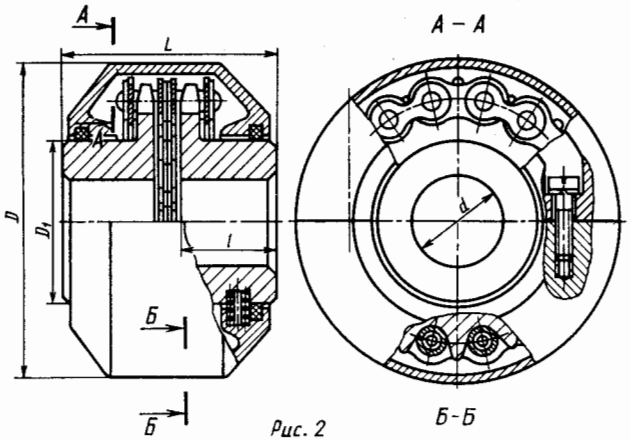


Рис. 2

Муфта зубчатая с неметаллической обоймой

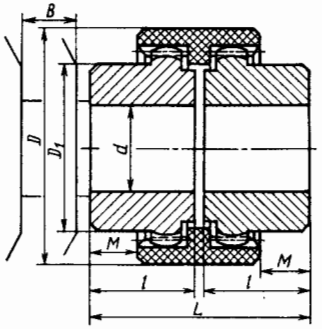


Рис. 3

Таблица к рис. 1

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм					Цепь по ГОСТ 13568—75	Число звеньев цепи	Смещение валов		Масса, кг
		d_{min}	D	L	l	h			угловое	радиальное, мм	
63	1620	20	110	102	36	1,3	Пр-19,05-3180	12	1	0,15	3,2
125	1380	25	125	122	42	1,8	Пр-25,4-6000	10		0,2	4,4
250	1200	32	140	162	58			12			5,05
500	1020	40	200	222	82	2,0	Пр-31,75-8850	14		0,4	14,3
1000	780	50	210	224	82	3,5	Пр-50,8-22680	12			19,5
2000	720	63	280	284	105	3,8				0,6	34,5
4000		80	310	344	130			14			49,0
8000	540	100	350	424	165			16		0,7	71,45

Таблица к рис. 2

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм					Масса, кг
		d	D	D_1	L	l	
21	5700	12,7...25,4	72	39,4	46,5	21	0,54
43	4800	12,7...28,5	82,5	42,5	57	25,4	1,01
110	3600	15,9...38,0	108	57,3	72	31,8	2,08
320	2500	19,0...57,0	156	89	111	50,7	7,1
650	1900	25,4...76,2	210	114	144	63,5	16,2
1080	1500	38,0...95,0	258	140	171	76,2	29,4
2150	1250	50,8...120	312	178	229	103	61,5
3200	1100	57,0...127	358	190	260	114	85,0
4300	950	63,5...133	408	203	285	127	112
9800	750	76,2...172	515	254	342	152	214
16800	650	89,0...190	610	280	406	178	346

Таблица к рис. 3

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм							Масса, кг
		B	l	L	M	D	D_1	d	
10	14 000	15	23	50	6,5	40	25	4...14	0,175
16	11 800	16	25	54	8,5	48	32	8...19	0,226
20	10 600	17	26	56	7,5	52	36	10...24	0,316
45	8500	20	40	84	19	66	44	10...28	0,739
60	7500	20	40	84	18	76	50	12...32	0,95
80	6700	20	40	84	18	83	58	14...38	1,22
100	6000	22	42	88	19	92	65	20...42	1,49
140	5600	22	50	104	27	100	68	20...48	1,81
380	4000	32	70	144	36	140	96	25...65	5,18

Муфты цепные и зубчатые

Лист 387

Муфта шарнирная, ГОСТ 5147-80

Тип 1

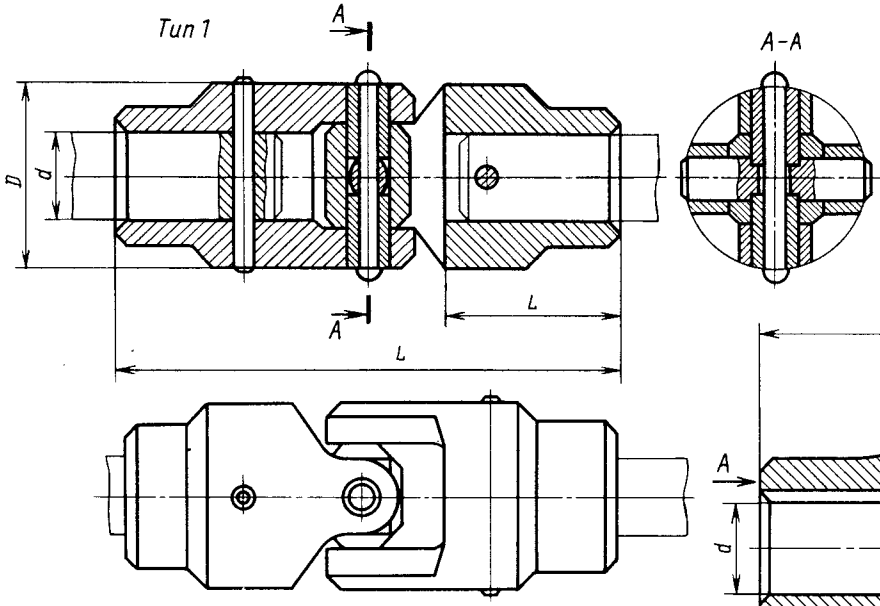


Рис. 1

Тип 2

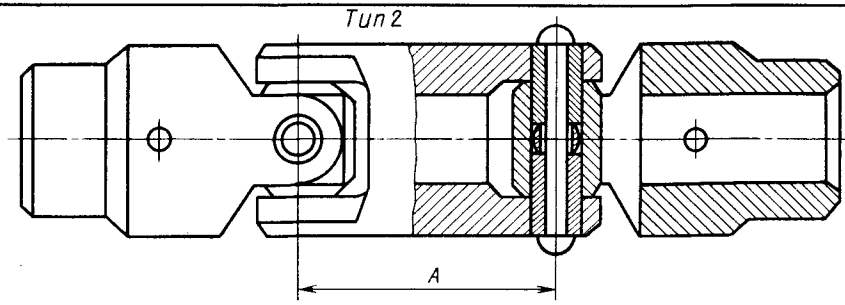
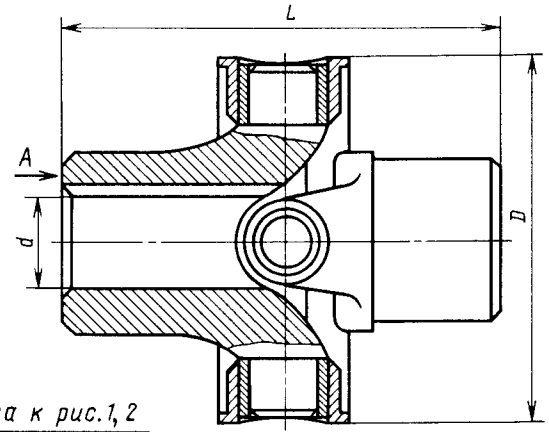
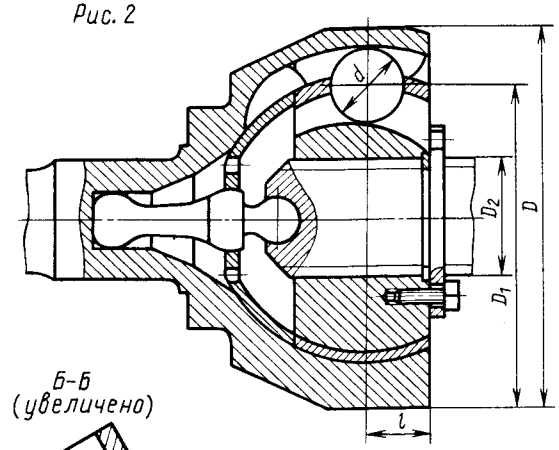


Рис. 2





Б-Б (увеличено)

Рис. 4

Таблица к рис. 1, 2

Номинальный крутящий момент T, Н·м	d для рядов 1	d для рядов 2		L для типов, 1 исполнений 1	L для типов, 1 исполнений 2	L для типов, 2 исполнений 1	L для типов, 2 исполнений 2	l для исполнений 1	l для исполнений 2	A (справочный)	Динамический момент инерции, кг·м²·10⁻⁶ для типов 1 исполнений 1	Динамический момент инерции, для типов 1 исполнений 2	Динамический момент инерции, для типов 2 исполнений 1	Динамический момент инерции, для типов 2 исполнений 2	Масса, кг, не более для типов 1 исполнений 1	Масса, для типов 1 исполнений 2	Масса, для типов 2 исполнений 1	Масса, для типов 2 исполнений 2
11,2	8	—	16	56	—	76	—	20	—	20	0,223	—	0,32	—	0,057	—	0,080	—
	9	—													0,051	—	0,074	—
	10	—		62	56	82	76	23	20			0,198		0,29	0,058	0,047	0,076	0,070
22,4	10	—	20	66	60	92	86			26	0,630	0,560	0,92	0,87	0,100	0,092	0,147	0,139
	11	—													0,094	0,080	0,141	0,127
	12	—		80	70	106	96	30	25						0,102	0,096	0,149	0,148
45,0	12	—	25	86	76	118	108			32	1,440	1,290	2,09	1,94	0,170	0,152	0,242	0,224
	14	—													0,150	0,135	0,222	0,207
71,0	16	—	32	112	88	150	126	40	28	38	5,900	4,840	8,53	7,46	0,390	0,321	0,558	0,489
	18	—													0,367	0,299	0,535	0,467
140,0	—	19	40	140	112	188	160			48	16,300	12,900	24,00	20,60	0,653	0,480	0,973	0,800
	20	—						50	36						0,720	0,590	1,040	0,910
	22	—													0,687	0,550	0,987	0,870

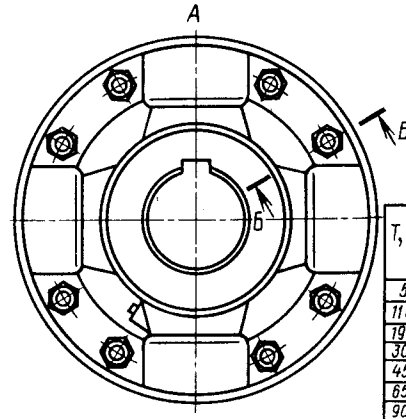


Рис. 3

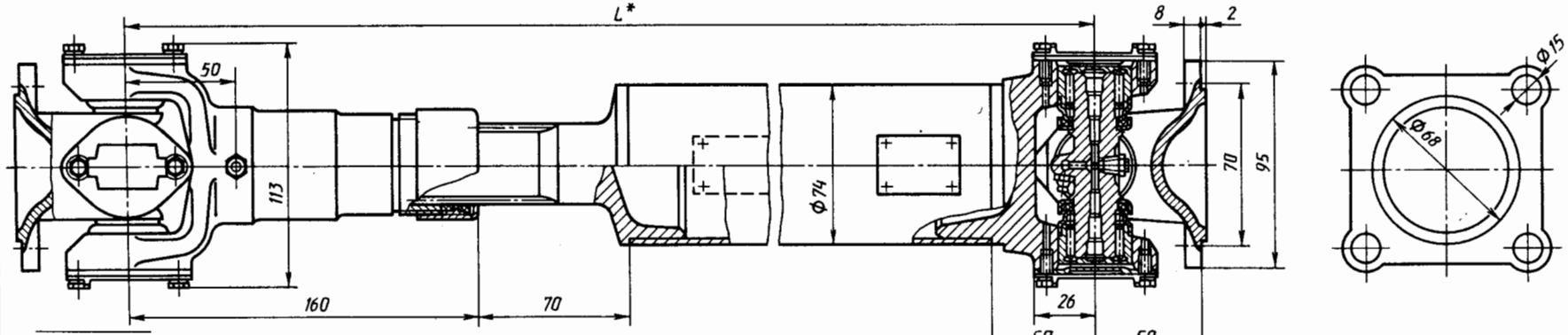
T, Н·м	Размеры, мм (рис. 3) D	l	d	n, мин⁻¹, наиб. при γ 5°	10°	15°
570	215	200	50	350	325	275
1100	254	250	64	300	275	225
1900	305	305	76	250	225	175
3000	356	356	89	200	175	125
4500	406	406	100	150	125	100
6500	457	457	115	125	100	75
9000	508	508	130	100	85	60
15000	610	610	150	80	70	50

Таблица к рис. 4

T, Н·м	Размеры, мм D	D_1	D_2	d	l
1060	85	60	23,5	17,46	14
1500	93	65	25,4	19,05	18
1750	102	71	30	20,64	18,5
2300	110	76	32	22,22	20
3000	120	85	35	24,6	21,5
4150	133	93	38	26,99	25
6900	152	108	45	31,75	29
6900	175	125	50	36,51	33
15000	197	140	57	41,27	36
20000	219	154	64	46,04	36

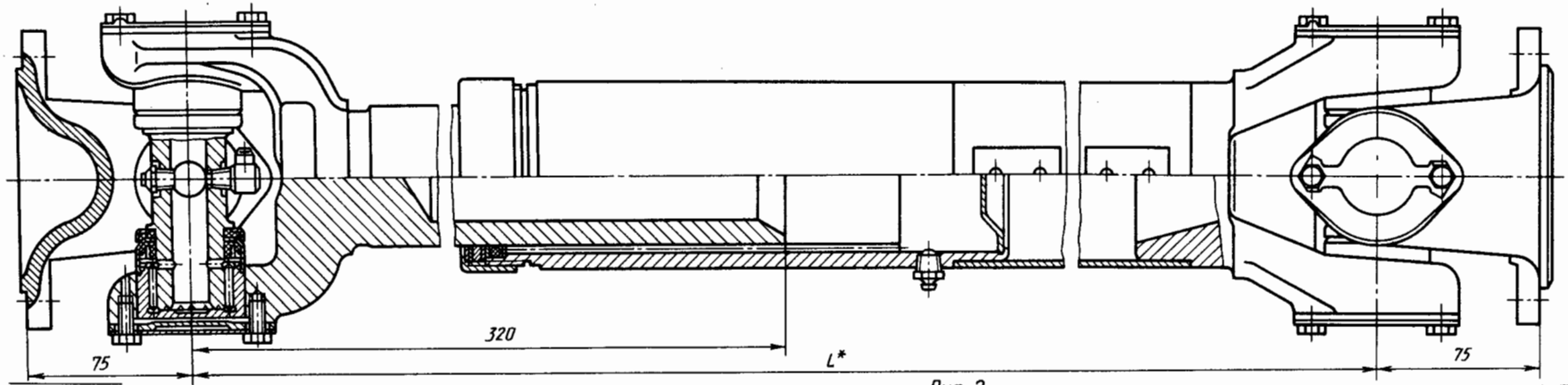
Муфты шарнирные

Лист 388



*L может быть равно 1236; 1170; 540 мм

Рис. 1



*L может быть равно 1307; 800; 500 мм

Рис. 2

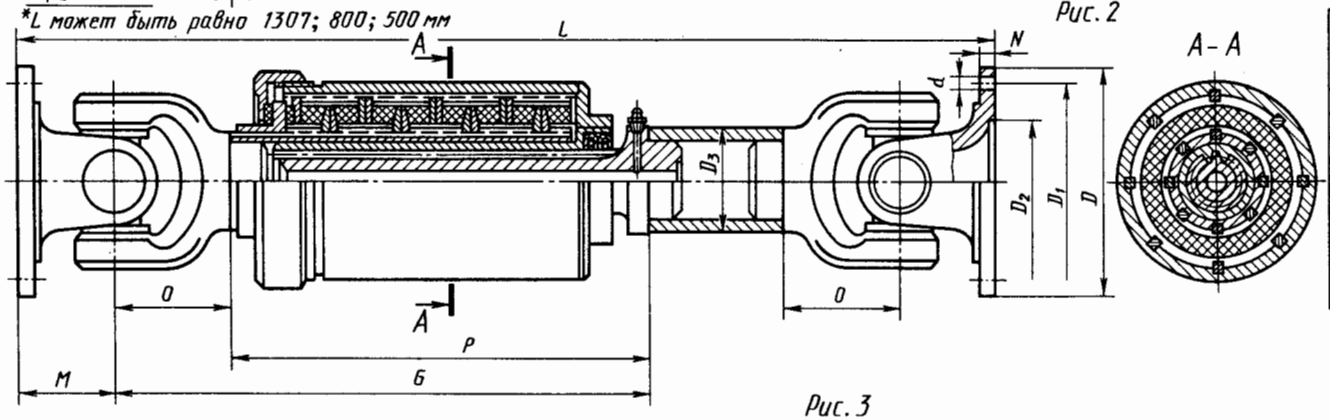


Рис. 3

$T_{ном}$, Н·м	n_{max}, мин$^{-1}$	Размеры, мм										
		D	D_1	D_2	D_3	d	M	N	O	P	G	L
155	3300	90	75	47	50	8	40	6	50	134	227	395
220	3300	100	84	57	50	8	48	7	60	139	240	438
400	2700	120	100	75	70	8	58	9	65	174	300	526
670	2700	120	100	75	70	10	68	9	80	210	350	620
830	2200	150	130	90	90	10	68	9	80	210	360	624
1100	2200	150	130	90	90	12	75	9	90	215	370	670
1900	1850	180	155	110	100	14	90	12	115	300	470	830
3490	1250	255	196	140	120	16	108	15	148	317	520	955
4750	1250	250	218	140	140	18	130	18	175	355	570	1100

Валы карданные

Лист 389

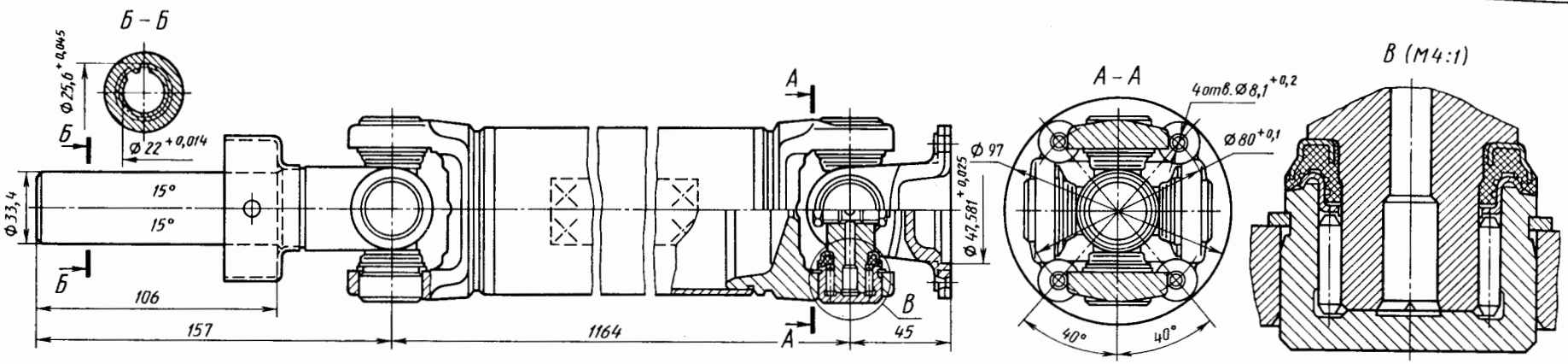
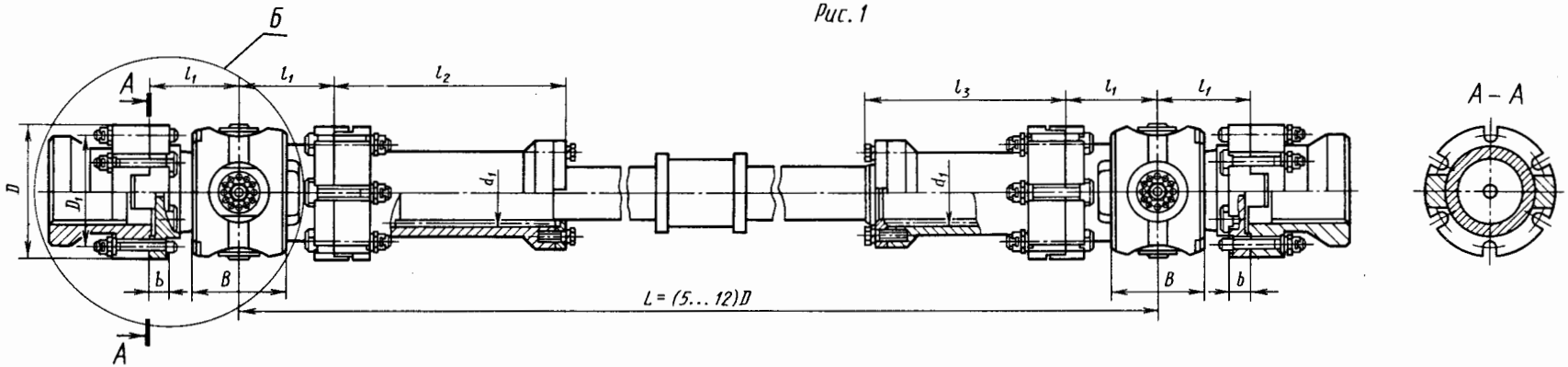


Рис. 1



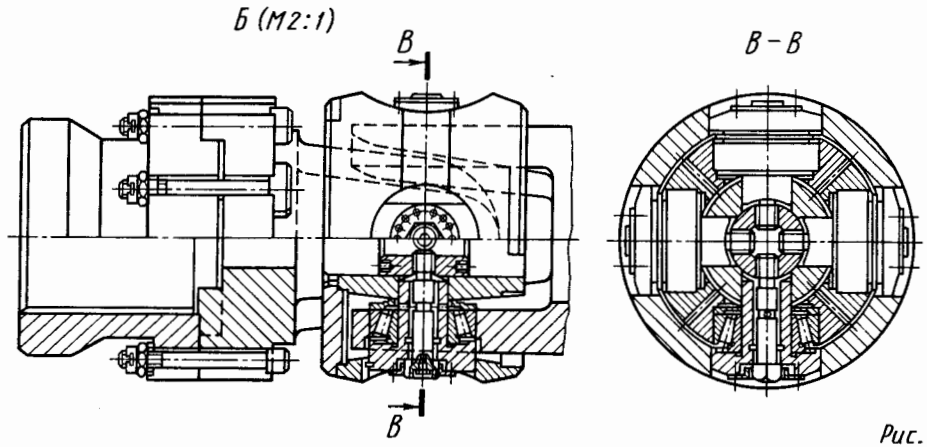


Рис. 2

№ типа-размера шпинделя		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T, кН·м		3,6	3,8	6,3	8	10	13	20	25	38	48	60	87	114	150	180
Размеры, мм	D	140	150	180	210	235	255	280	300	325	370	390	425	470	515	560
	B	100	110	120	140	150	165	185	200	215	240	260	280	310	340	360
	D_1	118	135	155	180	200	215	240	260	280	315	330	355	400	445	480
	d_1	60	70	80	100	110	120	130	140	160	180	190	200	220	260	280
	d_2	50	60	70	90	95	105	115	125	145	165	175	185	195	235	255
	l_1	90	105	115	130	145	160	175	185	205	225	240	270	295	325	345
	l_2	215	250	270	325	393	423	458	458	511	586	610	630	701	776	826
	l_3	152	176	196	236	263	291	311	333	379	428	448	468	515	595	640
	b	20	25	30	30	35	40	40	45	50	50	55	65	70	80	85
Масса, кг		60	98	140	225	310	400	530	670	910	1250	1590	1970	2530	3600	4500

Валы карданные

Лист 390

Муфта типа I

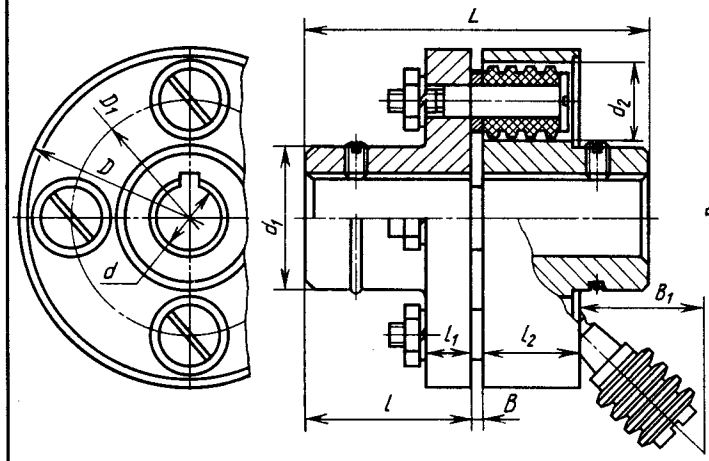


Рис. 1

Муфта типа II

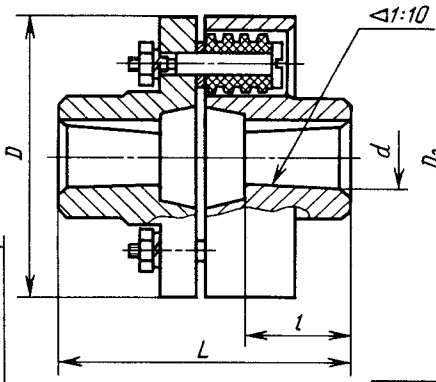


Рис. 2

Пальцы, втулки распорные и втулки упругие

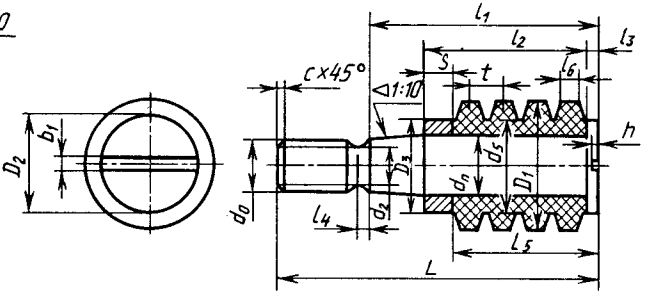


Рис. 3

Полумуфты каждого типа имеют:
исполнение 1 — на длинные концы валов,
исполнение 2 — на короткие концы валов.

Размеры, мм (рис. 3)

Пальцы												Втулки распорные		Втулки упорные				
d_n	D_2	l	d_0	d_2	l_1	l_2	l_3	l_4	h	b_1	c	D_3	s	d_5	D_1	l_5	l_6	t
8	12	21	M6	4,5	19,5	13	1,5	3	1	1,5	1	12	3	12	16	10	2,5	5
10	15	45	M8	6,8	30	19	2	4	1,5	2	1,6	15	4	14	19	15		
14	20	66	M10	7,8	47	33						20	5	20	26	28	3,5	7
18	25	85	M12	9,5	62	42	3		2	3		25	6	25	35	36	4,5	9
24	32	106	M16	13	79	52		5			2	32	8	32	45	44	6	11
30	38	140	M24	19,5	100	66	4	6	3	5	2,5	38	10	40	56	56	7,5	14
38	48	170	M30	25	124	84		8				48	12	50	71	71	9,5	18
45	56	210	M36	30	153	103	5		4	8	3	56	15	60	85	88	11,5	22

Размеры, мм (рис. 1,2)

T, Н·м	d	D	L: Длинные концы валов	L: Короткие концы валов	l: Длинные концы валов	l: Короткие концы валов	D_1	Количество пальцев	n, мин$^{-1}$	B	B_1	l_1	d_1	d_2	l_2	Допускаемое смещение валов: радиальное, мм	Допускаемое смещение валов: угловое, градус
6,3	10, 11, 12, 14	67	51	43	24	20	45	3	8800	3	20	9	22	17	12	0,2	1,5
16,0	12, 14, 16, 18	71	63	51	30	24	50	4	7600				25				
			83	59	40	28							30, 32				
31,5	16, 18, 20, 22	90	84	60			63		6350	4	28	16	30, 32	20	20		
			104	76	50	36							36, 38				
63,0	20, 22, 25, 28	100	124	88	60	42	71	6	5700				36, 40, 45, 48				
125,0	25, 28, 32, 36	125	125	89			90	4	4600	5	42	18	45, 50				
			165	125	80	60							56, 60				
250,0	32, 36, 40, 45	140	225	175	110	85	105	6	3800				56, 63, 71, 75	28	32	0,3	1,0
500,0	40, 45, 50, 56	170	225	175	110	85	130	8	3600	5	56	18	71, 80, 90, 95	28	32	0,3	1,0
1000,0	50, 56, 63	210	226	176			160	10	2850	6		24	90, 100, 110	36	40	0,4	
			286	216	140	105											
2000,0	63, 71, 80, 90	260	288	218			200		2300	8	71	30	110, 125, 140, 150	48	48		
			348	268	170	130											
4000,0	80, 90, 100, 110	320	350	270			240		1800	10	85	38	140, 160, 180	60	60		
			430	350	210	170											
8000,0	100, 110, 125, 140	420	432	352			320		1450	12	110	48	180, 200, 220, 240	75	75		
			512	412	250	200											
10000,0	125, 140, 160, 180	530	434, 514	354, 414	210, 250	170, 200	400		1150	14	130	56	220, 250, 280, 300	90	95		
			614	494	300	240											

Муфта МУВП с тормозным барабаном

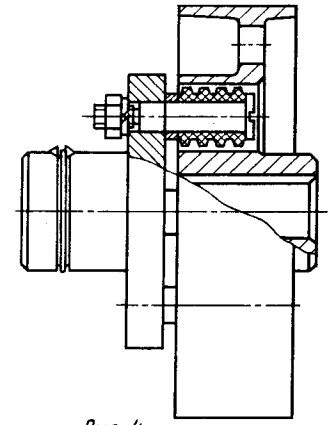


Рис. 4

Муфты упругие втулочно-пальцевые (МУВП) ГОСТ 21424-75

Лист 391

Муфта с резиновой звездочкой, ГОСТ 14084—76

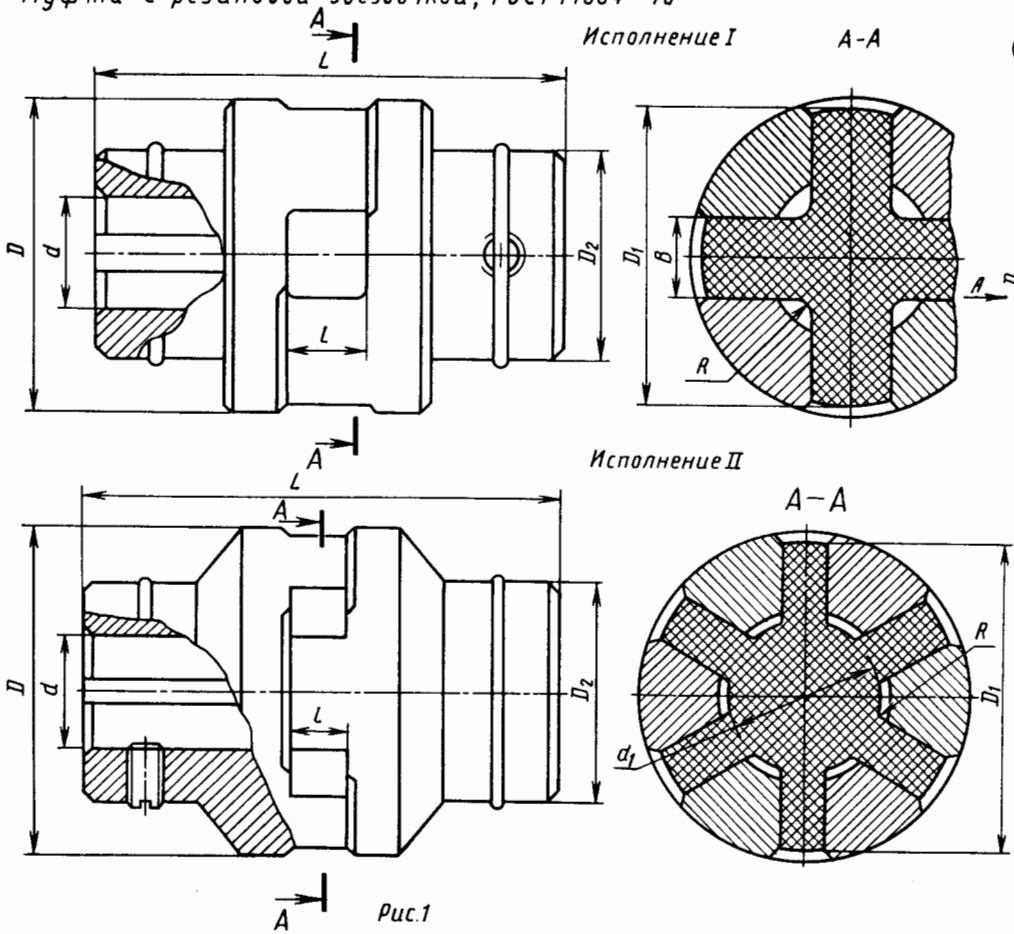


Рис.1

Таблица к рис. 1, 2

Исполнение	$T_н$, Н·м	n, $мин^{-1}$	Размеры, мм														Масса, кг
			D	D_1	D_2	d	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	B	b_1	b_2	R	
I	2,5	6500	32	30	20	6—7	45,5	28	10,5	10,5	16	6	8,5	4	16	1,2	0,16
	6,3	5000	45	42	22—26	10—14	59,5	35	10,5	10,5	16	8	10,5	5	20	1,6	0,3
II	16,0	4500	53	50	26—28	12—18	81,0	48	15,0	15,0	28	10	10,5	5	—	1,6	0,6
	31,5	4000	71	70	30—34	16—22	101,0	58	15,0	15,0	28	10	12,5	6	—	1,6	0,9
	63,0	3500	85	80	36—42	20—28	128,0	75	22,0	22,0	40	12	14,5	7	—	2,0	1,9
	125,0	3000	105	100	45—55	25—36	148,0	85	22,0	22,0	40	12	16,5	8	—	2,0	3,5
	250,0	2000	135	130	55—70	32—45	191,0	108	25,0	25,0	48	12	18,5	9	—	3,0	8,0
	400,0	1500	166	160	63—75	38—45	196,0	113	30,0	30,0	56	12	20,5	10	—	3,0	12,0

Полумуфта (исполнение II)

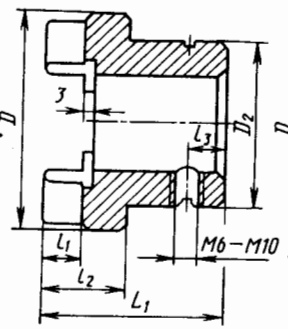


Рис.2

Муфта Pouille со звездочкой

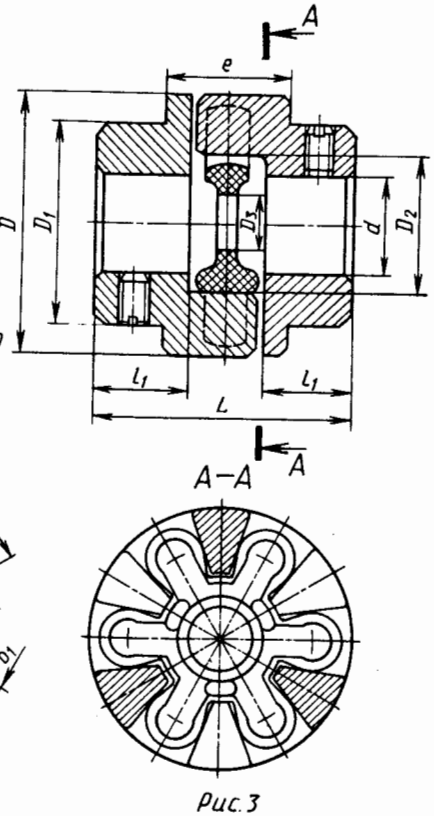


Рис.3

Таблица к рис. 3

T, Н·м	Размеры, мм							
	d		D_1	e	D_3	D_2	L	l_1
	Чугун	Сталь						
3,6	12	14	25	16	12±0,3	19±0,3	34	12
8,6	16	18	32	20	16±0,3	24±0,3	44	16
23	22	24	40	27	22±0,3	32±0,4	60	22
50	28	30	50	36	28±0,4	41±0,4	70	28
120	38	40	68	44	38±0,4	54±0,5	104	38
286	50	53	85	52	50±0,5	68±0,6	134	50

Муфты со звездочкой

Лист 392

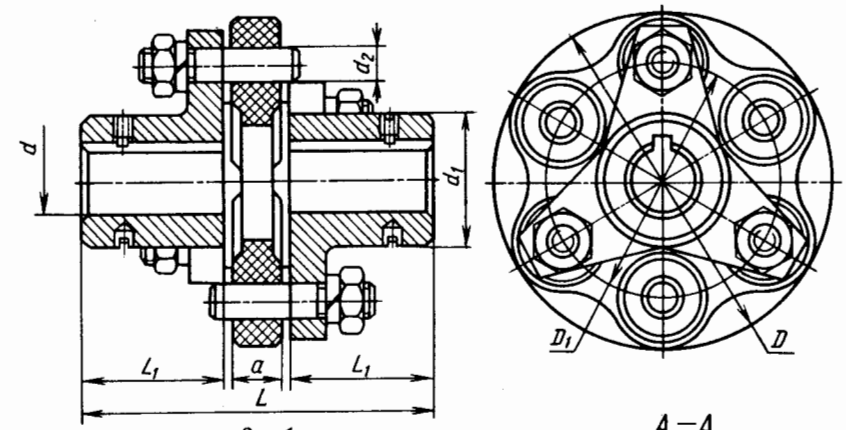


Рис.1

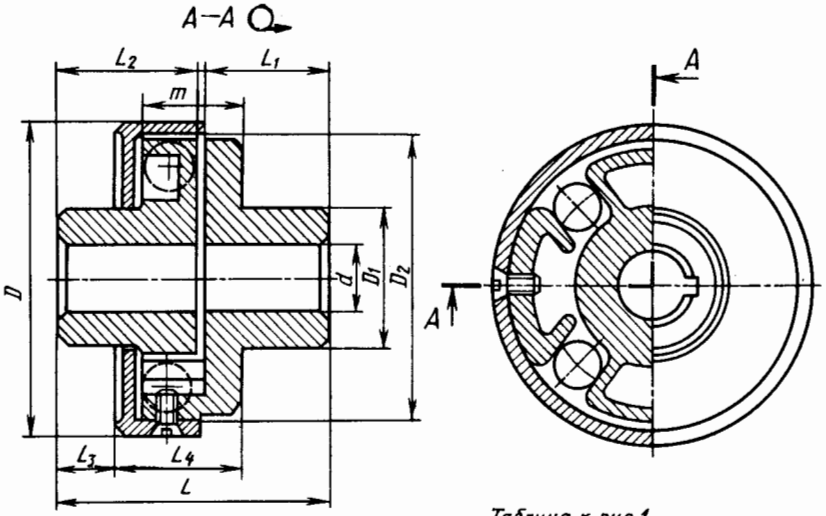
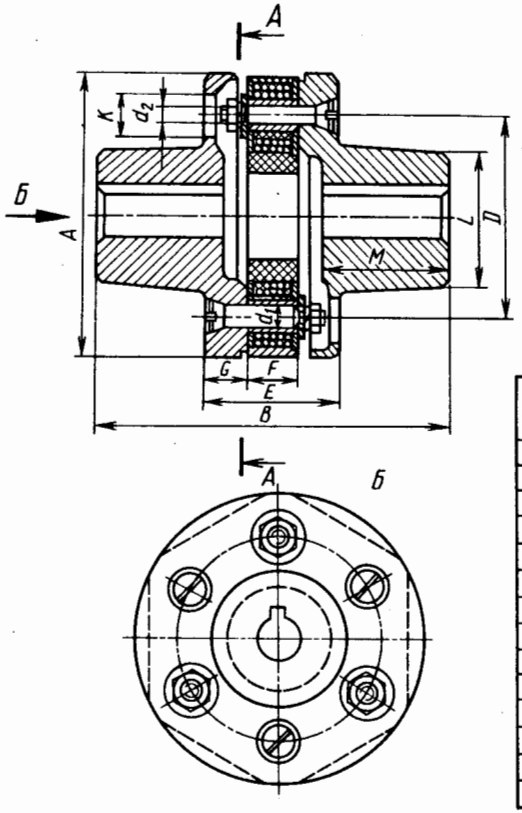


Рис.2



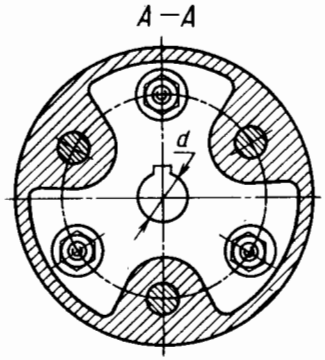


Рис.3

Таблица к рис.1

T, Н·м	Размеры, мм							
	D	D_1	d	d_1	d_2	a	L	L_2
4,0	60	44	14	22	8	12	78	32
8,0	80	56	18	28	10	14	100	42
16,0	100	70	20	35	12	16	110	45
31,5	125	90	25	42	12	18	132	55
63,0	160	115	35	54	16	24	166	68

Таблица к рис.3

T, Н·м	n, $мин^{-1}$	Размеры, мм											
		A	B	d	D	E	F	G	d_1	d_2	K	L	M
75	6000	78	80	30	50	32	12	8	7,8	—	—	41	32
100	5500	98	116	32	65	43	15	14	10	6	16	46	45
150	5500	98	116	32	65	43	15	14	10	6	16	46	45
200	5000	124	146	42	85	54	18	18	12	8	20	58	54
300	5000	124	146	42	85	54	18	18	12	8	20	58	54
400	4500	144	177	50	100	65	21	22	14	10	23	68	65
600	4500	144	177	50	100	65	21	22	14	10	23	68	65
800	3500	182	214	70	132	82	26	28	16	12	30	92	80
1200	3500	182	214	70	132	82	26	28	16	12	30	92	80
1600	2800	232	280	100	170	102	32	35	20	14	32	126	110
2400	2800	232	280	100	170	102	32	35	20	14	32	126	110
3200	2400	268	340	110	190	130	42	44	24	16	37	142	123
4800	2400	268	340	110	190	130	42	44	24	16	37	142	123
6000	2000	330	424	145	240	136	48	44	24	16	37	184	160

Таблица к рис. 2

T, Н·м		n, $мин^{-1}$	Размеры, мм									Упругий элемент		
Шар	Цилиндр		d	D	L	D_1	L_1	L_2	L_3	L_4	m	Число	диаметр шара, мм	диаметр цилиндра, мм
5,7	11,5	7100	18	68	60	38	29	29	11,5	25,5	20	4	12	10
11,4	22,8	6700	22	82	70	45	34	34	14,5	29,5	24		14	12
22,8	45,6	6300	28	95	82	55	40	40	17,5	34,5	29		17	15,5
46,5	93,0	6000	42	117	98	65	48	48	22	40	34		20	19
93,0	186	5500	50	142	123	75	60	60	27	50	43		26	24
18,6	372	5000	60	174	155	90	76	76	34	61	53		34	32,5
32,2	644	4500	70	204	186	105	91	91	42	71	62		40	38
51,3	1026	4000	80	234	214	120	105	105	49	80	71		47	45

Муфты с резиновым упругим элементом

Лист 393

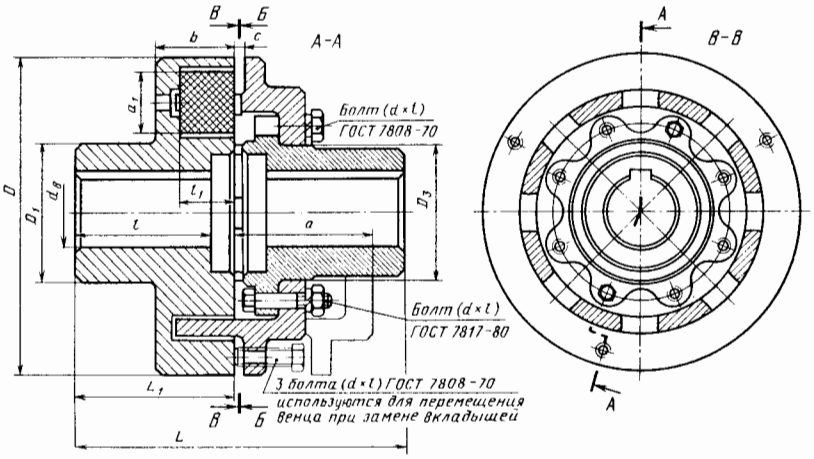


Рис. 1

Таблица к рис. 1

T, Н·м		Размеры, мм												Болт ГОСТ 7817-80		Болт ГОСТ 7808-70		Вкладыш					Масса, кг	J, кг×м²
																		мм						
номин.	наиб.	n, мин⁻¹	$d_н$	D	L	b	c	a	D_1	D_2	D_3	L_1	l	$d \times l$, мм	Число	$d \times l$, мм	Число	a_1	b_1	l_1	R	Число		
50	125	3800	25, 30, 36	150	155	42		70	60	102	60	75	60	M8×35		M8×25	4	30	16	30	8	6	6,95	0,01
170	420	2700	40, 45, 50	200	205	50		85	90	142	85	100	85	M10×45		M10×35		40	20	35	10		14,6	0,11
380	940	2200	55, 60, 70	260	245	60	5	110	120	190	120	120	100	M12×55	2	M12×40	6	52		45		8	32,3	0,18
680	1700	1900	70, 80, 90	300	285	65		125	150	218	135	140	120					60	24	48	12		51,1	0,3
1150	2900	1635	90, 100	360	325	82		135	160	265	160	160	135	M16×65		M16×45		73	32	60	16		72,1	0,6
2200	5500	1435	100, 110	400	365	90		145	190	300	180	180	150		3		7	78	36	65	18		102	1,1
3500	8900	1275	110, 120	450	390	100		170	200	330	200	190	160	M20×80		M20×60		88		75			149	3,0
5500	13900	1200	110, 120, 130	500	410	120		190	210	355	210	200	170	M20×85		M20×65		108	40	90	20		203	3,1
7600	19000	1050	140, 150	560	450		10	200	250	415	250	220	185		4		6					10	270	4,5
12000	30000	915	160, 170	630	510	140		240	280	460	280	250	215	M24×90		M24×65		128	50	110	25		390	12,6
20000	49200	820	170, 180, 190, 200	710	570	170		270	340	520	320	280	240					148	60	130	30		600	21,2
33000	83300	675	220, 240, 250	850	650	215		300	400	620	400	320	280	M30×110	5	M30×80	5	187	80	170	40		952	53,3
47000	117500	600	250, 280, 300	950	755		15	320	480	710	780	370	320										1350	89,2
71000	175500	500	320, 340, 360	1120	855	260		380	560	825	530	420	370	M36×150	6	M36×110	6	220	100	200	50	12	2200	19
117000	293000	430	360, 400	1320	940	290	20	450	630	1000	600	460	400	M48×190		M48×170		245		220			3362	30
162500	406500	380	420, 450	1500	1080	310		500	710	1120	700	530	470					300	125	240	625		4822	10

Муфты с резиновыми упругими элементами

Лист 394

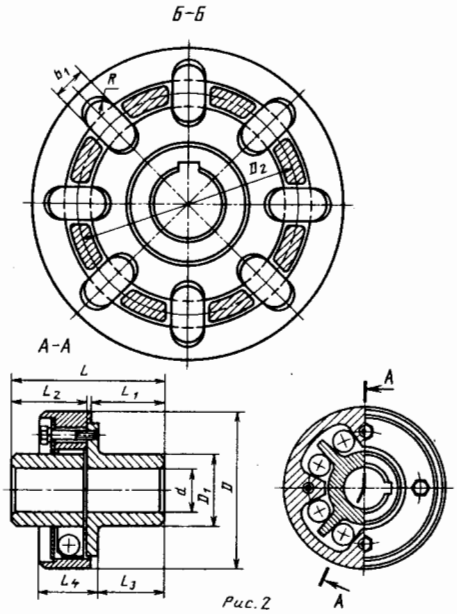


Рис. 2

Таблица к рис. 2

T, Н·м		Размеры, мм									Упругий элемент		
Шар	Цилиндр	n, мин$^{-1}$	D	d	D_1	L	L_1	L_2	L_3	L_4	Число	Диаметр, мм	
												шара	цилиндра
12,5	25	7100	60	24	38	61	30	30	26	21		10	9
21	42	6700	72	32	45	72	35	35	31	25		12	10
35	70	6300	85	38	55	82	40	40	34	31		14	12
62,5	125	6000	105	45	65	102	45	50	42	39		17	15,5
105	210	5000	130	55	76	132	50	65	55	42	8	20	19
215	430	4200	160	65	95	155	65	76	64	53		26	24
445	890	3900	195	75	110	193	76	95	80	68		34	32,5
710	1420	3600	230	85	120	224	95	110	92	81		40	38
1180	2360	3300	275	100	145	264	110	130	110	92		47	45
1880	3760	3000	320	115	170	305	130	150	126	109		55	52

Таблица к рис. 1

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм									Винты	
		d		D	D_1	D_2	L	L_1	L_2	L_3	Число	Размеры
		min	max									
30	6200	9	22	100	40	72	85	32			3	
45	5500	10	28	125	50	83	89	35			4	
80	5100	15	35	135	60	93	118	48			6	
140	4100	18	50	165	80	122	138	58	36	45	8	M6 × 20
210	3700	20	55	187	90	148	157	65			10	
300	3200	22	60	216	95	175	167	70			12	
65	4300	14	30	160	60	105	121	46			3	
130	3900	15	35	176	70	120	131	51			4	
230	3300	15	50	206	80	140	145	60			5	
300	3100	18	60	218	100	155	165	68	53,5	70	6	M8 × 25
500	2600	20	65	264	110	200	185	78			8	
800	2200	25	75	312	120	250	195	80			10	
1200	1900	30	90	360	140	300	235	98			12	
400	2100	25	70	322	105	195	190	70			3	
650	2000	30	80	335	120	212	210	78			4	
1200	2000	30	80	340	120	230	224	85			5	
1500	1800	32	95	385	155	260	240	93	80,5	110	6	M14 × 40
2650	1500	40	110	463	165	340	300	120			8	
4000	1300	45	120	537	175	415	350	140			10	
6000	1100	50	130	620	195	500	360	145			12	

Таблица к рис. 2

Обозначение муфты	T, Н·м, при среднем давлении, МПа								Размеры, мм				Угол закручивания, градус		Оболочка		Масса, кг	J, кг·м^2
	0,2		0,4		0,6		0,8		D	D_1	D_2	B_2	норм.	наиб.	Тип	Число		
	норм.	наиб.	норм.	наиб.	норм.	наиб.	норм.	наиб.										
4/104—320	2600	6350	3700	9200	4800	12000	6000	15000	500	320	160	240	12,5	18		4	160	2,12
6/104—400	4850	12100	7050	17600	9200	23000	11350	28200	590	400	240	316	10	14,5	L104	6	260	4,87
8/104—450	7400	18500	10700	26700	13950	34900	17250	43200	640	450	290	326	9	13		8	350	7,25
4/107—855	2960	7400	4650	11600	6250	15700	7600	19000	530	335	115	320	9	14		4	220	4,0
6/107—435	5850	14600	9000	22500	12200	30500	14900	37200	655	435	215	384	7	10,5	L107	6	355	8,37
8/107—500	7800	19500	12250	30600	16500	41200	20000	50000	760	394	280	394	6	9,4		8	520	15,0
4/204—380	2250	5600	3800	9450	5350	13350	6900	17200	550	380	220	306	18	26,5		4	180	2,88
6/204—450	3960	9900	6700	16800	9500	23700	12250	30600	650	450	290	316	15,2	22,4	L204	6	310	6,50
8/204—640	7500	11800	12750	31850	18000	44000	23700	58000	820	640	480	326	10,7	15,8		8	595	18,7
4/207—375	4200	10500	7000	17400	9600	24000	12300	30800	600	375	140	388	20	31,6		4	275	4,37
6/207—515	8800	22000	14000	35000	19800	49500	25400	63500	750	515	280	400	14,5	23	L207	6	480	17,5
8/207—647	12000	30000	20000	50000	28000	70000	36000	90000	870	647	412	410	10,5	17		8	685	26,5
6/212—565	12300	30800	19700	49300	27100	67800	34400	86000	800	565	290	460	14	22		6	590	26,5
10/212—945	34400	86000	55000	13750	75600	189000	96000	240000	1210	945	670	485	7,5	12,5	L212	10	1660	132,5
20/212—1800	131200	328000	209600	32400	28800	720000	36600	915000	2400	1800	1530	525	4,25	7		20	3690	934,0

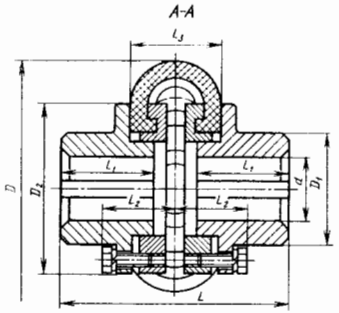
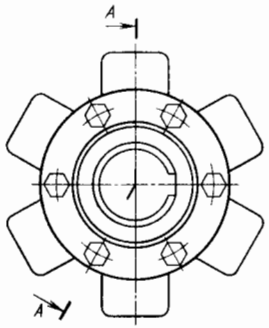
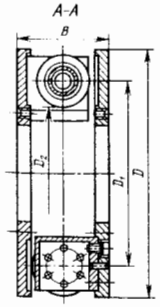


Рис. 1





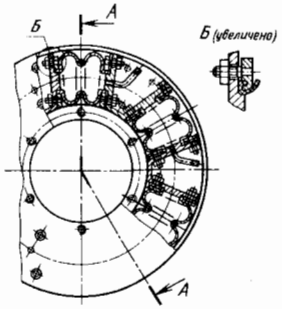
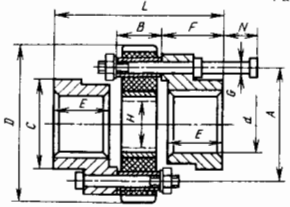


Рис. 2



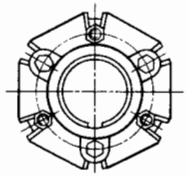


Рис. 3

Таблица к рис. 3

T, Н·м	Размеры, мм											
	A	B	C	d		E	F	H	D	L	N	G	Число болтов
				пред.	max								
12	45	22	32	8	20	21	24	10	59	70	22	M6	4
20	55	25	40	10	25	23,5	21,5	10	70	80	29,5	M8	4
40	65	28	45	12	30	25	31	30	91	90	31	M8	6
80	76	30	50	15	35	34	40	30	108	110	28	M10	6
100	85	36	63	20	45	36	42	42	118	120	36	M10	6
160	100	46	70	25	50	45	52	44	142	150	42	M12	6
210	132	50	98	30	68	53	60	61	188	170	40	M14	6
400	150	56	114	35	78	66	77	66	207	210	45	M16	6
550	170	62	125	40	86	67	79	72	235	220	55	M20	6
800	186	68	140	45	96	71	86	80	250	240	68	M20	6
1200	210	78	153	50	110	86	101	100	285	280	65	M24	8
1800	240	86	193	60	130	94	112	118	318	310	74	M24	8

Муфты с торообразной оболочкой, ГОСТ 20884–82 (Рис.1,2)

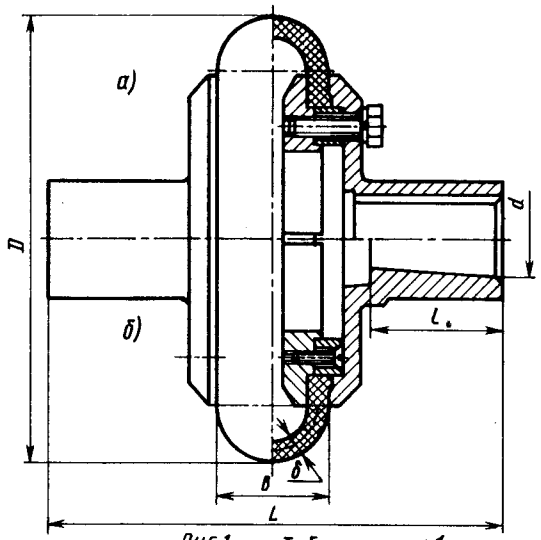


Рис.1

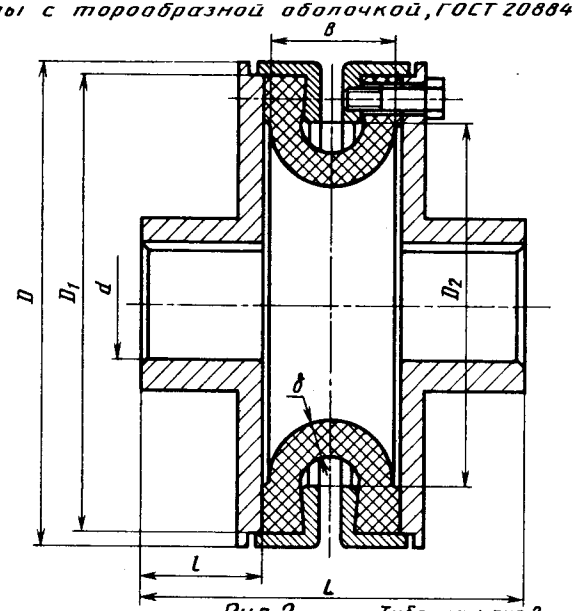


Рис.2

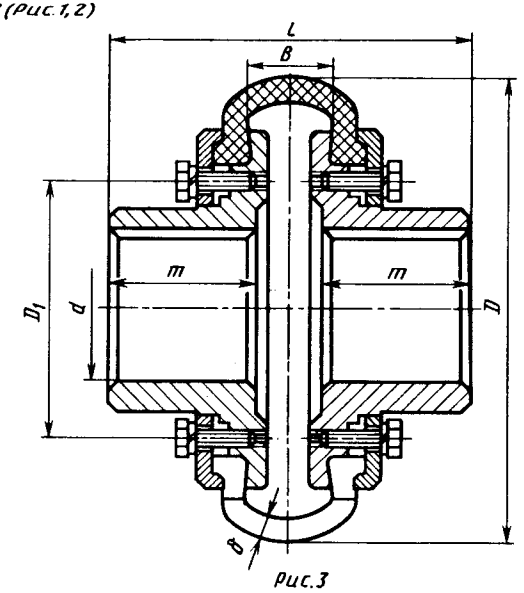


Рис.3

Таблица к рис 1

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм D	d, наим	l	L	Угол закр.	J, кг·м²	Масса, кг
20	3000	100	14	30	110	5,5°	0,002	1,4
40		125	18	38	130		0,004	2,5
80		160	22	44	150		0,014	4,5
125	2460	180	25	60	175		0,025	6,9
200		200	30	60	200		0,042	8,4
250	1980	220	32	84	240		0,074	12
315		250	35	84	250		0,12	15
500	1560	280	40	84	270		0,21	23,3
800		320	50	108	310		0,39	31

Таблица к рис.2

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм D	D_1	D_2	d, наим	в	б	l	L	Угол закр.	J, кг·м²	Масса, кг
25	5580	110	108	85	14	32	7	30	100	16°	0,004	2,1
40	5160	130	125	100	18	37	8	38	120		0,007	2,8
63	4800	150	145	120	22	44	9	44	140	14,5°	0,012	3,6
100	4200	170	165	140	25	50	11	44	145		0,019	5,4
160	3700	190	185	160	30	58	12,5	60	190	15,5°	0,03	6,7
250	3180	220	215	186	32	68	14,5	60	200		0,068	11,6
400	2830	260	250	218	36	80	17	84	260		0,143	17,8
630	2520	300	290	255	45	93	20	84	275		0,238	22,6
1000	2260	340	335	300	55	110	23	108	330		0,32	32,4

Таблица к рис.3

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм d	D	D_1	l	в	m	Масса, кг
10	3000	12	104	50	64	16	28	1,1
30		15	136	65	88	18	35	2,4
70		20	178	85	125	35	47	5,4
150	2500	25	210	110	150	38	59	9,3
300	2000	30	263	140	174	44	67	17,5
600		38	310	180	200	42	75	28

Муфты упругие с торообразной оболочкой	Лист 396

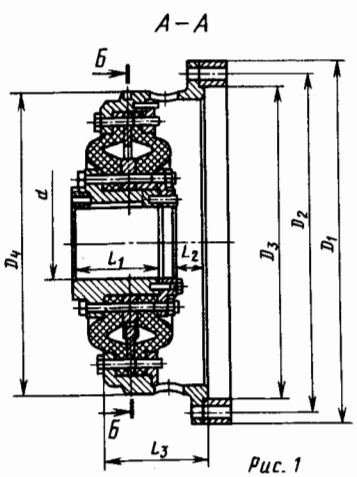


Рис. 1

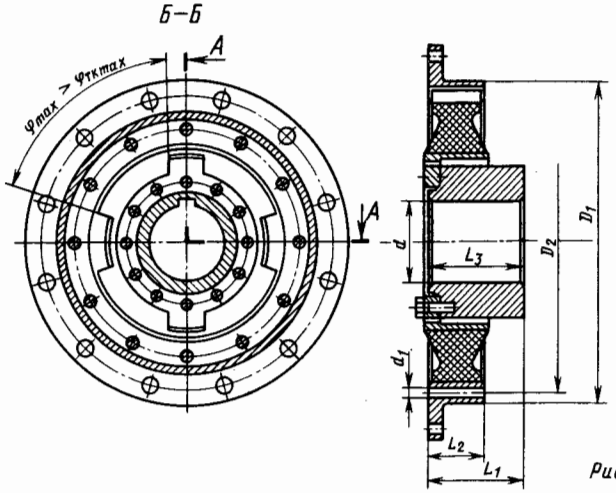


Рис. 2

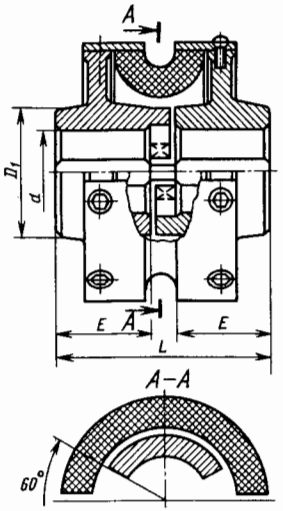


Рис. 3

Таблица к рис. 1, 2

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм								Угол закруч., градус	Масса, кг
		D_1	D_2	D_3	D_4	d	L_1	L_2	L_3		
400	5870	252	235	218	210	20	62	14	83	11,0	8,5
630	5100	290	268	246	238	25	69	14	92	12,0	12,5
1000	4480	330	304	278	270	30	80	16	106	13,0	18,1
1600	3890	380	354	328	317	40	103	16	132	13,5	30,7
2500	3890	380	354	328	317	40	103	16	132	17,5	30,7
4000	3330	445	420	392	375	50	126	21	162	17,0	51,4

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм								Крутящаяся жесткость, Н·м/рад	Масса, кг
		D_1	D_2	d	d_1	Число отв.	L_1	L_2	L_3		
400	5300	263	244	20	11	6	81	34	82	1900	9,2
630	4100	314	295	25	11	8	73	40	82	2600	12,3
1000	3600	352	333	35	11	8	106	48	105	4600	21,3
1600	3200	467	438	35	14	8	92	53	105	7100	30,3
2500	2700	467	438	45	14	8	92	62	105	11700	39,7
4000	2400	467	438	50	14	8	92	80	105	19200	46,2

Таблица к рис. 3

T, Н·м, ном.	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм							Масса, кг
		d		D	L	C	E	D_1	
		пред.	наиб.						
16	4000	12	25	85	64	60	28	40	1,7
40	4000	12	30	110	85	75	35	50	2,9
100	3000	19	50	150	125	88	55	75	7
160	3000	19	55	175	135	106	60	85	10
250	2000	23	60	205	150	120	65	100	16
400	2000	33	70	240	170	140	75	115	26
630	2000	33	80	275	195	156	85	130	37
1000	1500	43	90	325	225	188	100	150	60

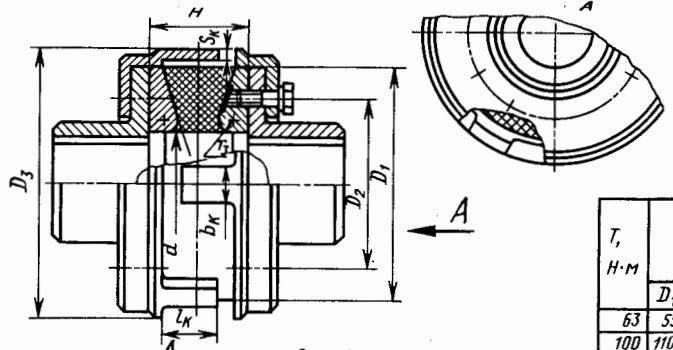


Рис.1

Таблица к рис.1

T, Н·м	Размеры, мм								α, градус	Допустимое смещение валов		Число винтов в полумуфте
	D_1	D_2	D_3	L	d	r_3	H	$d_{вин}$		угловое γ, град	радиальное Δ, мм	
63	55	65	110	120	38	4,0	38	M6	17	1°12′	1,0	6
100	110	75	125	135	40	4,0	45	M8	17	1°20′	1,1	6
160	130	90	150	165	50	5,0	55	M8	17	1°20′	1,5	8
250	150	100	172	180	60	6,0	60	M8	17	1°20′	1,7	8
400	180	120	205	220	70	7,0	72	M10	17	1°20′	1,9	8
630	210	140	240	250	85	8,5	85	M12	17	1°20′	2,3	8
800	220	145	250	270	90	9,0	90	M12	17	1°20′	2,5	8
1000	240	160	275	290	95	9,5	95	M16	17	1°20′	2,6	8
1600	280	186	320	350	115	11,5	115	M16	17	1°20′	3,2	8
2500	340	225	390	420	140	14,0	140	M20	17	1°20′	3,9	8
4000	360	255	435	450	150	15,0	152	M20	17	1°20′	4,2	12
6300	450	300	515	540	180	18,0	180	M24	17	1°20′	5,0	12

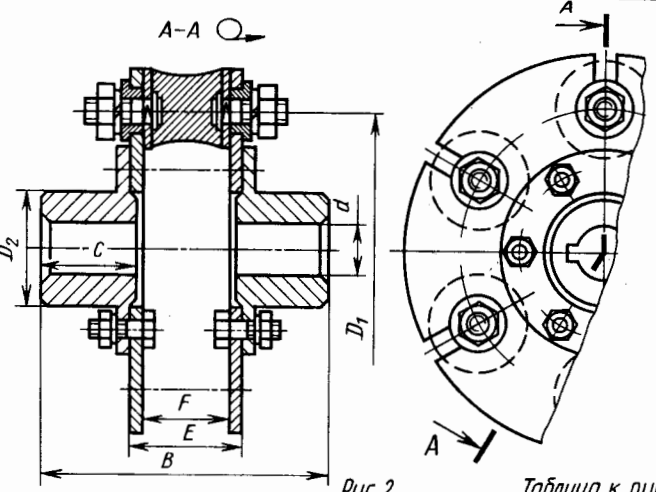


Рис.2

Таблица к рис.2

T, Н·м	n, $мин^{-1}$	Число упр. элементов	Размеры, мм								
			d		D	D_1	D_2	B	E	F	G
			min	max							
10	4000	6		26	80	60	40	59	29	19	20
30	3000	3		35	172	114	50	114	52	44	35
50	3000	3		35	172	114	50	114	52	44	35
80	3000	6	18	45	187	130	69	138	52	44	46
120	3000	6	18	45	187	130	69	138	52	44	46
160	3000	8	18	56	250	190	84	161	52	44	57,5
220	2500	8	18	56	250	190	84	161	52	44	57,5
300	2000	8	18	56	270	200	84	185	76	60	57,5
550	1500	12	23	80	300	236	115	240	76	60	85
1050	1500	16	28	100	395	330	145	275	76	60	100
1460	1500	12	28	120	430	340	177	356	90	70	136
2320	1500	12	28	120	475	380	177	356	100	76	136

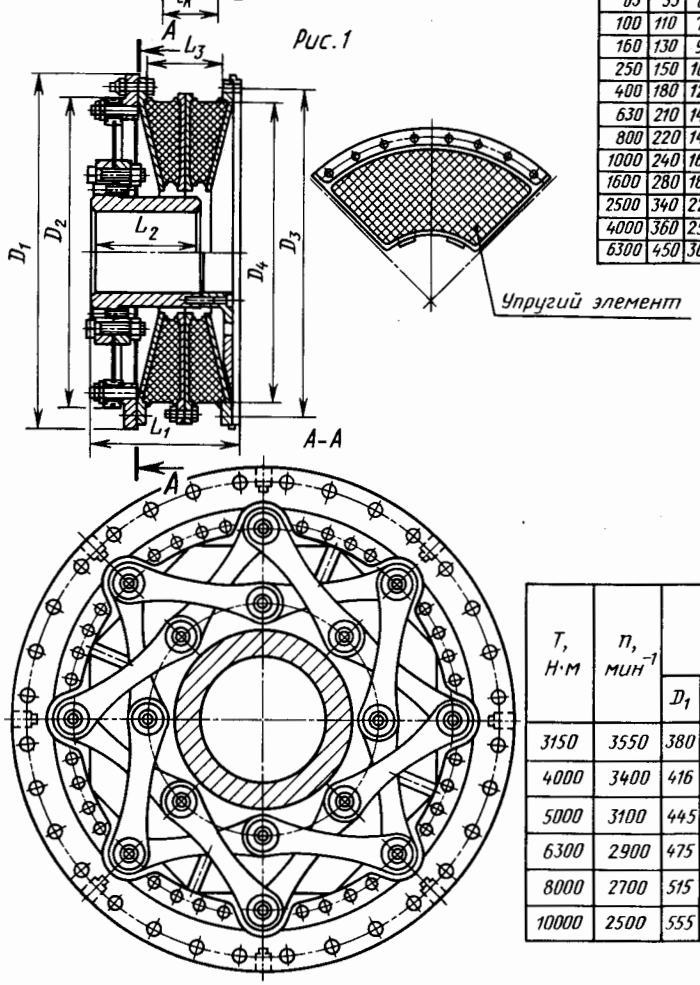


Рис.3

Таблица к рис.3

T, Н·м	n, $мин^{-1}$	Размеры, мм							Допуск. смещение валов		Крутильная жесткость, Н·м/рад	Относит. демпфирова.	J, кг·м²	Масса, кг
		D_1	D_2	D_3	D_4	L_1	L_2	L_3	Радиальное, мм	Осевое, мм				
3150	3550	380	333	373	355	173	125	84	3	3,5	25200	1,5	0,76	36,8
4000	3400	416	358	408	384	185	135	87	3	3,5	32000	1,5	1,22	61
5000	3100	445	386	436	412	200	145	92	4	4	40000	1,5	1,65	74
6300	2900	475	418	466	442	205	150	99	4	5	50400	1,5	2,3	90,3
8000	2700	515	452	508	480	215	155	104	4	5	64000	1,5	3,3	109,5
10000	2500	555	490	546	518	225	160	112	4	5	80000	1,5	4,6	133,5

Муфты с привулканизированными упругими элементами

Лист 398

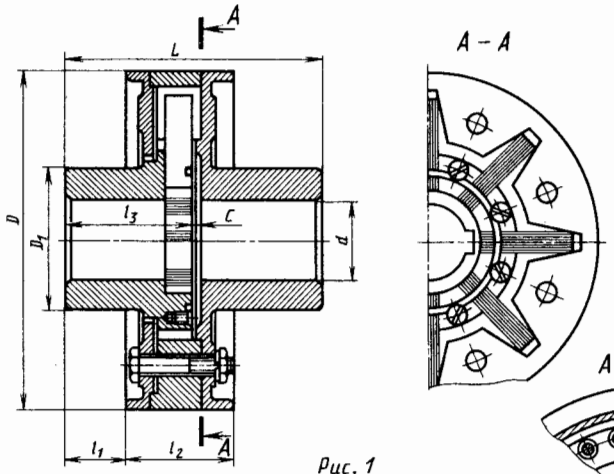


Рис. 1

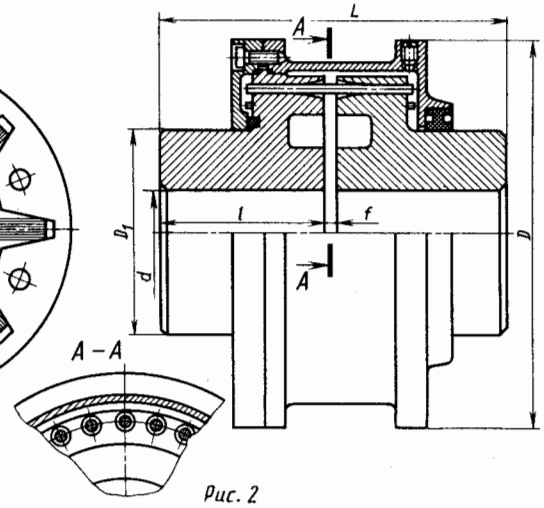


Рис. 2

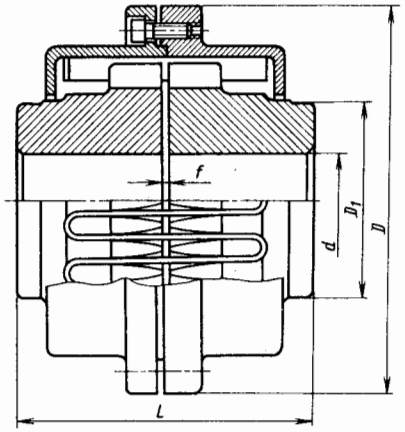


Рис. 3

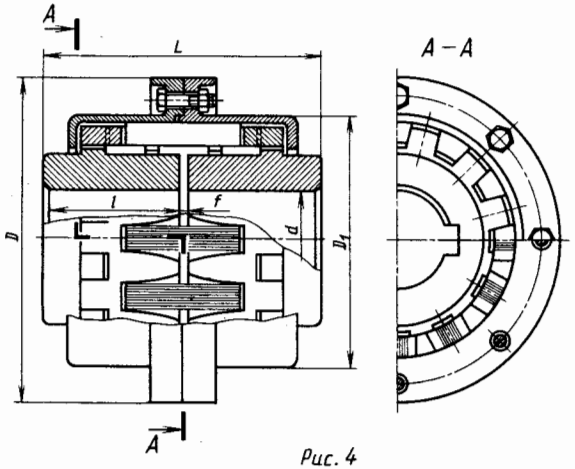


Рис. 4

Таблица к рис. 1

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм							
		d	D	D_1	L	l_1	l_2	l_3	C
72	4200	25	120	45	82	14	48	55	4
270	3500	40	170	70	125	28	50	62	3
570	2100	55	210	100	145	37	62	82	3
2300	1650	80	290	140	205	57	87	120	3
6850	1250	120	368	205	290	87	105	165	3
8600	1000	150	436	260	360	117	117	200	3

Таблица к рис. 2

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм						Масса, кг	J, кг·м^2
		$d_{наиб}$	D	L	D_1	l	f		
86	5400	32	126	114	60	55	4	6,2	0,011
143	4300	40	155	124	78	60	4	11,5	0,027
286	3800	50	170	145	90	70	5	14,5	0,043
573	3300	60	196	155	100	75	5	19	0,077
1150	2250	80	280	186	135	90	6	50	0,425
2150	2250	90	280	206	160	100	6	59	0,475
4300	1900	105	350	256	190	125	6	108	1,36

Таблица к рис. 3

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм					Масса, кг
		d	D	L	D_1	f	
570	2300	55...70	195	140	105	2...5	15
1070	1700	60...90	280	160	150	2...5	35
1800	1650	70...90	280	180	150	3...6	37
3600	1400	80...115	350	200	185	3...6	68
7200	1000	100...140	430	260	225	3...6	130

Таблица к рис. 4

T, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм						Масса, кг
		d наиб.	D	D_1	L	l	f	
57	5000	20	100	62	73	35	3	2,3
107	4000	25	120	77	84	40	4	3,8
193	3900	30	130	90	94	45	4	5,5
410	3400	35	150	100	124	60	4	9
820	2800	45	180	124	144	70	4	16
1650	2400	55	210	150	164	80	4	26
2650	2000	70	260	185	185	90	5	37
4100	1800	90	280	200	215	105	5	48

Муфты с металлическими упругими элементами

Лист 399

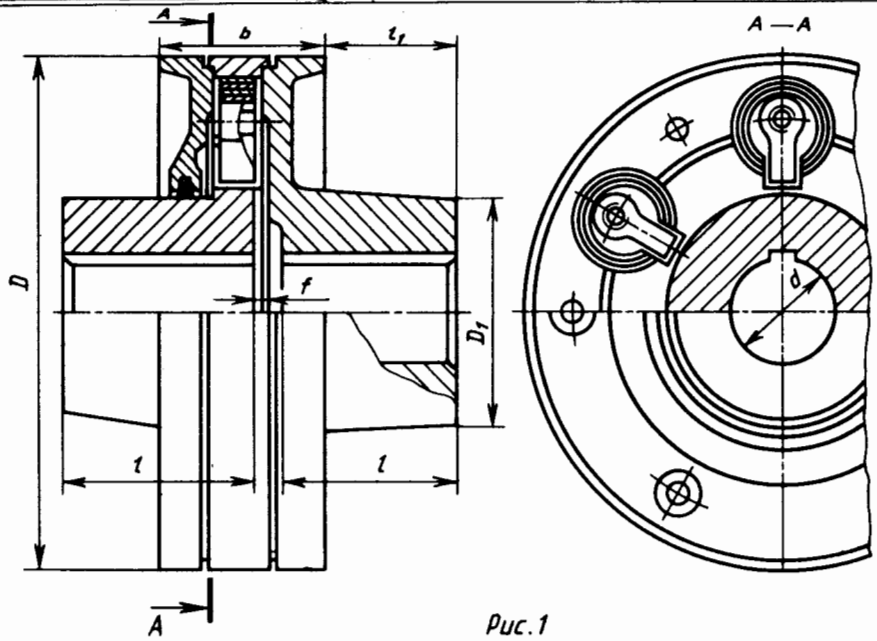


Рис.1

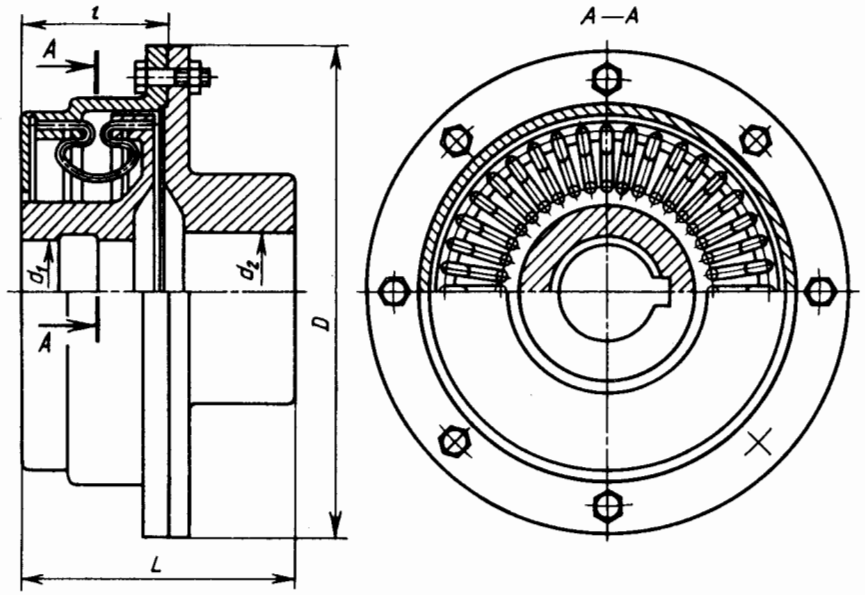


Рис.2

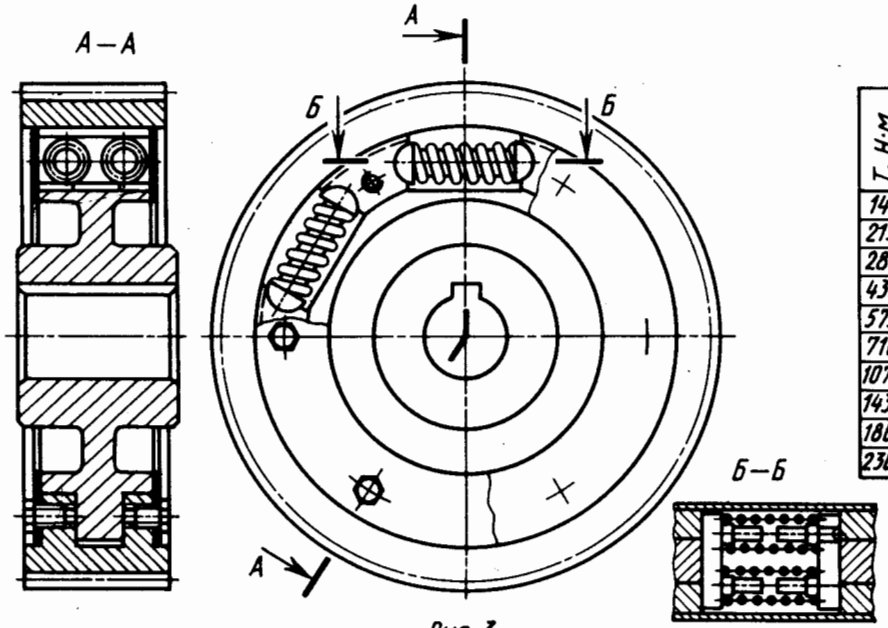


Рис.3

Таблица к рис 1

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм							Масса, кг
		d	D	D_1	l	l_1	b	f	
143	3850	35	185	70	50	30	60	2	8
215	3850	35	185	70	60	40	60	2	9
288	3850	35	185	70	70	50	60	2	10
430	3400	45	210	90	70	50	60	2	14
575	3180	50	225	100	80	60	60	2	19
716	3180	50	225	100	80	60	90	3	23
1075	2860	60	250	120	90	65	90	3	32
1430	2600	75	275	150	100	75	100	4	45
1860	2380	80	300	155	100	75	100	4	52
2300	2230	85	320	160	100	75	100	4	60

Таблица к рис 2

T, Н·м	n, мин⁻¹	Размеры, мм					Угол закручивания	Поперечное смещение, мм	Масса, кг
		d_1	d_2	D	L	l			
86	4500	25	35	170	120	67	3,8°	0,6	6,5
143	4200	30	40	180	120	67	3,6°	0,6	8
250	4000	35	50	190	120	67	3,0°	0,6	10
560	3200	45	60	240	145	82	3,0°	0,7	17,5
1250	2300	65	80	350	180	103	3,0°	0,7	42
2300	2100	80	95	400	215	123	2,8°	0,8	65
4300	1750	95	110	470	235	133	2,4°	1,0	98

Муфты с металлическими упругими элементами	Лист 400

Формы кулачков

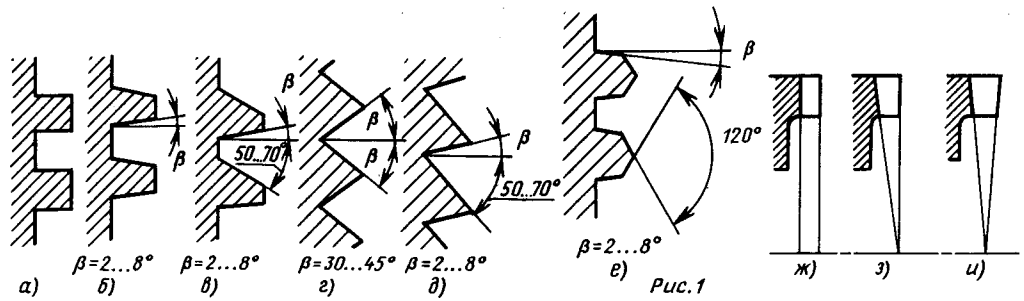


Рис. 1

Кулачковая полумуфта

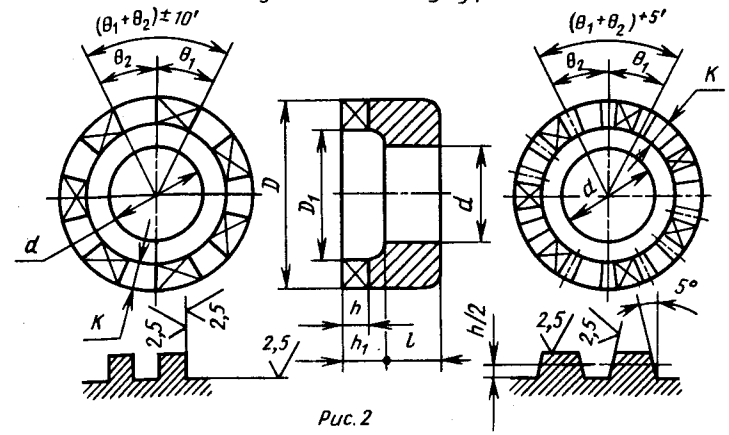


Рис. 2

Муфта с центрирующей втулкой

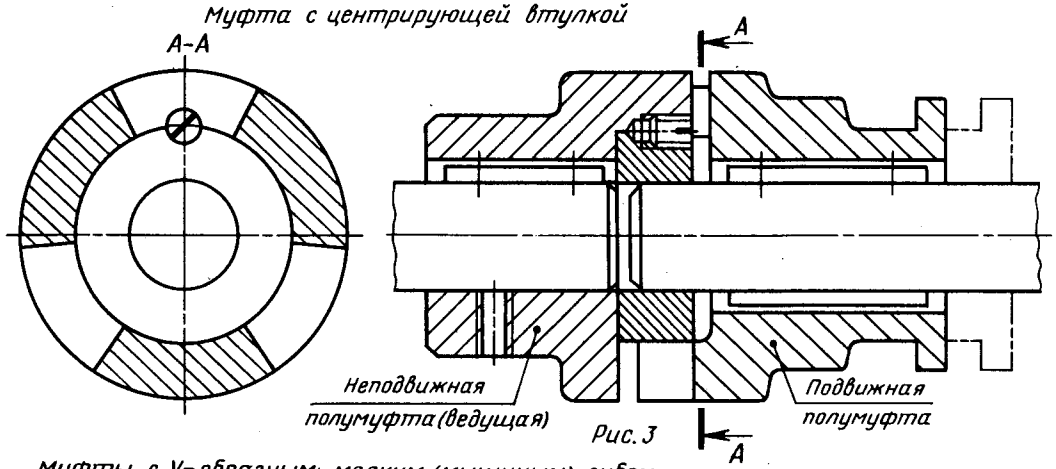


Рис. 3

Таблица к рис. 2

Способы включения и выключения	Z	Размеры, мм: D	$\frac{D-D_1}{2}$	h	h_1	θ_1	θ_2
Ручное включение и выключение	7	35	6	4	5	$25°43'^{-40'}_{-20'}$	$25°43'^{+40'}_{+20'}$
		40	7				
		45					
		50	8				
	9	55				$20°^{-40'}_{-20'}$	$20°^{+40'}_{+20'}$
		60	10				
		70					
Автоматическое включение и выключение или ручное и автоматическое включение. Зуб нормальный	5	40	5...8	4	5	$36°^{-40'}_{-20'}$	$36°^{+40'}_{+20'}$
		45	5...10				
		50					
		55					
	7	60		6	7	$25°43'^{-40'}_{-20'}$	$25°43'^{+40'}_{+20'}$
		70					
		80					
		90					
При работе с небольшими скоростями. Зуб мелкий	7	40	5...8	4	5	$25°43'^{-40'}_{-20'}$	$25°43'^{+40'}_{+20'}$
		45	5...10				
		50					
		55					
	9	60		6	7	$20°^{-40'}_{-20'}$	$20°^{+40'}_{+20'}$
		70					
		80					
		90					

Примечание. Размеры d и l конструктивные; обычно $l \approx (1,5...2)d$.

Муфты с V-образным мелким (мышиным) зубом

Регулировочные и предохранительные муфты

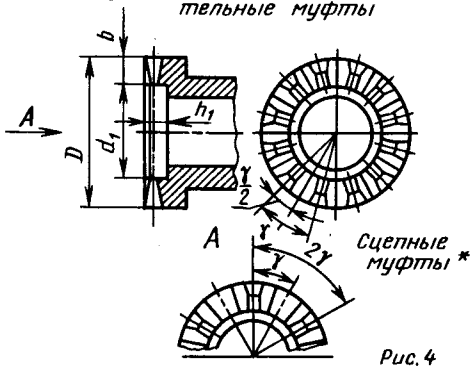
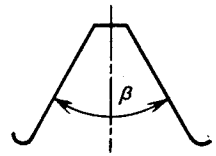


Рис. 4

Таблица к рис. 4

D, мм	d_1, мм	$\frac{\gamma}{2}$	h_1, мм	T,* Н·м
40	28	6°	8	340/360
50	32	5°	8	810/920
60	40	4°30'	8	1310/1560
70	46	4°06'	10	2160/2560
80	50	3°36'	10	3540/4000
90	56	3°36'	10	5100/6050

Профиль V-образного мелкого зуба



Примечание. * – числитель – для β=60°; знаменатель – для β=90°. Для сцепных муфт T = 0,5 T табл.

Муфты сцепные кулачковые	Лист 401

Схемы муфт

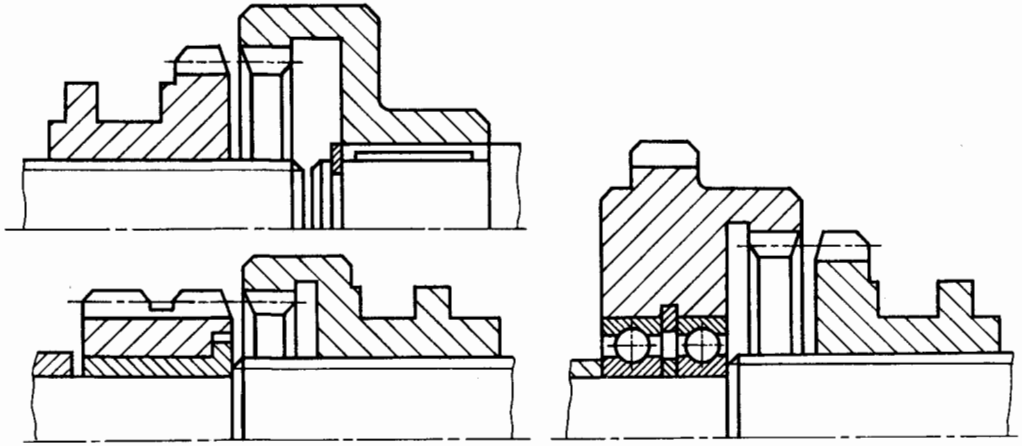


Рис. 1

Схема включения зубчатой муфты

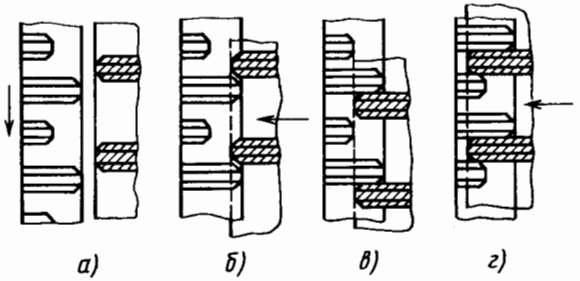


Рис. 2

Муфта с промежуточной втулкой

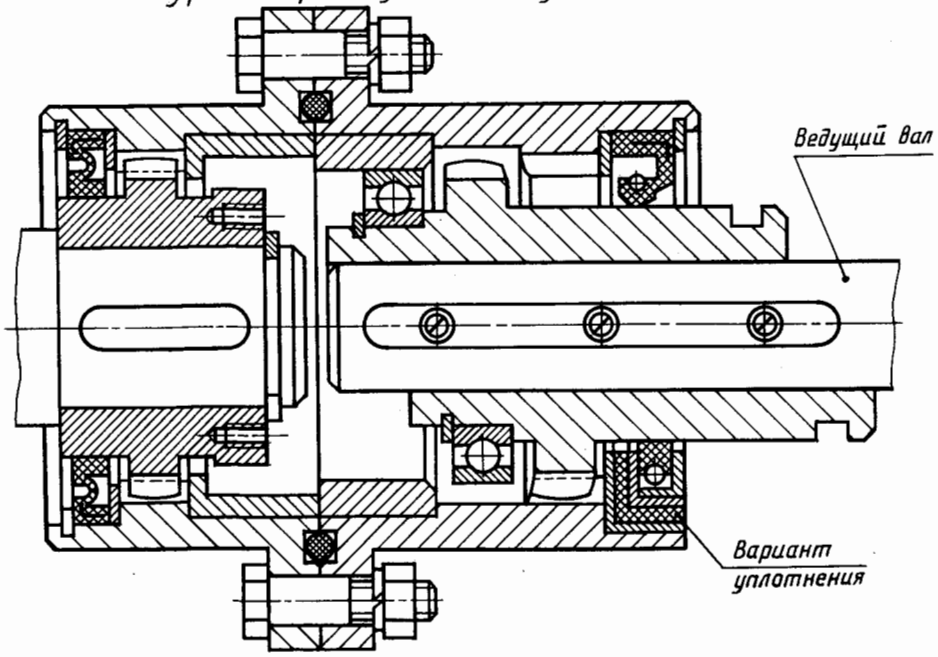


Рис. 3

Муфта с промежуточной втулкой

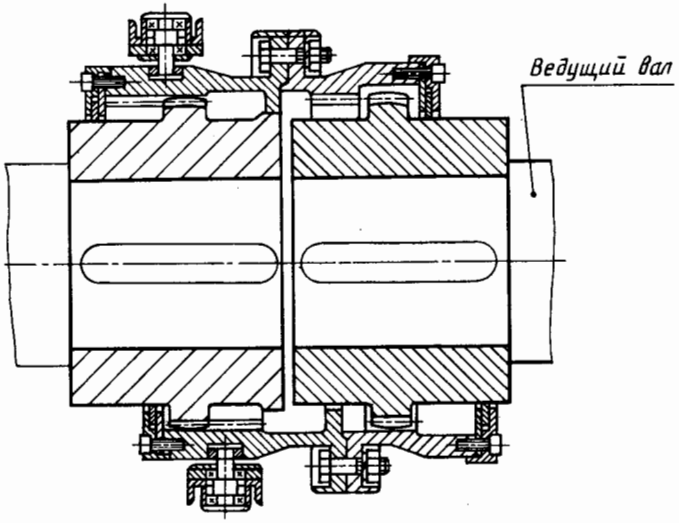


Рис. 4

Муфты сцепные зубчатые с механическим переключением	Лист 402

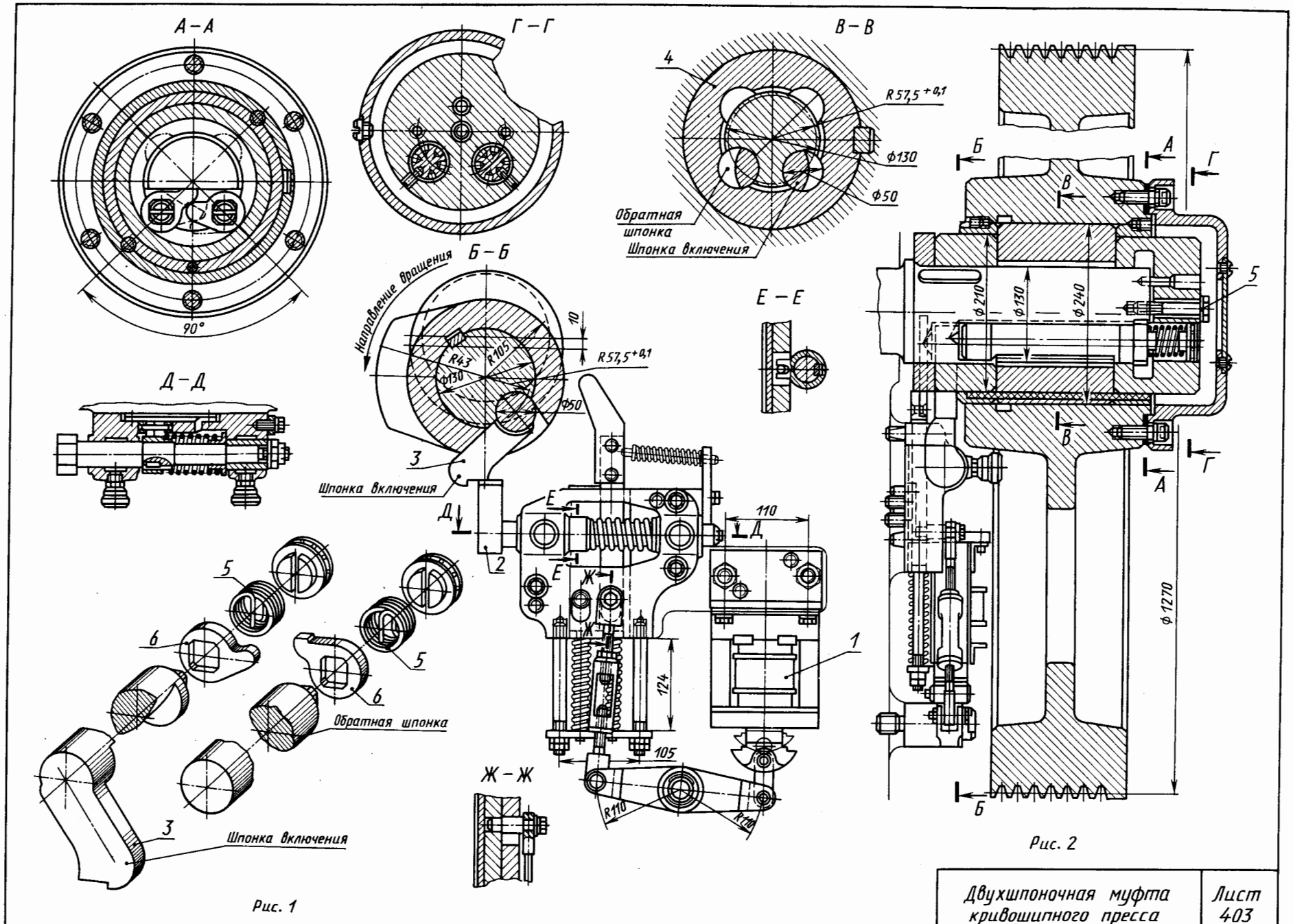
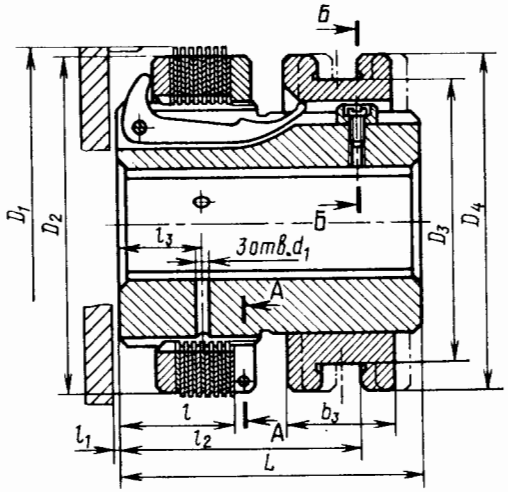


Рис. 1

Рис. 2

Двухшпоночная муфта кривошипного пресса	Лист 403

Муфта многодисковая односторонняя



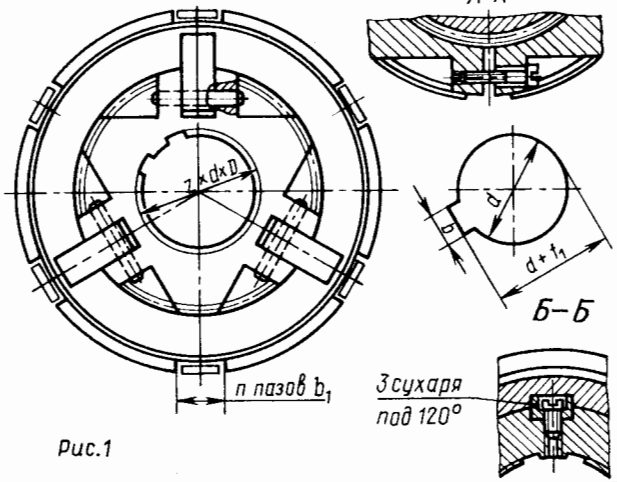


Рис.1

Муфта многодисковая двухсторонняя

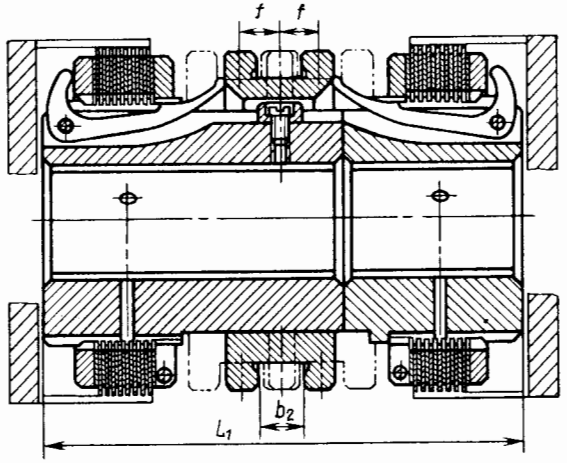
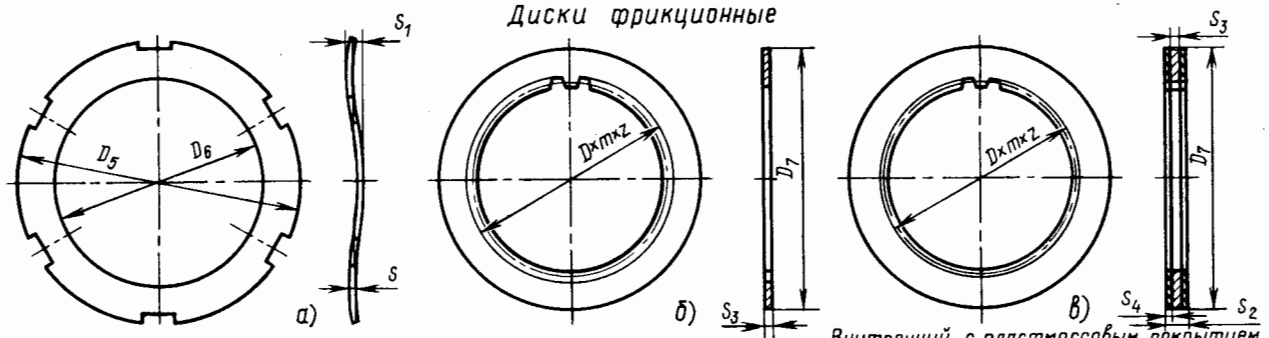


Рис.2

$T_{кр}$, Н·м	Размеры, мм (рис.1,2 и 3)																													Масса, кг		J, кг·м²			
																					Диски наружные				Диски внутренние							без наружных дисков		наружных дисков	
	z×d×D	d	b	d+t_1	D_1 h11	D_2 h11	D_3	D_4 h11	b_1	n	L	L_1	l	l_1 наим	l_2	l_3	d_1	b_2	b_3	f	D_5	D_6	S	S_1	D_7	D×m	S_2	S_3	S_4	Исполнение 1	Исполнение 2	для исполнения 1	для исполнения 2	для исполнения 1	для исполнения 2
25	D-6×21×25	22	6	24,3	84	80	70	80	12	6	72	115	25	2	57,5	18	3	10	25	10	84	61	1	1,26	80	60×2,5	1,8	1,0	0,4	1,84	2,85	0,07	0,11	0,02	0,04
40	D-6×26×30	25	8	27,6	94	90	78	90			82	130	29		65,0	20		30		12	94	67	1,2	1,46	90	65×2,5	2,4	1,2	0,6	2,54	3,85	0,145	0,22	0,03	0,06
63	D-6×28×34	30		32,6	104	100	86	100			85	135	34		67,5	25				10	104	77		1,49	100	75×2,5				3,32	5,17	0,235	0,35	0,09	0,175
100	D-8×36×40	35	10	37,9	118	110	95	110	16		95	150			75,0	26	4	12		35	118	82		1,53	110	80×2,5	2,8		0,8	4,37	7,09	0,39	0,585	0,11	0,215
160	D-8×42×46	40	12	42,9	133	125	105	125			110	175	42		87,5	30		16	40	14	133	92	1,6	1,92	125	90×2,5	3,2	1,6		6,46	9,83	0,66	1,00	0,235	0,47
250	D-8×46×54	50	16	53,6	148	140	115	140		8			43				5			13	148	102		1,95	140	100×2,5	3,6		1,0	8,05	12,5	1,05	1,57	0,36	0,715
400	D-8×56×65	60	18	64,0	168	160	130	160	20		130	210	53		105	38		20	45	14	168	112		2,0	160	110×2,5				11,9	18,8	2,05	3,07	0,80	1,59
630	D-8×62×72	70	20	74,3	188	180	140	170			150	250	61	3	125	45				20	188	122	2,0	2,4	180	120×2,5	4,4	2,0	1,2	14,5	24,0	3,9	5,9	1,59	3,20
1000	D-10×72×82	80	24	85,2	213	200	165	200			175	260	68		140	50	6	25	60	23	213	142		2,45	200	140×5,0				24,7	38,6	7,5	11,25	2,83	5,65
1600	D-10×82×92	90		95,2	235	220	185	220	25		200	325	80		162,5	55			70	25	235	162		2,5	220	160×5,0	5,0		1,5	34,7	64,2	12,6	18,9	4,75	9,50
2500	D-10×92×102	100	28	105,9	265	250	210	250		10	225	370	90		185	65		32	75	29	265	182	2,5	3,0	250	180×5,0	5,5	2,5		51,6	82,4	22,8	34,2	9,6	19,2

Диски фрикционные



Наружный синусный

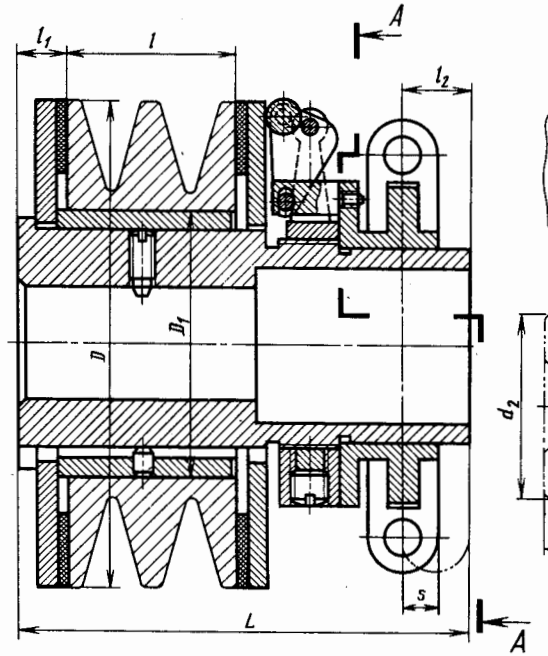
Внутренний без покрытия

Внутренний с пластмассовым покрытием или покрытием из спеченного материала

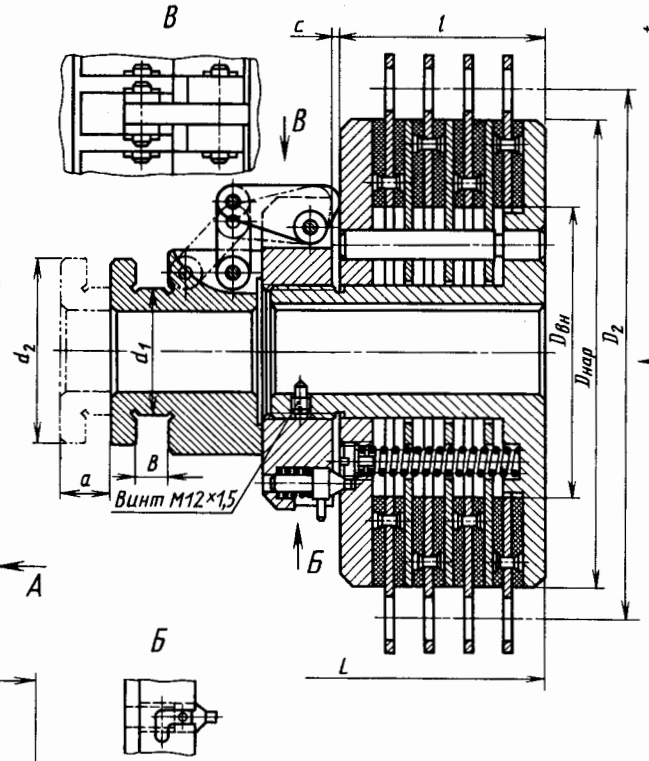
Рис.3

Муфты сцепные фрикционные многодисковые с механическим переключением

Лист 404



Муфта дисковая



Муфта многодисковая

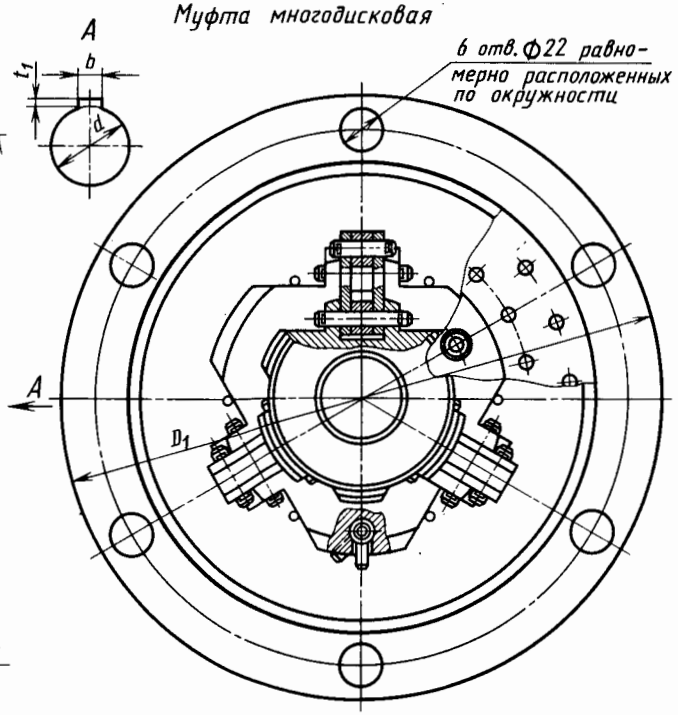


Рис. 2

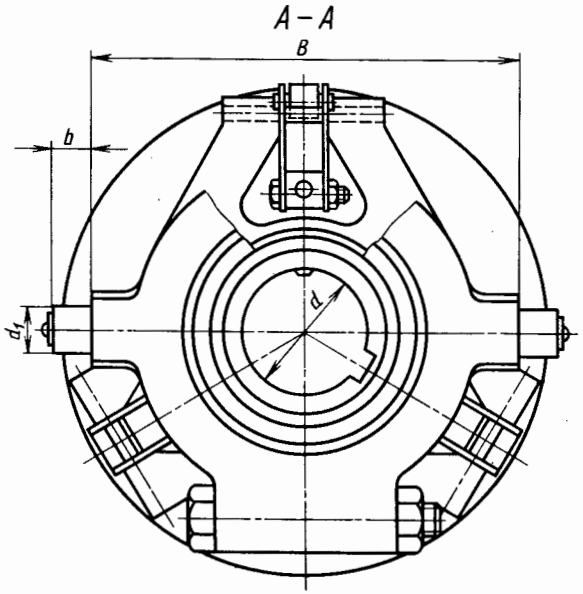


Рис. 1

Таблица к рис.2

Размеры, мм														Допускаемые вращающие моменты в зависимости от числа наружных дисков муфты, Н·м			
$D_{нар}$	$D_{вн}$	D_1	D_2	d	d_1	d_2	B	b	t_1	L	l	a	c	1	2	3	4
229	146	295	260	45	80	95	20	12	3	136+l	В зависимости от числа дисков	20	1,5	265	529	794	1060
280	164	350	315	55	105	120	20	16	3,8	157+l		28	2	517	1030	1550	2070
365	235	435	400	70	125	145	25	16	3,8	178+l		35	2,5	1060	2120	3190	4250

Таблица к рис.1

T, Н·м	Размеры, мм										
	d	D	D_1	L	l	l_1	l_2	B	b	d_1	s
31	12...16	90	42	70+l	8...45	14	19	70	10	8	10
71	20...25	110	60	80+l	10...60	18	22	100	13	12	13
125	25...35	140	75	95+l	15...80	20	23	100	13	12	13

Муфты сцепные фрикционные сухие с механическим переключением

Лист 405

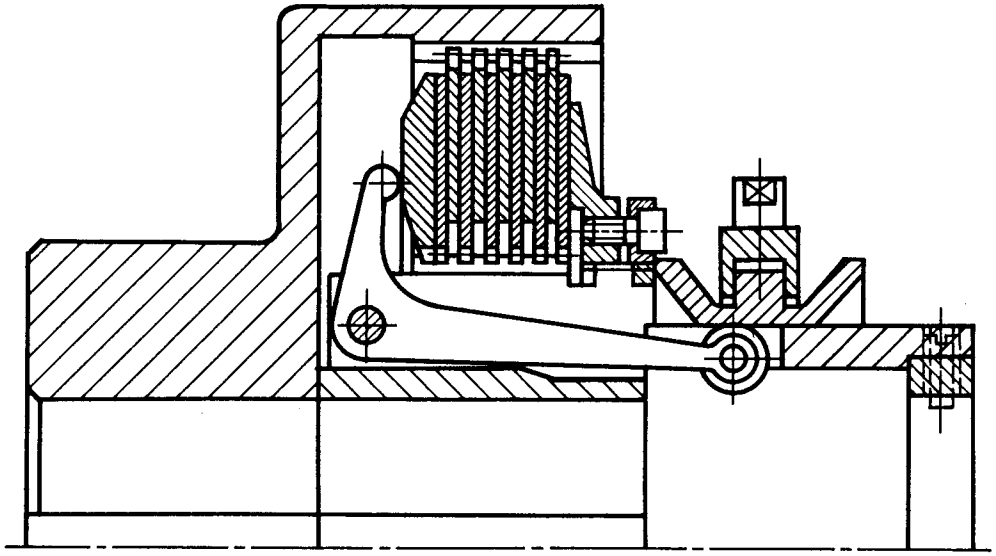


Рис. 1

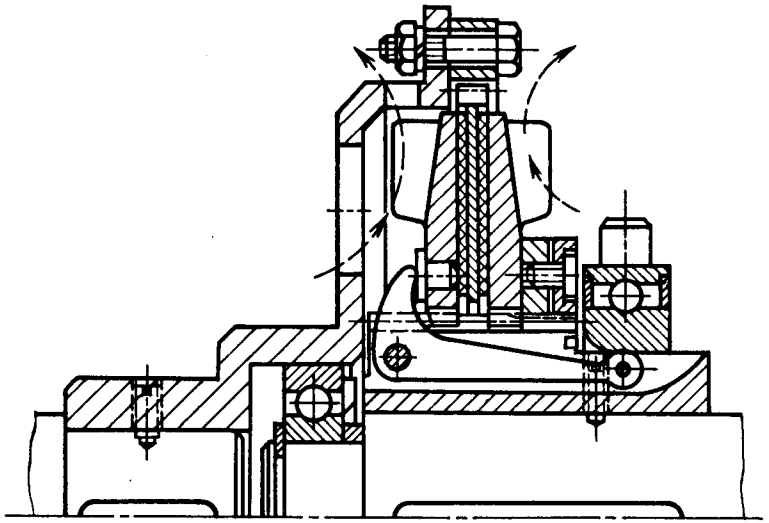


Рис. 2

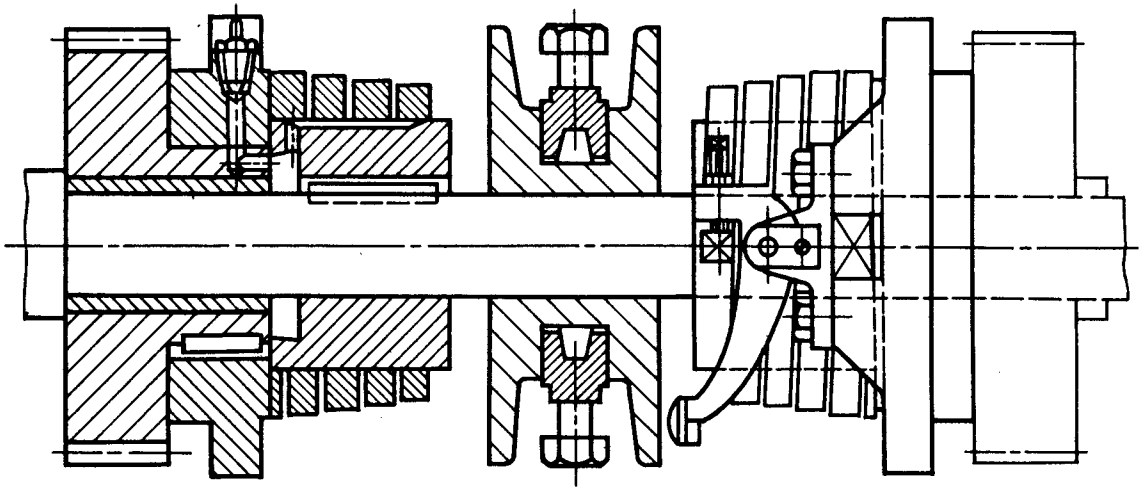
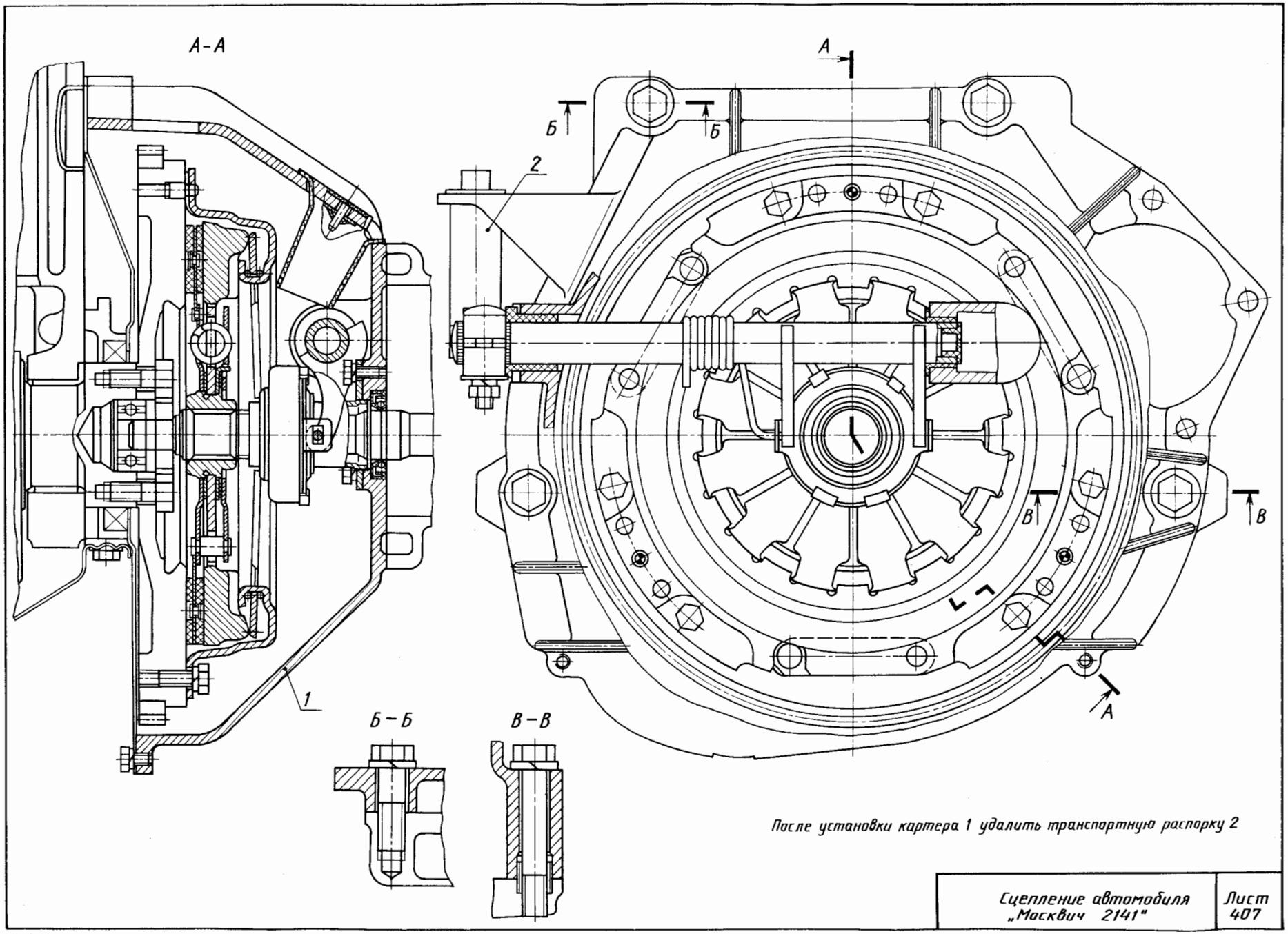


Рис. 3

Муфты сцепные фрикционные с механическим переключением	Лист 40б



После установки картера 1 удалить транспортную распорку 2

Сцепление автомобиля „Москвич 2141"	Лист 407

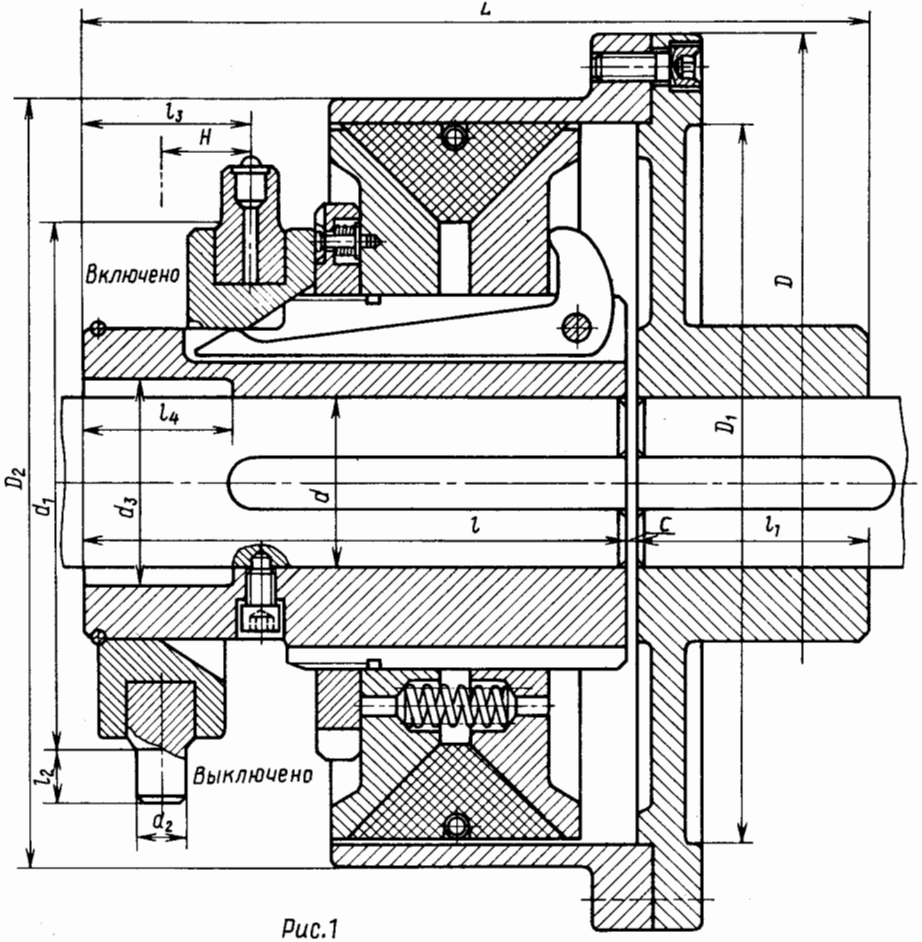


Рис.1

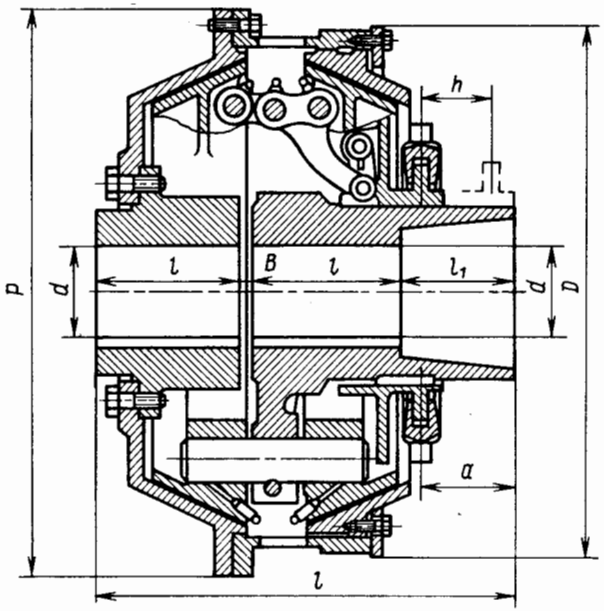


Рис. 2

Таблица к рис. 2

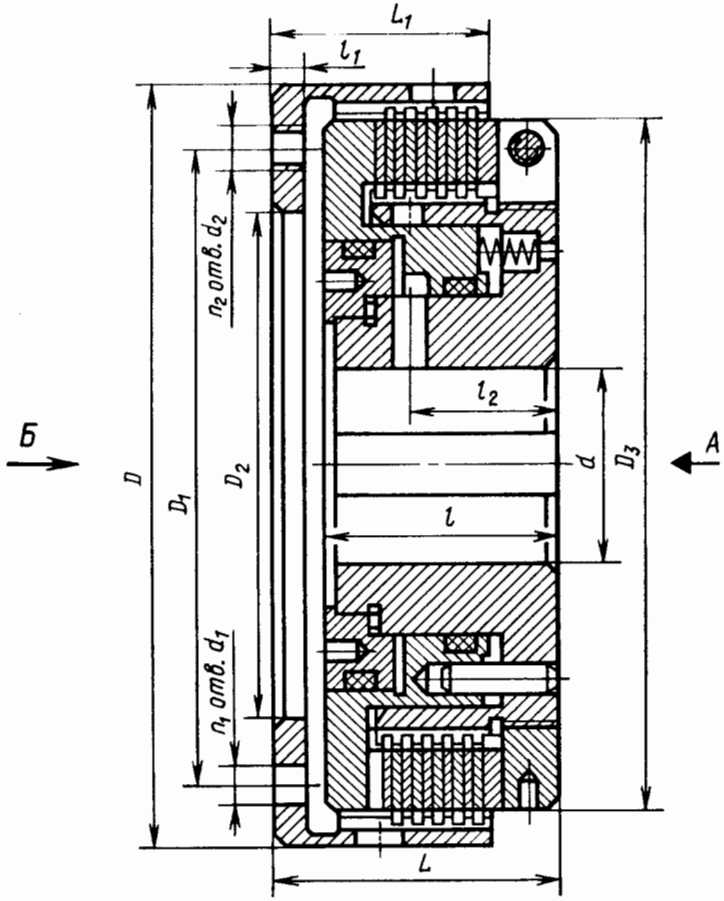
T, Н·м	Размеры, мм										Сила включения, Н	Масса, кг
	d		P	D	l	l_1	a	h	B	L		
	от	до										
4920	70	125	500	462	145	85	67	55	5	380	220	168
7029	90	140	610	560	170	100	85	70	5	445	300	260
14058	110	160	750	690	210	100	95	77	5	525	375	570
28115	125	180	860	810	225	160	130	105	10	670	450	770
49202	125	200	1000	920	250	195	160	115	10	785	600	1100
70288	140	220	1205	1145	260	260	200	140	10	830	800	1820
105432	160	240	1305	1255	300	270	200	145	10	830	1100	2270
175720	200	280	1420	1400	350	270	220	165	10	980	1500	3955
281152	200	320	1650	1625	470	300	220	190	10	1100	2000	5900

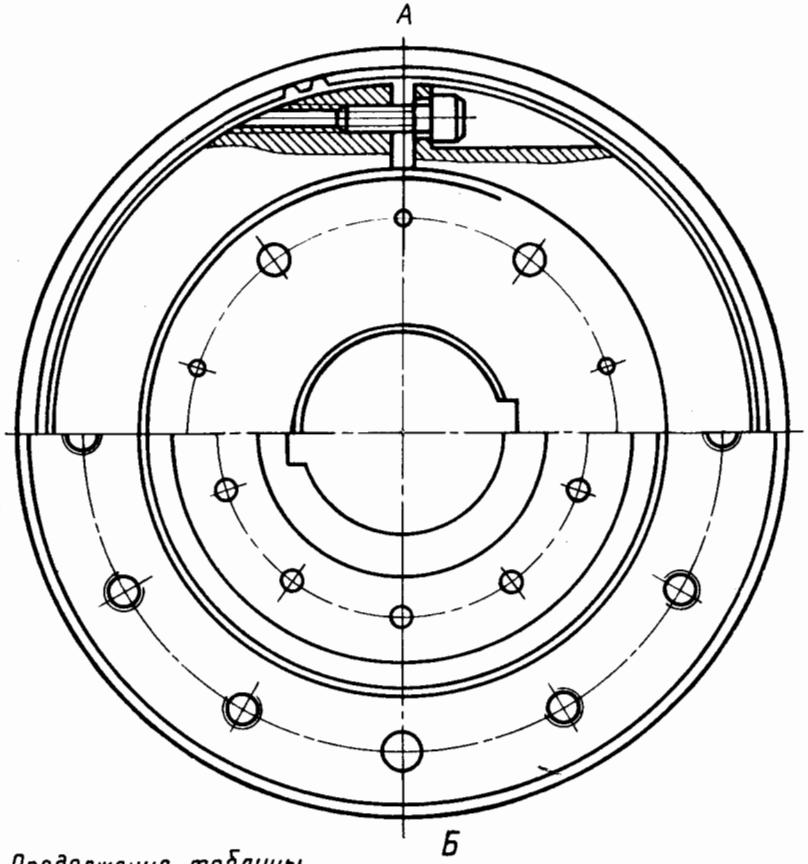
Таблица к рис.1

T, Н·м	n, мин⁻¹ наиб.	Размеры, мм																Масса, кг
		l	l_1	c	d		d_1	l_2	d_2	l_3	d_3	l_4	H	D	D_1	D_2	L	
					от	до												
71,6	4000	90	29	1	—	20	80	8	11	22	22	25	12	125	90	100	120	3,2
145	3200	101	33	1	—	25	90	10	12	27	26	29	15	152	115	125	135	6,5
215	2550	135	45	2	25	35	111	15	17	45	37	48	30	195	148	160	183	13
358	2120	153	60	3	30	55	140	17	17	50	57	50	33	235	186	200	216	22
573	1710	175	75	4	45	65	170	18	18	60	67	58	39	290	234	250	255	37
1150	1360	216	90	4	60	80	200	25	22	64	82	70	43	365	295	315	310	65
1790	1225	265	120	5	70	100	250	30	25	80	102	85	55	410	335	355	390	105
3580	1080	315	150	5	90	120	300	30	28	90	122	100	61	460	376	400	470	190
7160	855	389	170	6	110	140	360	30	35	114	142	125	70	580	472	500	565	320
14320	700	470	210	6	130	170	420	30	35	100	172	125	65	710	594	630	688	670

Муфты сцепные фрикционные сухие конусные с механическим переключением

Лист 408





T, Нм	n, мин$^{-1}$, наиб.	Размеры, мм													Масса, кг	J, кг·м^2	
		d наиб.	D	D_1	D_2 наиб.	D_2 наим.	D_3	$n_1 \times d_1$	$n_2 \times d_2$	L	L_1	l	l_1	l_2		внутрен.	внешний
40	6000	28	110	90	70	50	100	2×6	4×М6	48	34	39	5	23	2,5	0,0025	0,0014
80	6000	30	120	100	80	50	110	3×6	6×М6	52	39	42	6	27	3,4	0,0038	0,0023
120	6000	35	132	105	90	60	120	3×6	6×М8	55	43	44	7	29	4,4	0,0058	0,0038
200	5800	42	147	120	100	70	135	3×8	6×М8	58	45	47	7	31	5,6	0,0105	0,0055
320	4200	50	164	135	110	80	150	3×8	6×М8	62	47	49	7	32	7,0	0,016	0,0095
500	3200	58	184	155	120	90	170	3×10	6×М10	68	52	55	8	35	10	0,030	0,015
800	2600	70	202	170	140	100	188	3×10	9×М10	76	61	61	9	39	13,3	0,048	0,020

Продолжение таблицы

T, Нм	n, мин$^{-1}$, наиб.	Размеры, мм													Масса, кг	J, кг·м^2	
		d наиб.	D	D_1	D_2 наиб.	D_2 наим.	D_3	$n_1 \times d_1$	$n_2 \times d_2$	L	L_1	l	l_1	l_2		внутрен.	внешний
1250	2500	75	238	200	160	110	220	3×13	9×М12	86	70	70	10	45	22,5	0,108	0,055
2000	2100	95	273	235	200	110	252	3×13	9×М12	100	75	81	12	53	32	0,213	0,100

Муфты сцепные фрикционные с гидравлическим переключением

Лист 409

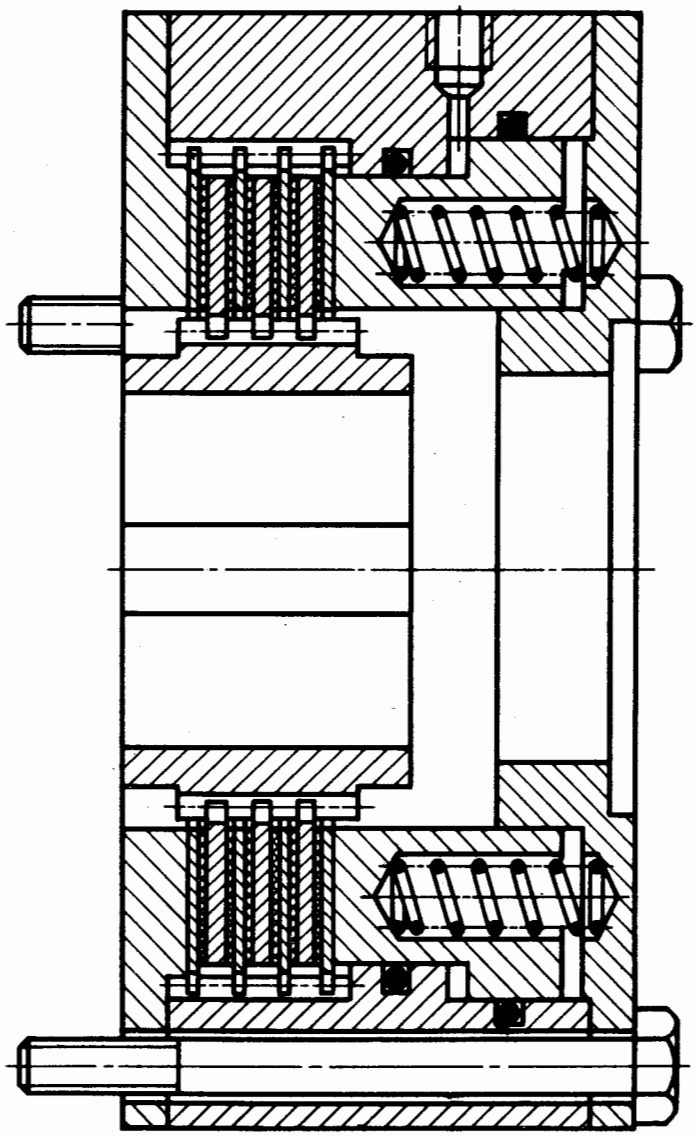


Рис. 1

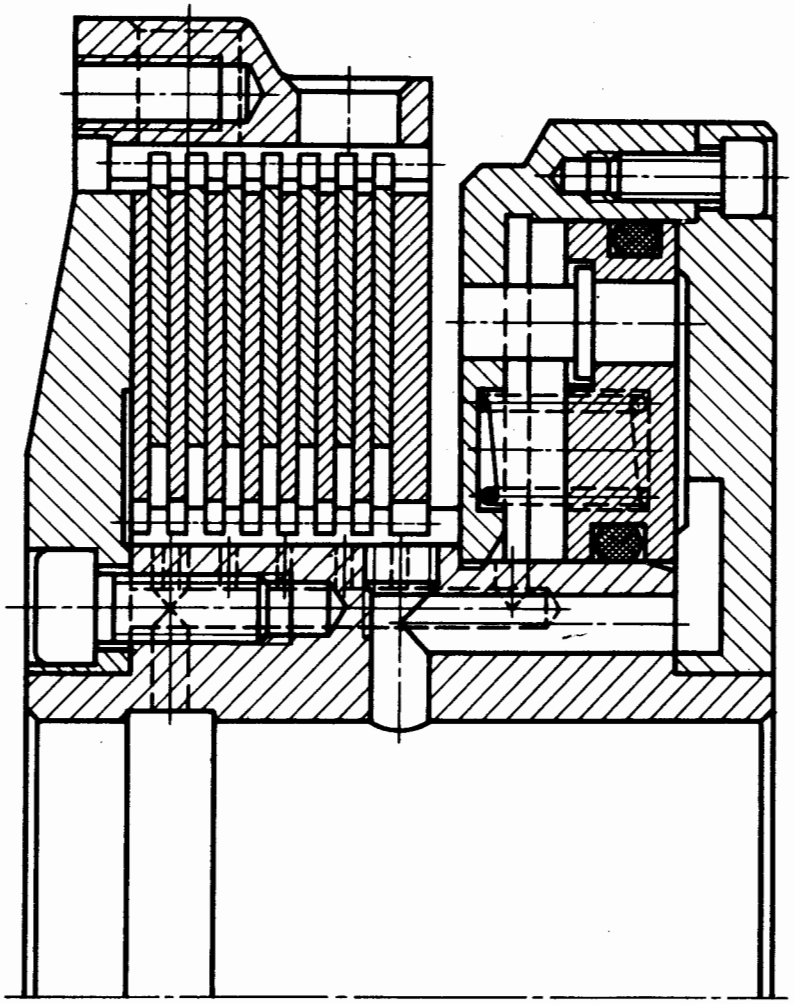


Рис. 2

Муфты сцепные фрикционные с гидравлическим переключением	Лист 410

Таблица к рис. 1

T, Н·м	Размеры, мм														Рабочее давление, МПа	Масса, кг	J, кг·м² (ведомой части)
	d	D	D_1	D_2 $H8/f9$	D_3 $d11$	D_4 $H8/h8$	D_5	L	L_1	L_2	h	b	l	r			
400	50,55	450	170	270	310	420	210	200	181	36					0,30	80	0,03
800	50,60	480	200	290	340	460	230	220	186	38	22	40	55	20	0,36	90	0,04
1600	60,70	500	240	350	380	480	290	240	186	37					0,37	105	0,07
3150	70,80	600	300	420	460	580	360	260	204	40					0,37	170	0,42
6300	80,90	710	360	500	520	660	440	280	213	46	26	60	75	30	0,40	220	0,45
12 500	100,125	750	420	560	580	720	500	320	230	46					0,44	280	0,48
18 000	125,140	950	500	690	720	900	610	360	268	57					0,38	620	0,93
25 000	140,160	1000	560	790	790	970	710	380	280	63	32	90	110	45	0,32	820	4,00
35 500	160,180	1120	640	890	890	1100	810	450	308	63					0,39	1060	6,34
50 000	180,200	1320	720	970	1050	1260	890	480	322	63	36	150	180	75	0,36	1480	10,75
71 000	200,220	1400	820	1100	1140	1360	1000	530	332	69					0,37	1920	12,56

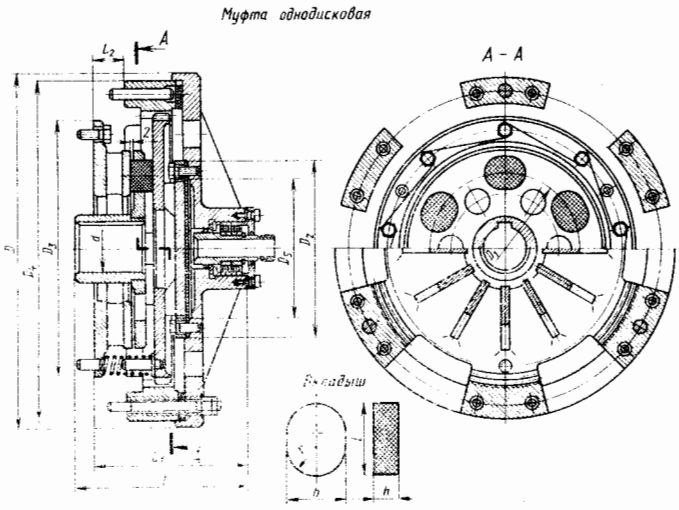
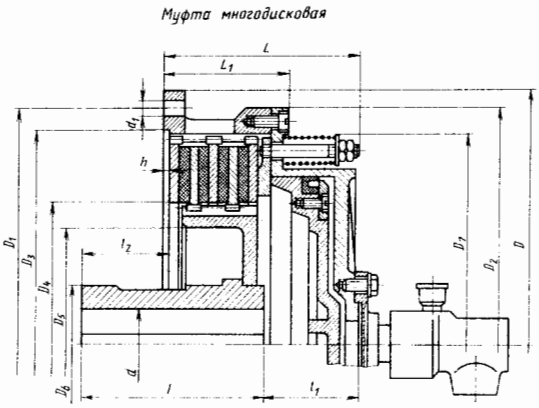


Рис. 1



Потребное рабочее давление $P = 0,45$ МПа
Противодавление $p_1 = 0,08$ МПа
$p_2 = 0,18$ МПа

Рис. 2

Таблица к рис. 2

T, Н·м, при противодавлении		Размеры, мм																Масса, кг	J, кг·м²	
P_1	P_2	d	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	d_1	D_6	D_7	L	L_1	h	l	l_1	l_2		внутренний	внешний
5700	4200	80	500	470	455	401	285	245	17	120	400	200	115	5	175	100	92	130	0,5	3
8500	6250	90	550	520	510	465	315	265	17	130	460	210	130	5	195	115	97	170	0,9	4,7
15 000	11 000	110	680	632	610	560	375	325	26	160	550	257	155	5	260	130	139	280	2,2	12
21 000	15 000	130	750	705	670	620	440	375	26	180	605	265	170	5	295	145	165	380	4	19
31 000	22 500	135	845	800	765	710	440	380	26	190	700	282	170	5	325	145	195	450	7	31
47 000	34 000	150	900	840	900	785	520	445	26	230	670	—	197	8	310	105	—	600	13,5	53
70 000	55 000	140	900	840	900	785	520	445	28	200	670	—	197	15	280	130	95	700	17,5	53

Муфты сцепные фрикционные с пневматическим переключением

Лист 411

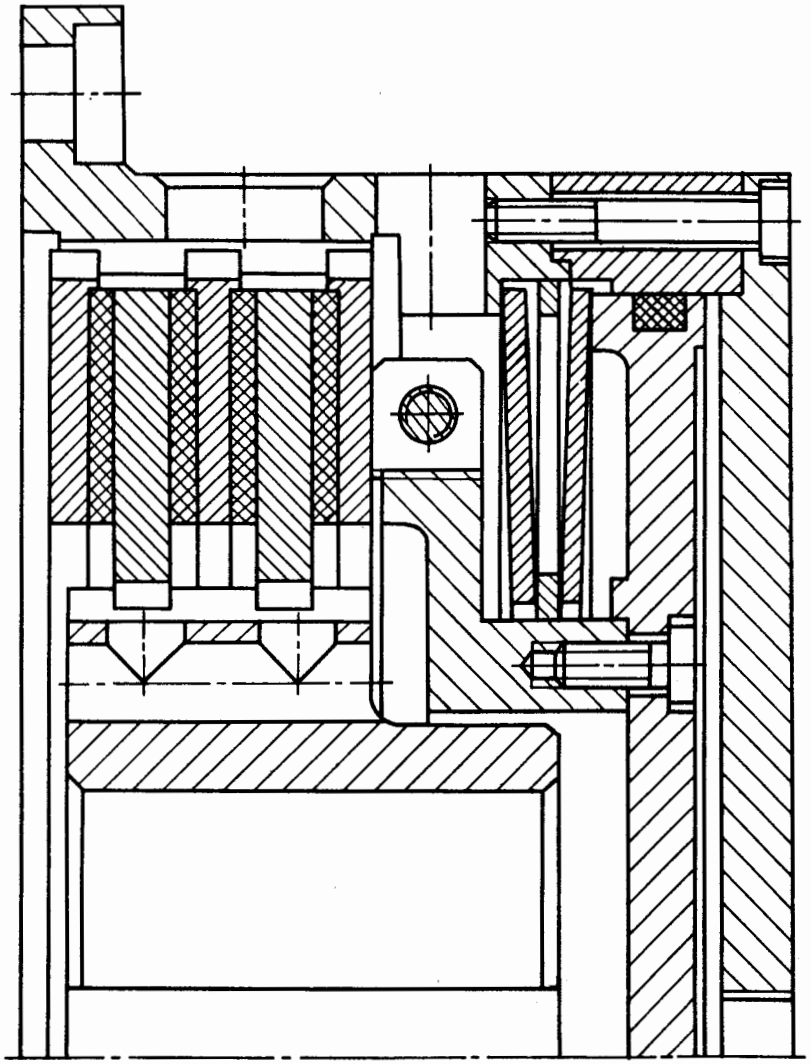


Рис. 1

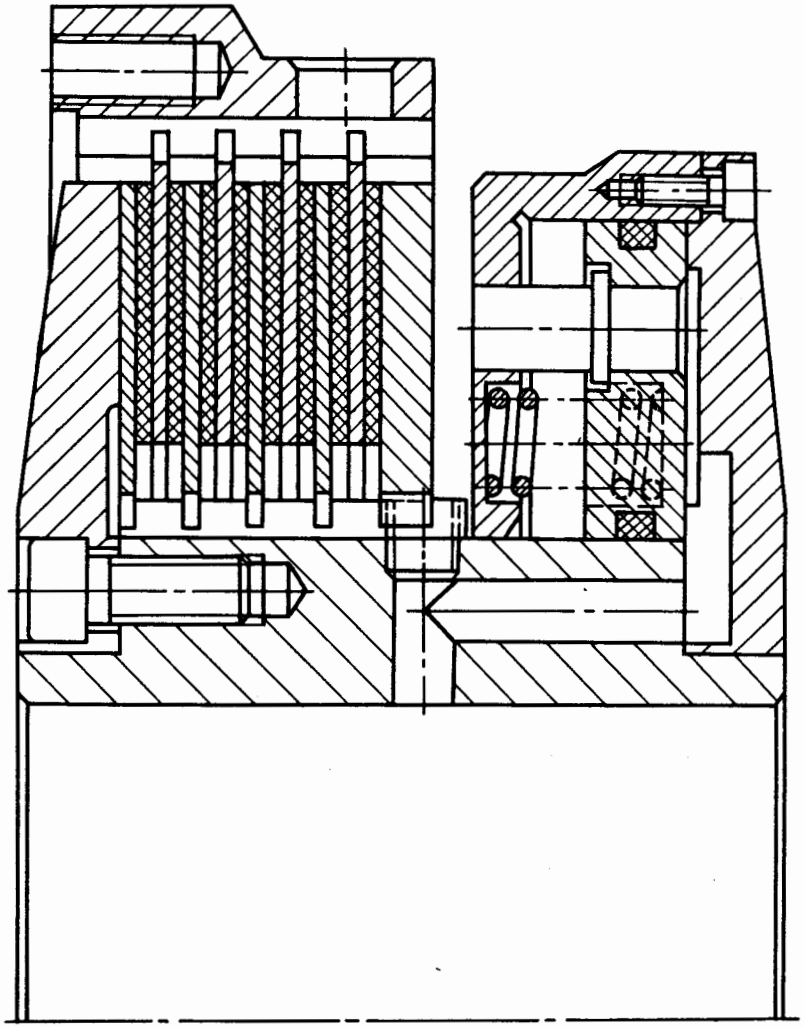


Рис 2

Муфты сцепные фрикционные с пневматическим переключением	Лист 412

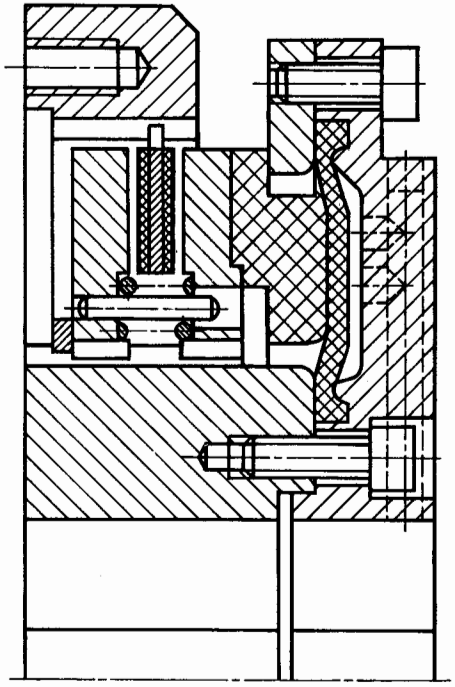


Рис. 1

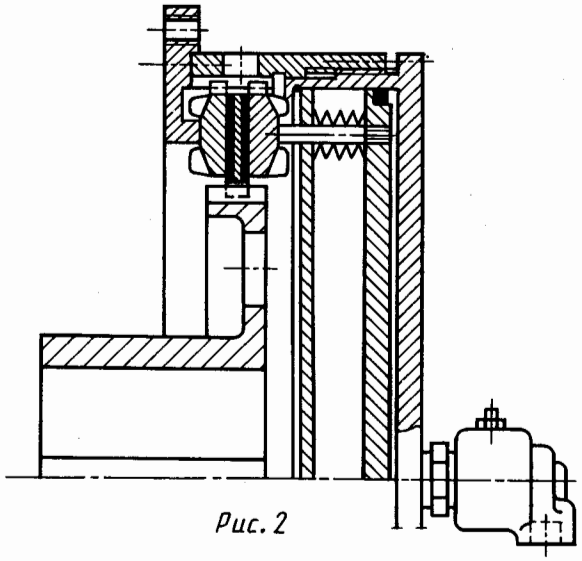


Рис. 2

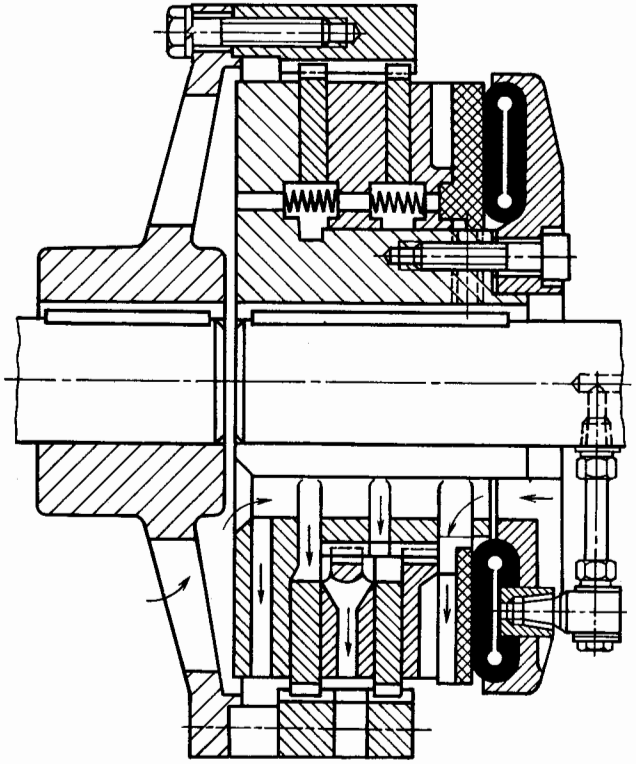


Рис. 5

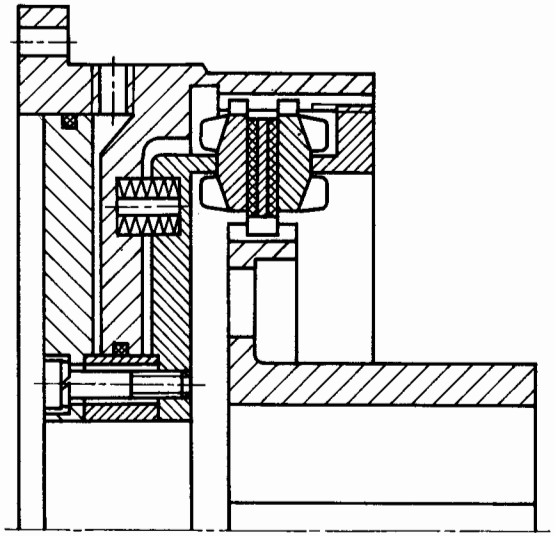


Рис. 3

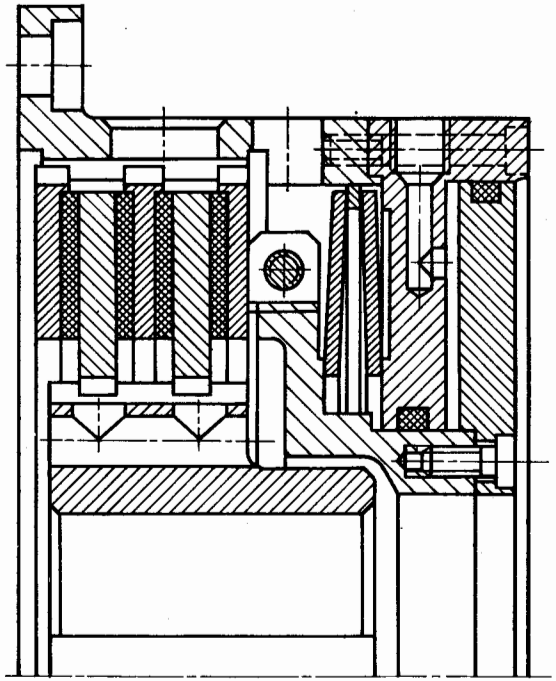


Рис. 4

Муфты сцепные фрикционные с пневматическим переключением	Лист 413

Муфта

Головка подвода воздуха к муфте

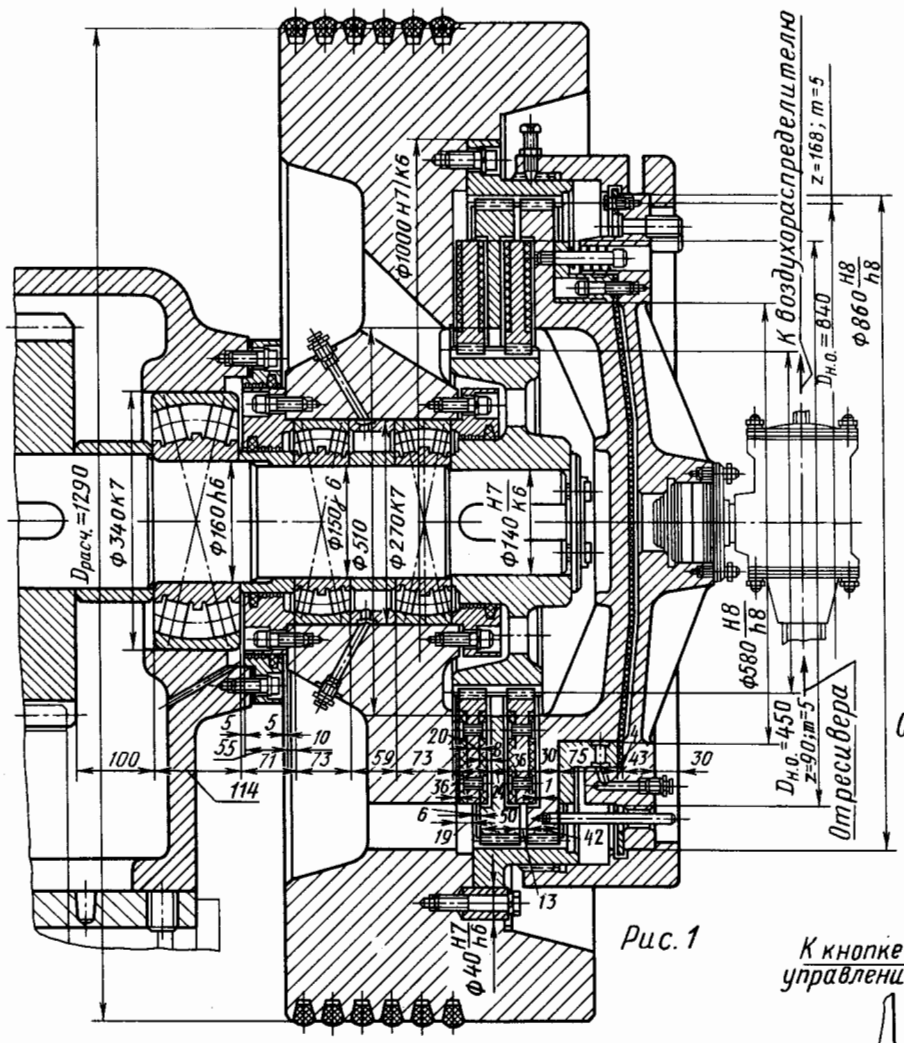


Рис. 1

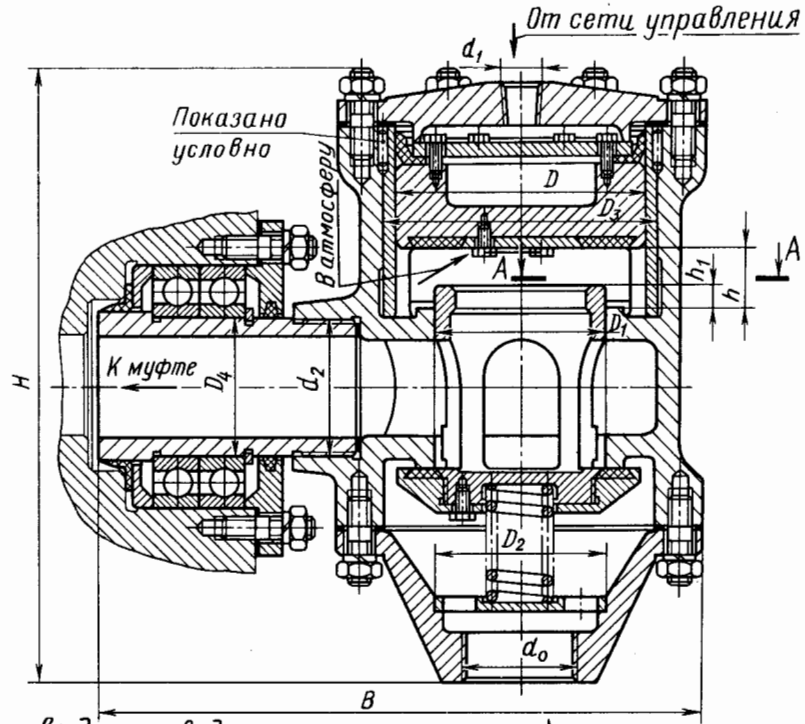


Схема воздухопровода к муфте

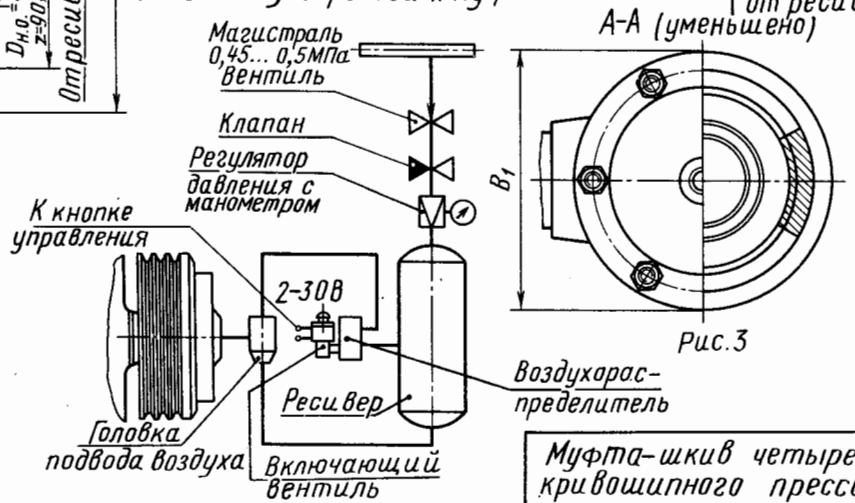


Рис. 2

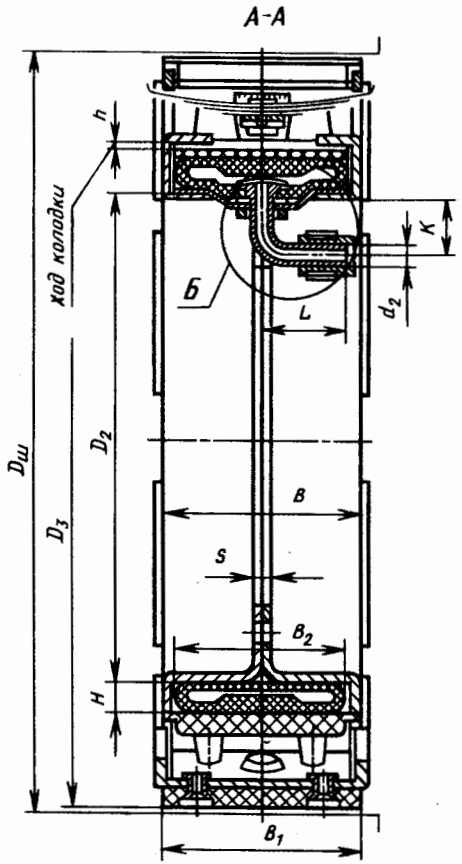
А-А (уменьшено)

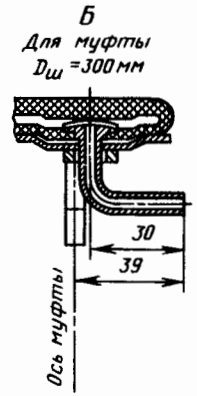
Рис. 3

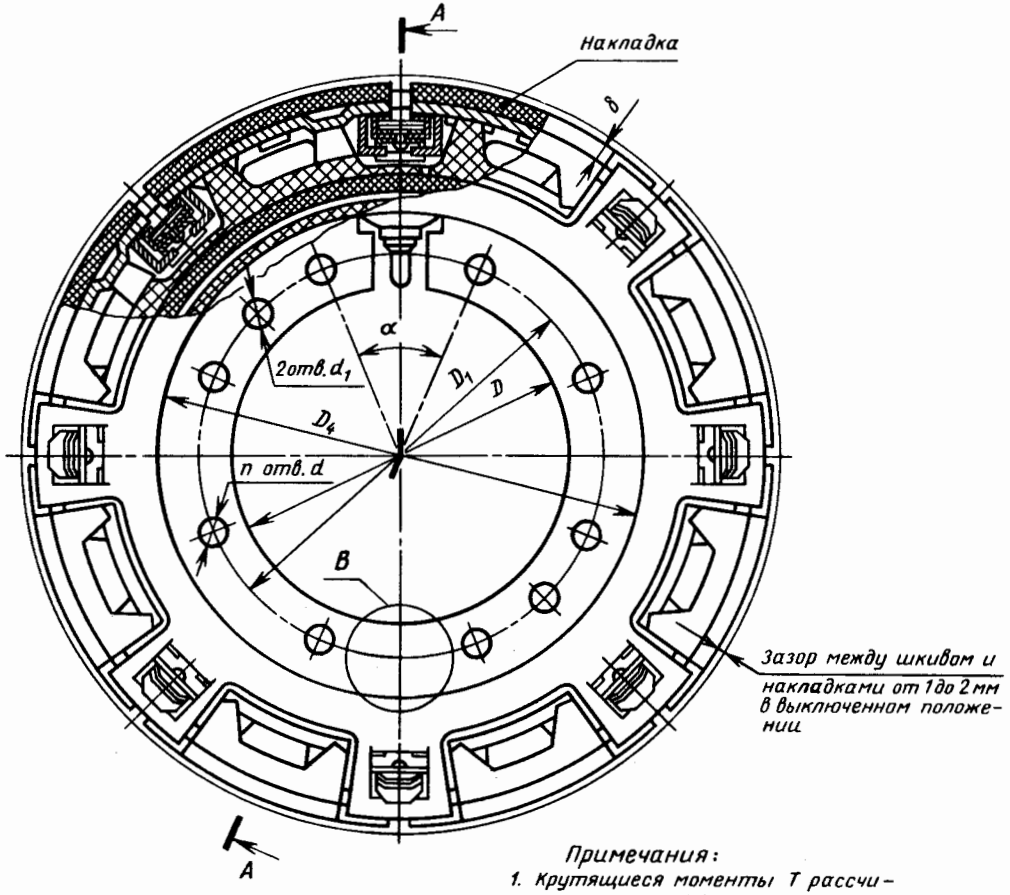
Условный проход по ГОСТ 355-67	Резьба: Коническая d_0	Резьба: Коническая d_1	Резьба: Метрическая $d_2 \times p$	D	D_1	D_2	D_3	D_4	Ход h	Ход h_1	H	B	B_1	Масса, кг
20	3/4"	3/8"	M30×1,5	60	40	40	70	35	16	8	185	189	105	7,5
25	1"		M36×2					40				199		7,9
40	1 1/2"		M56×2	90	60	65	100	60	27	12	249	257	140	17,4
50	2"		M72×2	130	90	90	145	75	32	12	325	328	195	33,8

Муфта-шкив четырехкривошипного пресса усилием 5 мн

Лист 414







Диаметр шкива $D_ш$, мм	Давление P, МПа						Размеры, мм																	Количество		Масса, кг, наиб.
	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	D	D_1	D_2	D_3	D_4	d	d_1	d_2	B	B_1	B_2	K	L	S	H	h наим.	δ	$δ_1$	α°	n	накладок	
	T, Н·м			V, м/с																								
250	500	100	1000	4,5	3	2,25	85	110	145			11				80	70				13	3,5			90	4	8	7
300	800	1250	1600				105	130	173*	298	167	11	14	8	91	90	80	23	30	6	13	3,5	7,5	2,5	60	6	8	10
360	1250	2000	2500				155	185	233*	358	225	13	16	10	101	100	90	28	37	8	13	4,5	10	3,5	60	6	8	15
420	2000	3150	4000				195	225	278*	418	270	13	16	10	111	110	100	30	51	8	16	4,5	10	3,5	45	8	8	20
475	3150	5000	6300				230	260	313*	473	303	13	16	10	129	128	115	45		10	11,5	4,5	10	3,5	36	10	10	30
600	5000	8000	10000				365	395	450			17				118	105				15	5,5			36	10	12	35
710	8000	12500	16000				445	485	544*	708	532	17	20	10	125	125	110	28	51	12	16	5,5	12,5	4,5	45	8	16	50
850	12000	20000	25000				615	650	710			17				135	120				15	5,5			36	10	16	60
1000	20000	31500	45000				690	750	850			17				160	140				15	5,5			30	12	24	150
1180	35500	56000	80000				840	900	1000			17				205	180				15	7,5			30	12	24	220
1400	63000	100000	140000				980	1040	1180			22				245	220				20	8,5			18	20	32	350
1700	112000	170000	250000				1280	1350	1500			26				275	250				20	9,5			18	20	32	500

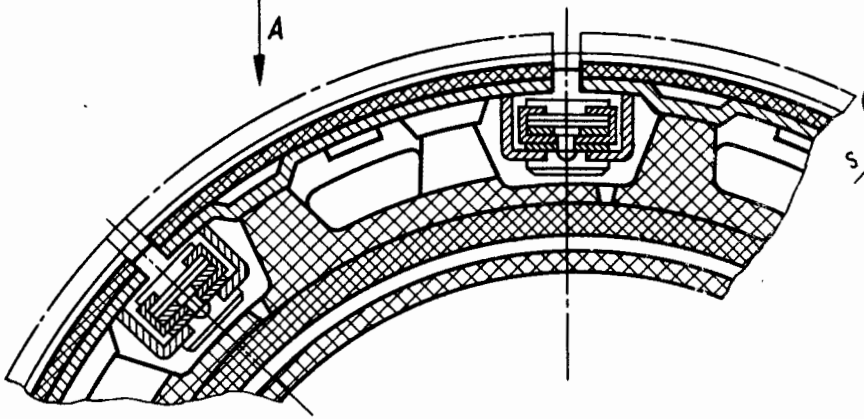
Примечания:

1. Крутящиеся моменты T рассчитаны при коэффициенте трения фрикционных накладок по чугуну, равном 0,4 ± 0,04.
2. В графе V указаны рекомендуемые окружные скорости на поверхности трения при числе включений 400...500 в час, не более.
3. Камеры, диаметры D_2 которых отмечены звездочкой, освоены промышленностью.
4. Муфты рекомендуется устанавливать на консольной части вала.

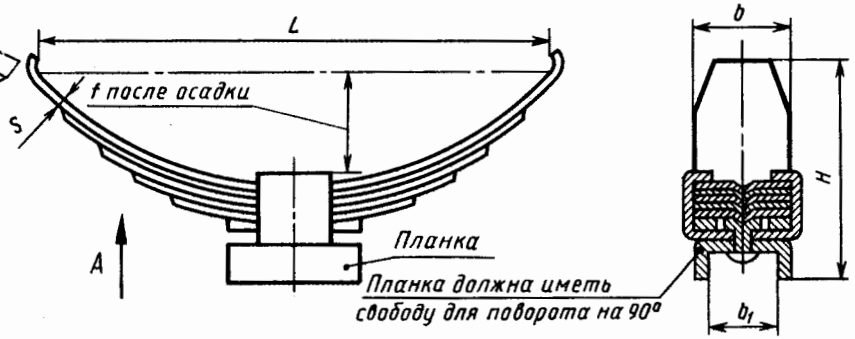
Муфты пневмокамерные радиального действия

Лист 415

Положение накладок и планки пружины при износе δ_1



Пружина (узел)



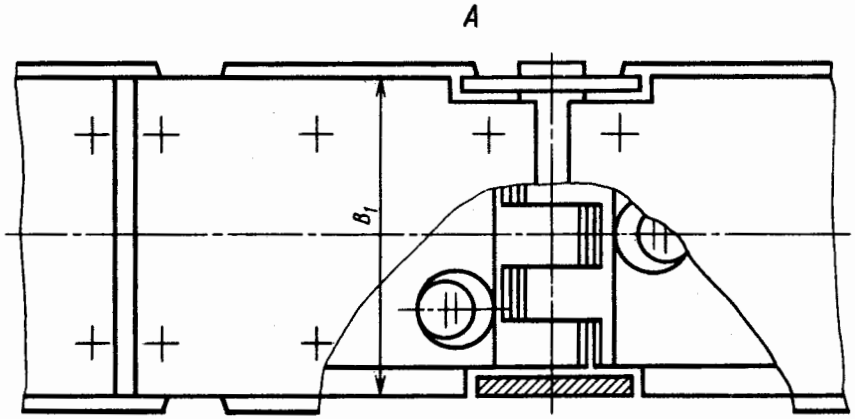


Рис.1

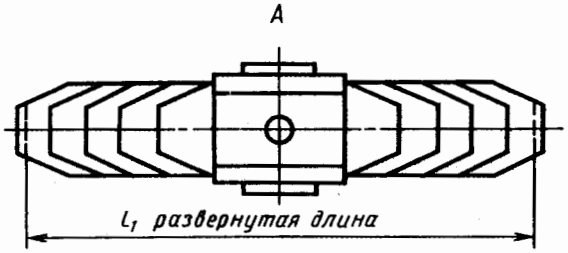


Рис.2

Зависимость перемещения F пружины от предварительной силы прижатия P

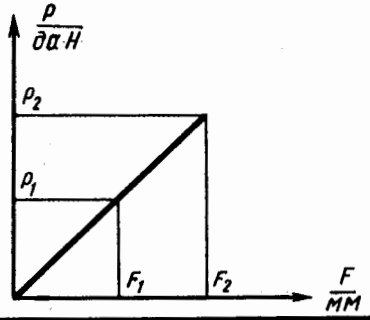
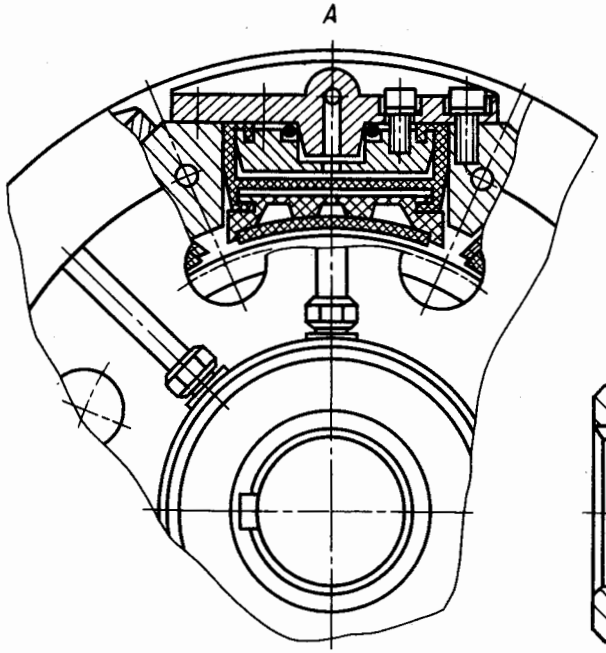


Таблица к рис.2

Размеры, мм										P_1, даН, предварит.	P_2, даН, наибольш.
$D_ш$	L	L_1	H	b	b_1	f	S	F_1	F_2		
300	90	111	23	20	16	12,5	0,6	5,3	9,6	8,5	16,07
360	100	121	26	22	18	12,8	0,7	4,8	9,8	12,2	23,5
420	110	131	28	24	20	15	0,7	6,9	11,9	14,3	25,6
475	128	151	32	24	20	20,3	0,7	11,1	16,1	11,6	16,9
710	125	144	30	22	16	16,1	0,8	7,5	13,6	9,7	17,3

Муфта пневматическая камерная радиального действия	Лист 416



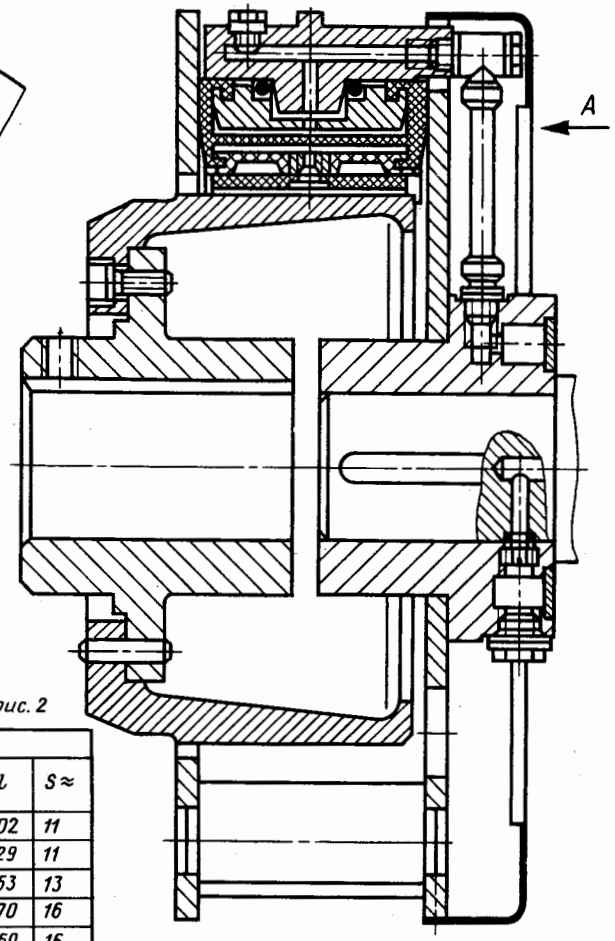


Рис. 1

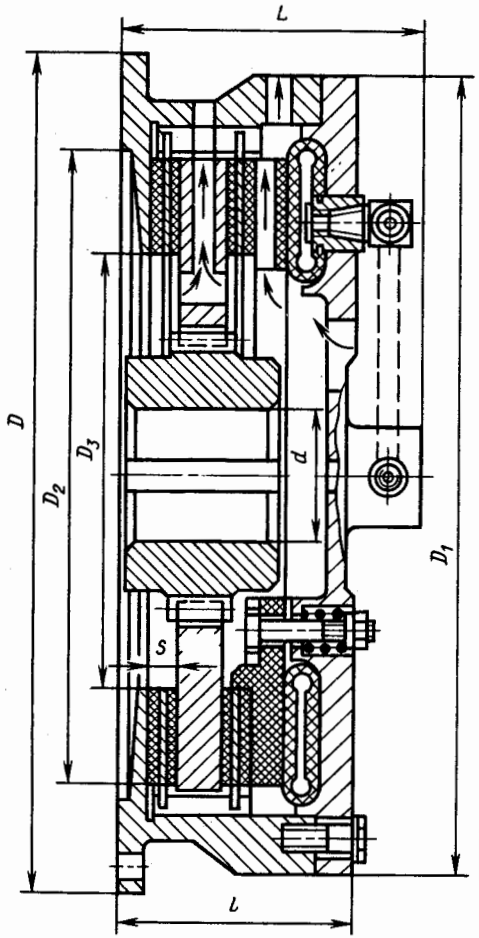


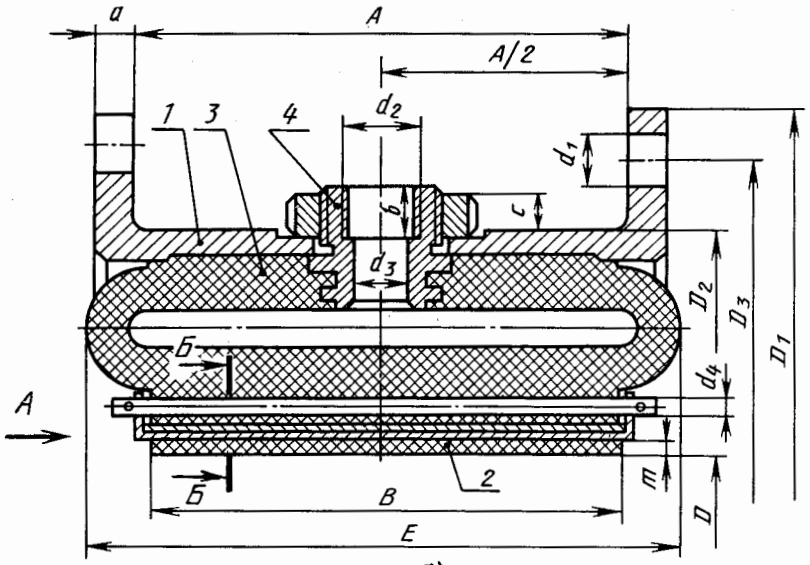
Рис. 2

Таблица к рис. 2

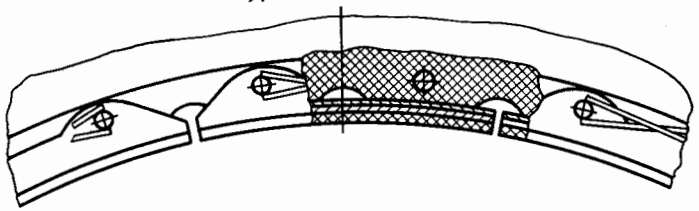
№ муфты АТD	T*, Н·м	n, мин$^{-1}$	Размеры, мм							
			d	D	D_1	D_2	D_3	L	l	S≈
106	270	1800	45	225	215	152	92	132	102	11
108	470	1750	57	302	286	203	144	160	129	11
111	1080	1400	64	406	375	279	178	180	153	13
114	1870	1200	89	476	445	356	240	192	170	16
116	2880	1200	102	524	504	406	267	198	160	16
118	4370	1000	120	590	555	457	317	206	184	16
121	5940	900	152	688	632	533	368	225	203	19
124	6500	900	152	762	710	610	368	230	208	19
124-Н	10400	700	152	762	738	610	368	232	200	19
127	11700	700	160	832	790	686	415	236	198	19
130-Н	22200	600	184	940	862	762	488	318	229	19
136	34500	500	228	1105	1040	914	600	324	245	22,6
142	49200	500	254	1320	1250	1067	750	239	194	25,4

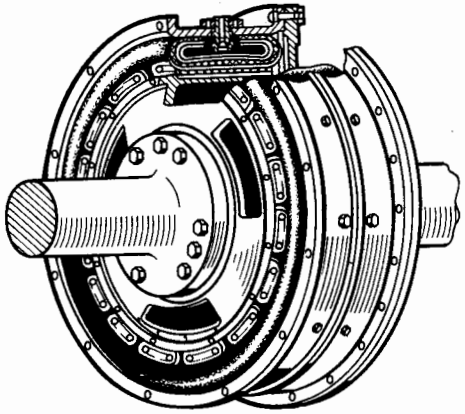
* Величина T указана при давлении 0,69 МПа.

Муфты шинно-пневматические	Лист 417



а)





б)

Рис. 1

Обозначение муфты	T, Н·м	Размеры, мм																Объем баллона, дм³	Число пластин	Масса, кг	
		D	D_1	Обод (дет. 1)						Колодки (дет. 2)			Ниппель (дет. 4)				Баллон (дет. 3)			баллона	муфты
				D_2	D_3	A	d	Отверстие d_1	Отверстие число	B	m	число	d_2	d_3	b	c	E	d_4				
ПМ300×100	1500	302^{+4}	450×4	400^{+2}	430	115	5	13А5	12	98	5	12	М20×1,5	12	17	16	119_{-4}	3,8	1,3	6	4	16
ПМ500×125	6000	507^{+4}	720С4	658^{+2}	690	154	6	17А5	12	123	6	12	М20×1,5	12	17	17	154_{-4}	6	5,5	6	15	35
ПМ700×200	29000	706^{+4}	1000С4	900^{+5}	950	240	15	27	16	198	7,5	18	М33×1,5	25	20	17	250_{-4}	8	17	8	39	117
ПМ1070×200	67000	1076^{+4}	1400С4	1292^{+5}	1350	240	15	27	16	198	7,5	26	М33×1,5	25	20	16	250_{-4}	8	30	12	50	176

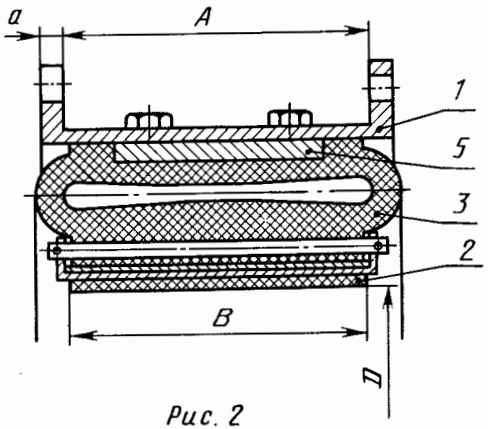


Рис. 2

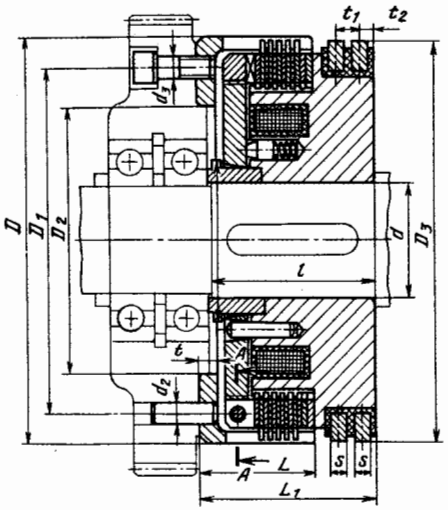
Примечания: 1. Диаметр D указан при свободном состоянии; передаваемый момент указан при давлении воздуха 0,5 МПа. Максимальное давление 0,9 МПа.

2. Ободы муфт ПМ300×100 и ПМ700×200 выполнены с одной ребордой; в муфтах ПМ700×200 и ПМ1070×200 предусмотрены по два ниппеля и по четыре отверстия d_1=25Н8.

3. Муфты работают нормально при температуре окружающего воздуха −30 ... +50°. При температуре +70° муфты не теряют работоспособность (при незначительном снижении долговечности).

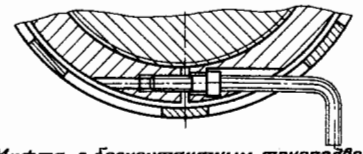
Муфты шинно-пневматические	Лист 418

Муфта с токоподводящими кольцами

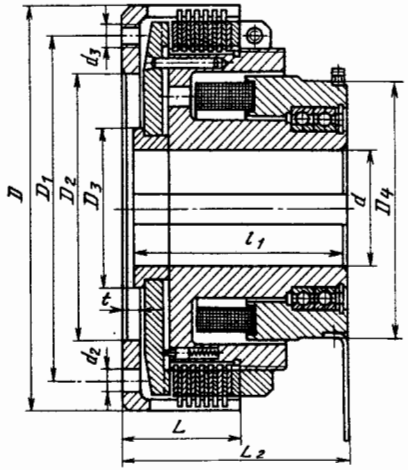


А-А

№ муфты	I, даН. м				n, мин$^{-1}$, наиб.	Размеры, мм									J, внешн., кг: м^2
	в масляной ванне		сухого трения												
	динам.	стат.	динам.	стат.		d	D	D_1	D_2	d_1	d_2	d_3	L	t	
1	1,25	2	1,25	1,4	3000	15...22	100	85	50...70	35	2×6	4×M6	33	5	0,0008
2	2,5	4	2,5	2,75	3000	15...28	110	90	50...70	42	2×6	4×M6	34	5	0,0013
4	4	6,3	4	4,4	3000	20...32	120	100	50...80	48	3×6	6×M6	39	6	0,0018
6	6,3	10	6,3	7	3000	20...35	132	105	60...90	52	3×6	6×M8	43	7	0,0025
10	10	16	10	11	3000	25...42	147	120	10...100	58	3×8	6×M8	45	7	0,0045
16	16	25	16	17,5	2500	30...48	162	135	80...110	65	3×8	6×M8	47	7	0,0083
25	25	40	25	28	2200	30...55	182	155	90...120	72	3×10	6×M10	52	8	0,015
41	40	63	40	44	2000	40...60	202	170	100...140	82	3×10	6×M10	61	9	0,023
64	63	100	63	70	1750	45...70	235	200	110...160	95	3×13	6×M12	70	10	0,043
100	100	160	100	110	1600	50...80	270	235	110...200	105	3×13	6×M12	75	12	0,085
161	160	250	160	175	1350	50...90	310	260	140...220	120	3×16	6×M16	90	14	0,18
250	250	400	250	275	1200	60...110	360	305	180...260	142	4×16	8×M16	102	15	0,38
400	400	630	400	440	1000	70...120	420	350	180...300	160	4×20	8×M16	123	17	0,85
630	630	1000	630	700	900	80...140	485	400	240...340	185	4×20	8×M20	140	20	1,75
1000	1000	1600	1000	1100	750	90...160	560	460	260...400	205	4×25	8×M24	158	22	3,75



Муфта с бесконтактным токоподводом

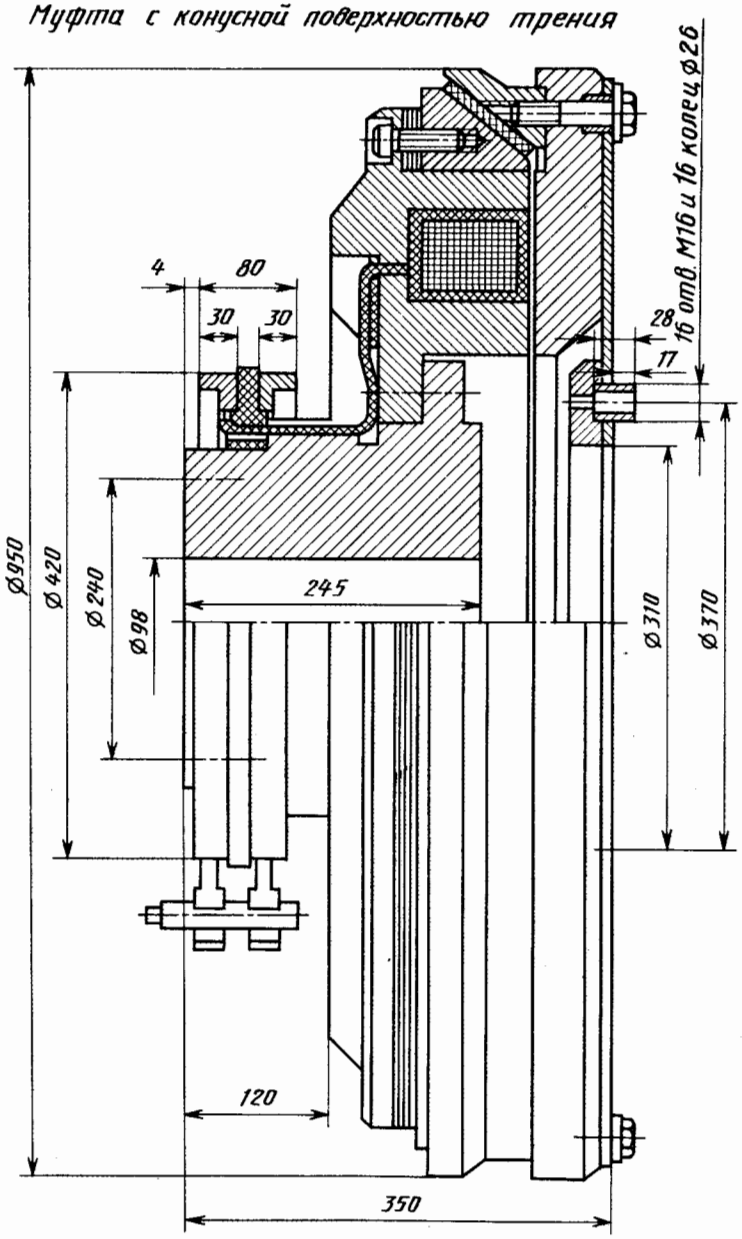


№ муфты	Размеры, мм						J, внутр., кг: м^2	Масса, кг	Размеры, мм			J, внутр., кг: м^2	Масса, кг
	D_2	L_1	l	t_1	t_2	S			D_4	L_2	l_1		
1	100	56	53	11	5,5	8	0,0018	2,8	—	—	—	—	—
2	110	59	56	11	5,5	8	0,0030	3,5	72	68	65	0,0014	2,9
4	120	63	59	11	5,5	8	0,0045	4,1	80	74	70	0,0025	4
6	135	63	61	11	5,5	8	0,0073	5	85	80	75	0,0048	5
10	145	69	64	11	5,5	8	0,0118	6,8	95	89	84	0,0088	7
16	160	73	68	11	5,5	8	0,0195	9,6	104	95	90	0,0153	10,5
25	180	80	75	11	6	8	0,0375	13	115	102	97	0,025	14
41	200	88	82	11,5	6,25	8	0,060	18	128	113	107	0,055	21
64	230	98	92	11,5	6,25	8	0,135	25	145	130	124	0,100	29
100	255	116	108	16	8,5	10	0,275	38	165	140	140	0,185	41
161	295	131	123	16	8,5	10	0,575	58	185	167	159	0,35	59
250	340	148	138	16	8,5	10	1,2	88	210	188	178	0,625	82
400	395	166	154	16	8,5	10	—	—	—	—	—	—	—
630	455	192	177	20	10,5	12	—	—	—	—	—	—	—
1000	530	220	203	20	10,5	12	—	—	—	—	—	—	—

Муфты фрикционные электромагнитные с вынесенными дисками

Лист 419

Муфта с конусной поверхностью трения



Муфта с якорем на шлицевой втулке

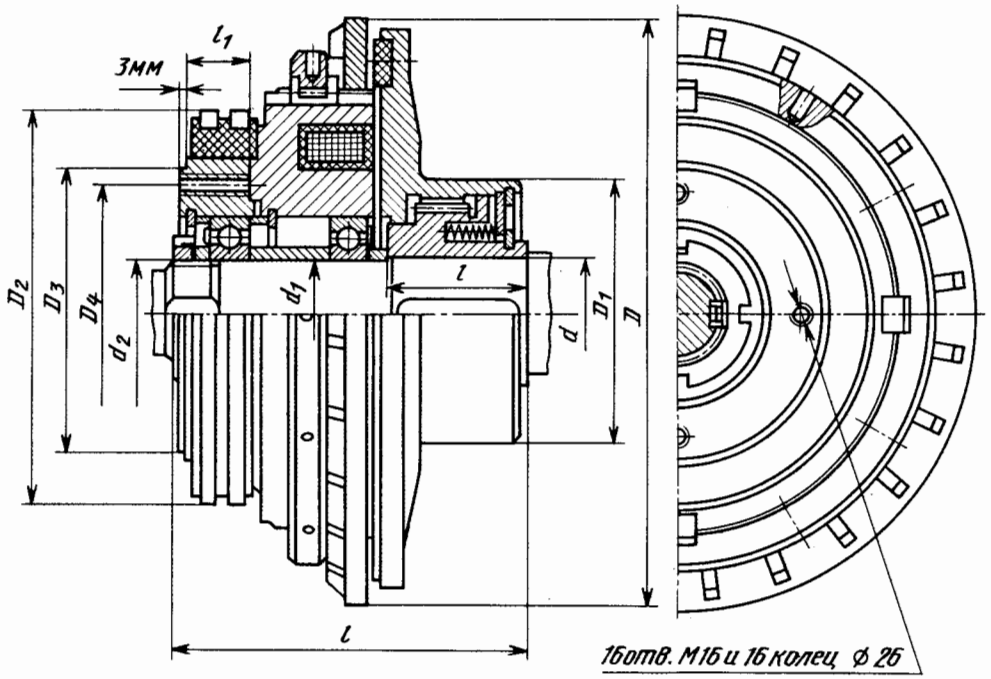


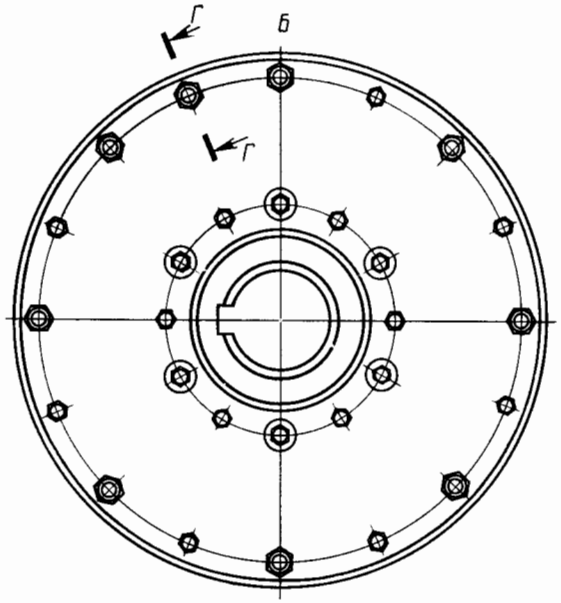
Таблица к рис. 1

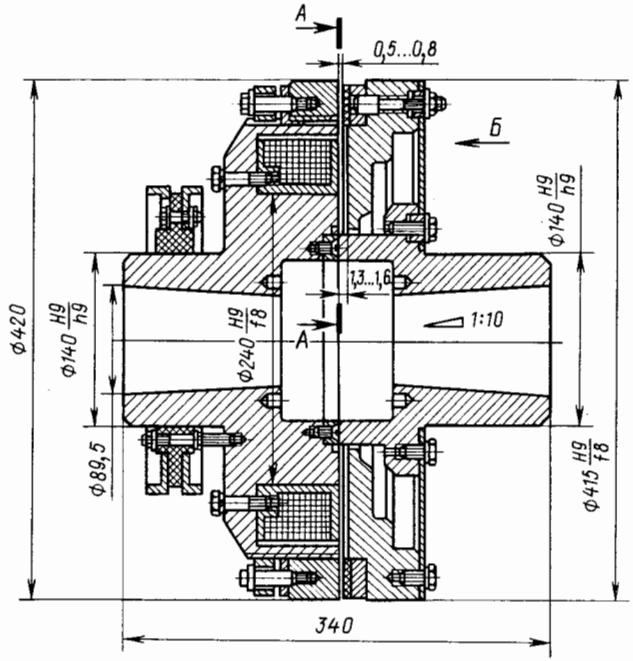
T, Н·м		размеры, мм												J, кг/м²		Масса, кг
дин.	стат.	d	D	D_1	D_2	D_3	D_4	d_1	d_2	$n \times d_3$	L	l	l_1	якоря	катушки	
160	180	50	255	125	215	150	115	45	M45×1,5	4×M10	167	65	36	0,05	0,1	25
250	280	55	285	140	215	155	125	50	M50×1,5	4×M12	175	70	36	0,06	0,15	32
400	440	60	315	150	215	158	135	55	M55×2	4×M12	188	76	38	0,125	0,28	42
630	690	70	365	170	265	200	160	65	M65×2	6×M12	203	83	38	0,25	0,5	60
1000	1100	80	420	190	265	210	180	75	M75×2	10×M12	222	91	38	0,5	0,95	80

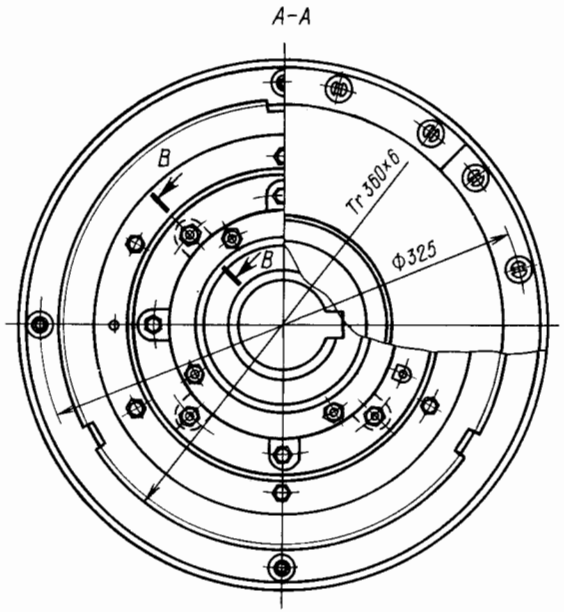
Муфты электромагнитные однодисковые

Лист 420

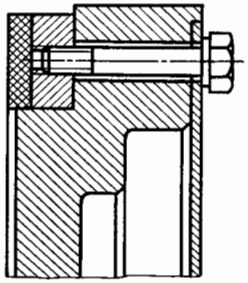
Муфта с якорем на мембране



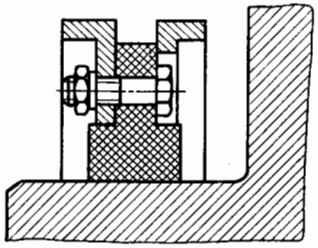




Г-Г ↻22°
(увеличено)



В-В ↻45°
(увеличено)



Муфты электромагнитные однодисковые	Лист 421

Муфта электромагнитная зубчатая с контактным токоподводом

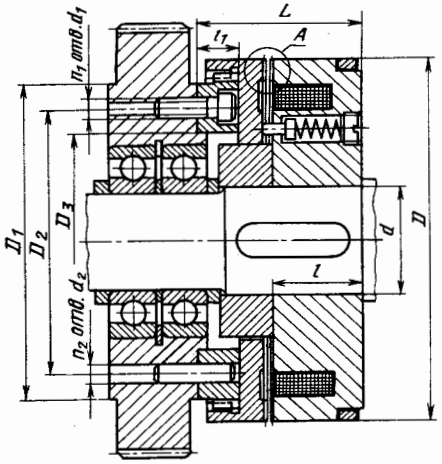
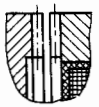


Рис. 1



Муфта электромагнитная зубчатая с бесконтактным токоподводом

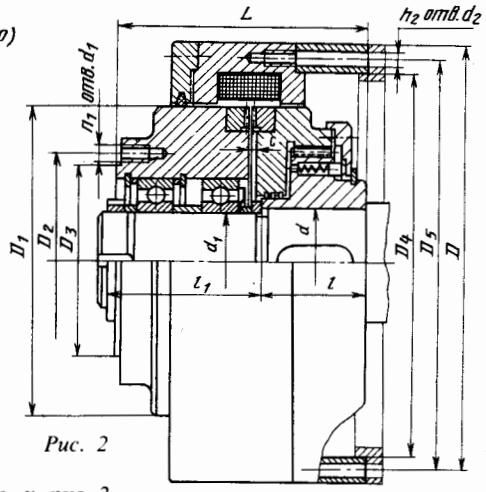


Рис. 2

Муфта электромагнитная порошковая

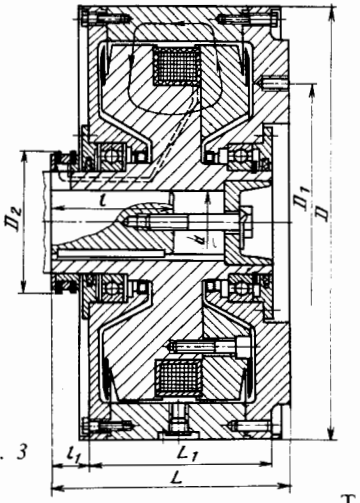


Рис. 3

Таблица к рис. 3

T, Н·м	Размеры, мм								Масса, кг		Объем порошка, см³	J, кг·м²
	d, наиб.	D	D_1	D_2	L	L_1	l, наиб.	l_1	муфты	порошка		
100	38	239	160	74	140	102	80	30	25	0,2	51	0,28
200	55	295	220	95	165	120	110	35	40	0,45	115	0,48
400	65	360	250	135	196	140	140	41	72	0,85	220	1,28
800	75	450	330	170	226	155	140	51	136	1,6	415	4,1
1600	95	550	360	190	261	190	170	46	252	3,1	810	10,0
3150	110	690	500	230	298	215	210	53	467	6,5	1690	31,2
6300	140	860	650	280	364	267	250	59	810	12,0	3300	91,0
12 500	180	1100	790	370	465	330	300	85	1780	24,0	6100	287,0

Таблица к рис. 2

T, Н·м	n, мин⁻¹, наиб.	Размеры, мм														Масса, кг	J, кг·м²	
		d, наиб.	d_1, наиб.	D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	$n_1 \times d_1$	$n_2 \times d_2$	L	l	l_1	c		Якорь	Корпус
630	3400	70	60	262	190	132	120	230	250	12×М8	6×М8	160	68	92	3	37	0,053	0,06
1000	3000	80	65	290	210	145	130	250	276	8×М10	4×М10	165	72	93	3	51	0,083	0,10
1600	2700	90	75	320	230	156	140	280	302	8×М12	6×М10	190	80	115	4	67	0,14	0,17
2500	2300	100	85	360	260	176	160	315	340	12×М12	6×М12	205	85	125	4	95	0,25	0,42
4000	1600	110	95	400	290	200	180	350	380	8×М16	8×М12	225	100	130	5	123	0,45	0,48
6300	1200	130	110	450	330	230	210	390	425	12×М16	6×М16	260	115	150	5	185	0,88	0,9
10 000	1000	150	130	505	380	270	245	440	473	8×М16	6×М16	290	130	165	5	257	1,05	1,7

Таблица к рис. 1

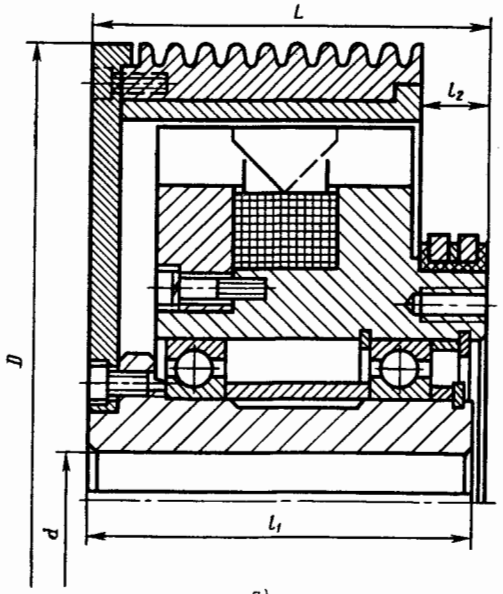
T, Н·м	n, мин⁻¹, наиб.	Размеры, мм										Масса, кг	J, кг·м²	
		d	D	D_1	D_2	D_3	$n_1 \times d_1$	$n_2 \times d_2$	L	l	l_1		Якорь	Корпус
20	5500	8...30	75	64	55	45	4×М4	2×4	33	18	8	0,87	0,00025	0,0004
50	4500	10...40	90	75	64	53	4×М5	2×5	40	23,5	9	1,5	0,0006	0,0011
100	4000	14...45	105	85	75	65	4×М5	2×5	45	26	10,5	2,3	0,0014	0,0023
160	3500	18...50	115	100	85	70	4×М6	2×6	50	28,5	12,5	3	0,0023	0,0036
250	3300	20...55	125	105	90	75	4×М6	2×8	58	33	15,5	4,25	0,0035	0,006
400	3000	25...60	140	115	100	85	6×М6	2×10	67	39	17	6,2	0,0068	0,011
630	2500	30...70	160	130	115	95	6×М8	2×10	75	42	19,5	8,9	0,0125	0,021
1000	2200	35...80	185	155	135	115	6×М8	2×12	85	49	21	14	0,030	0,043
1600	2000	40...95	215	180	155	130	6×М10	2×12	100	58	25,5	20	0,055	0,083
2500	1700	50...110	250	210	180	150	6×М12	2×14	115	66	29	34	0,11	0,19
4000	1500	60...125	280	235	205	175	8×М12	2×12	130	70	32	48	0,21	0,34

Муфты электромагнитные зубчатые и порошковые

Лист 422

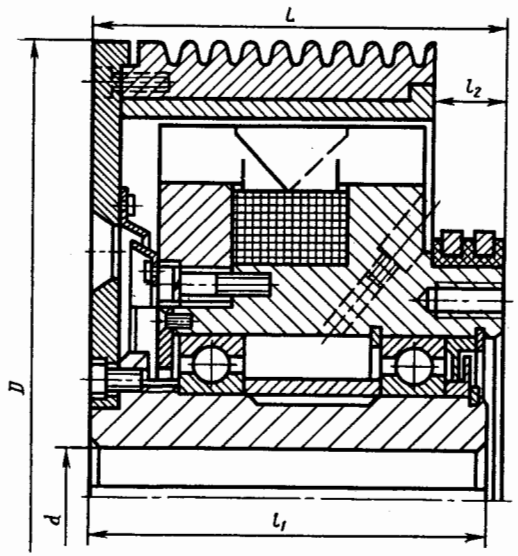
Индукционные муфты

Для муфт 8 ... 22А



а)

Для муфт 26 ... 42А



б)

Рис. 1

Индукционные муфты VEM

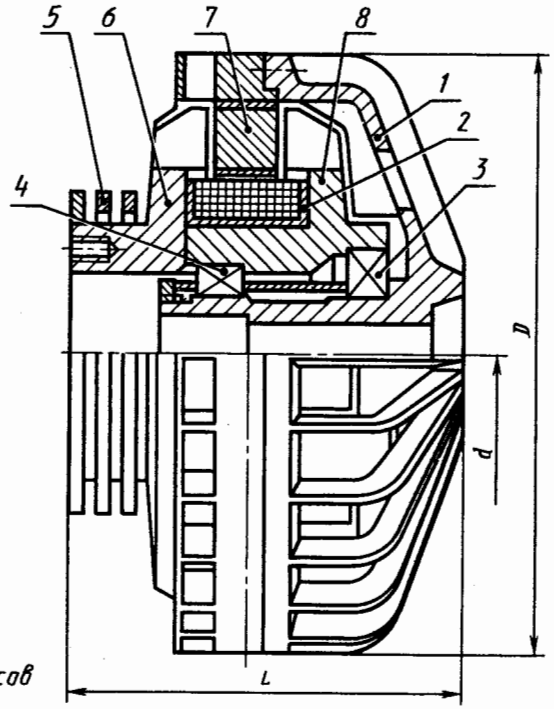


Рис. 2

Обозначение 1KS	Момент T*, Н·м			n, мин⁻¹ наиб.	Размеры, мм					Ток		J_2, кг·м²	
	статический	динамический											
		1	2		D	d	L	l_1	l_2	V, В	I, А	внутрен.	наружн.
8А	1,5	1,1	1,0	8300	100	10... 15	72	69	24	24	1,6	0,0012	0,0015
10А	7	2,8	7,7	6600	130	10... 18	80	75	24	24	1,95	0,0042	0,006
13А	16	8	16	5500	160	15... 22	92	87	24	24	2,4	0,0082	0,015
16А	27	13	24	5400	195	20... 25	100	95	32	24	3,38	0,02	0,032
19А	57	18	44	4600	230	25... 30	112	107	32	24	4,63	0,045	0,07
22А	110	35	75	4000	265	30... 40	125	120	32	24	6,46	0,1	0,12
26А	190	58	110	3400	310	30... 45	140	135	32	24	9,3	0,21	0,38
30А	310	95	190	3000	355	35... 50	160	155	23	110	2,2	0,45	0,53
36А	550	145	265	2500	420	40... 60	180	175	19	110	2,6	1,01	1,5
42А	850	240	430	2100	500	45... 70	210	205	27	110	3,2	2,21	3,3

Момент: статический – при синхронном вращении полумуфт;
динамический 1 – при скольжении 1000 об/мин и номинальном напряжении;
динамический 2 – то же самое при двукратн. напряжении.

Схемы расположения полюсов индукционных колец

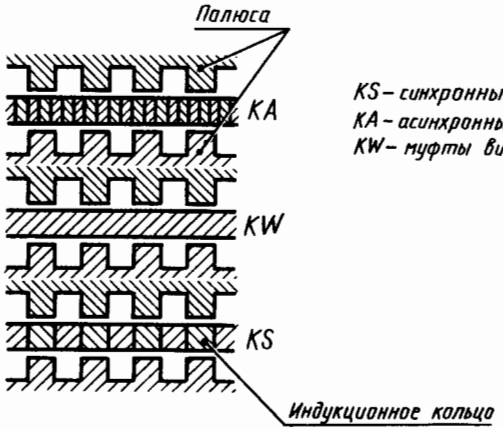
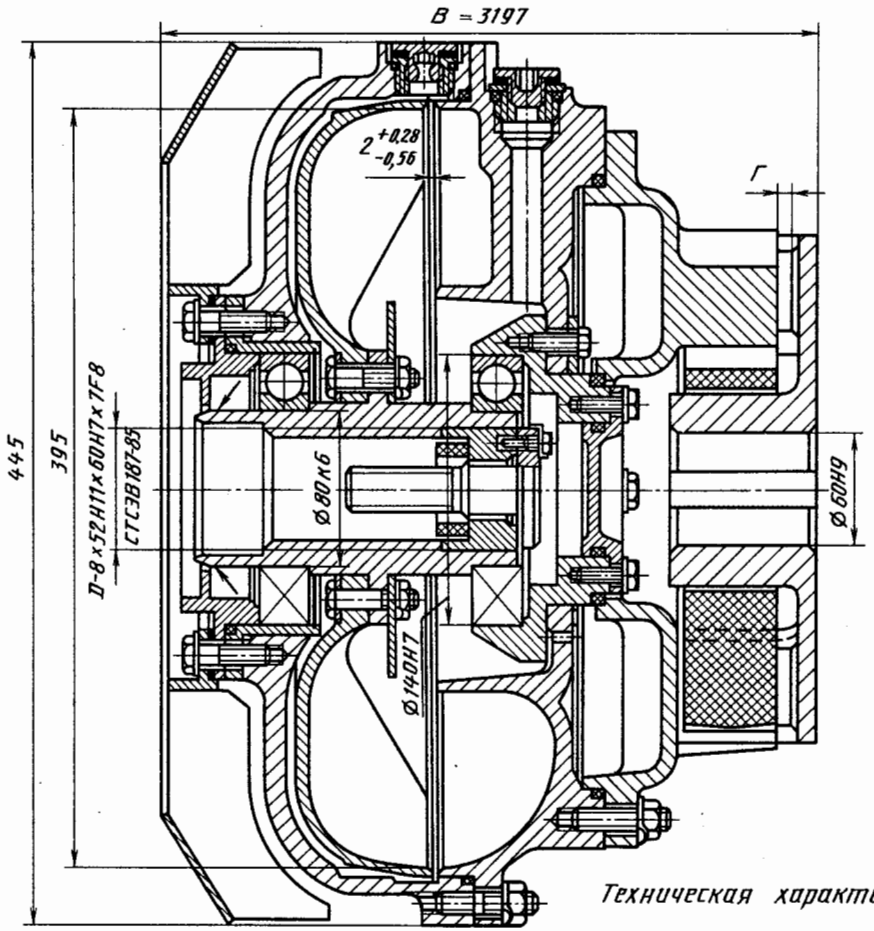
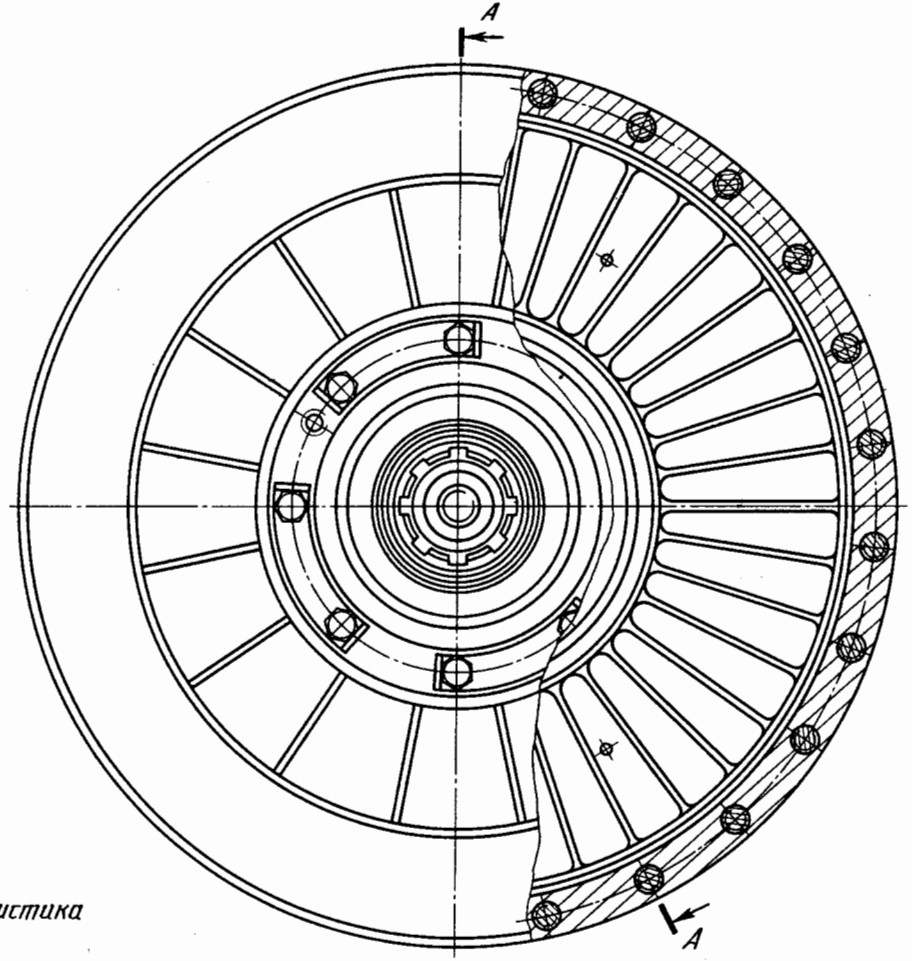


Рис. 3

KS – синхронные муфты;
KA – асинхронные муфты;
KW – муфты вихревых токов

Муфты электромагнитные скольжения	Лист 423





Техническая характеристика

Тип гидромуфты	Предохранительная с внутренним самоторможением	
Тип электродвигателя	ЭД КОФ 42/4	ЭД КОФ 43/4
Длительная мощность, кВт	45,0	55,0
Скорость вращения насосного колеса, мин$^{-1}$	1475	1475
Номинальный момент $M_{ном}$, Н·м	298	364
Пусковой момент $T_{пуск}/T_{ном}$	1,8 ... 2,0	
Коэффициент полезного действия	⩾ 0,95	
Рабочая жидкость	Масло И-12А ГОСТ 20799-75	
Количество заливаемого масла, л	10,5	11,0

Примечание.
Размер В не включает зазор Г, который рекомендуется принимать не менее 2,5 мм.

Гидромуфта	Лист 424

Элементы срезных муфт по нормали ЭНИМС

Предохранительное устройство в приводе конвейера

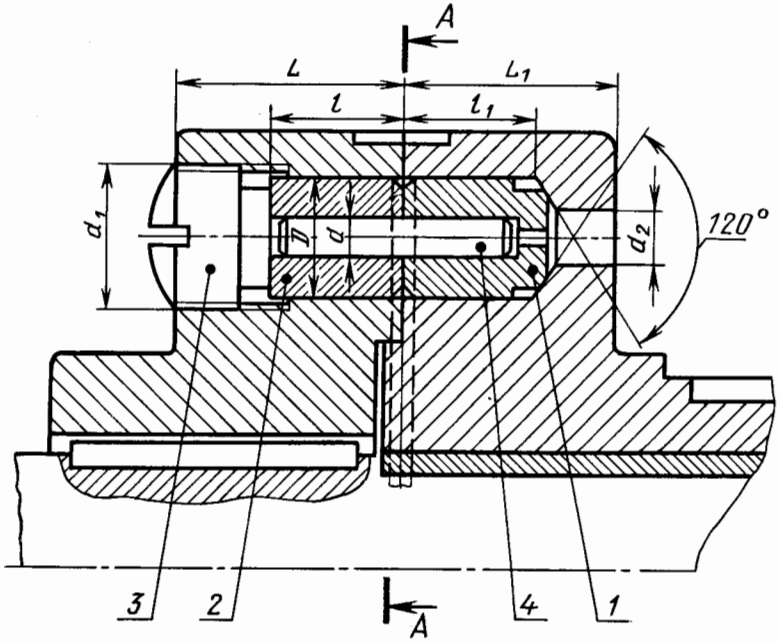
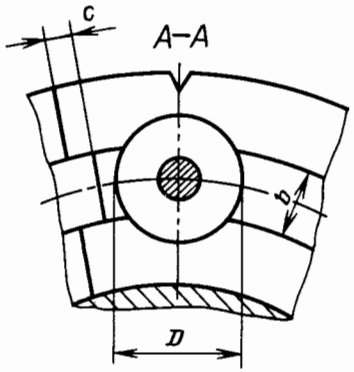
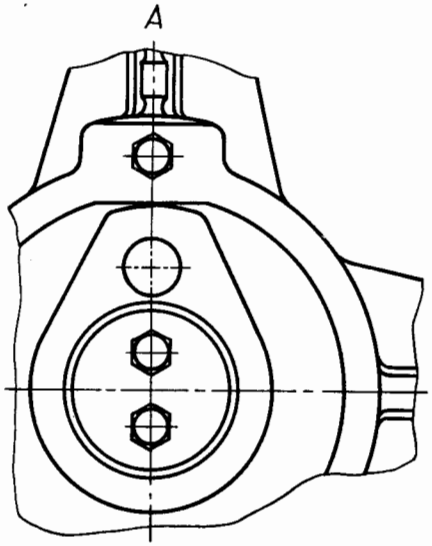


Рис. 1





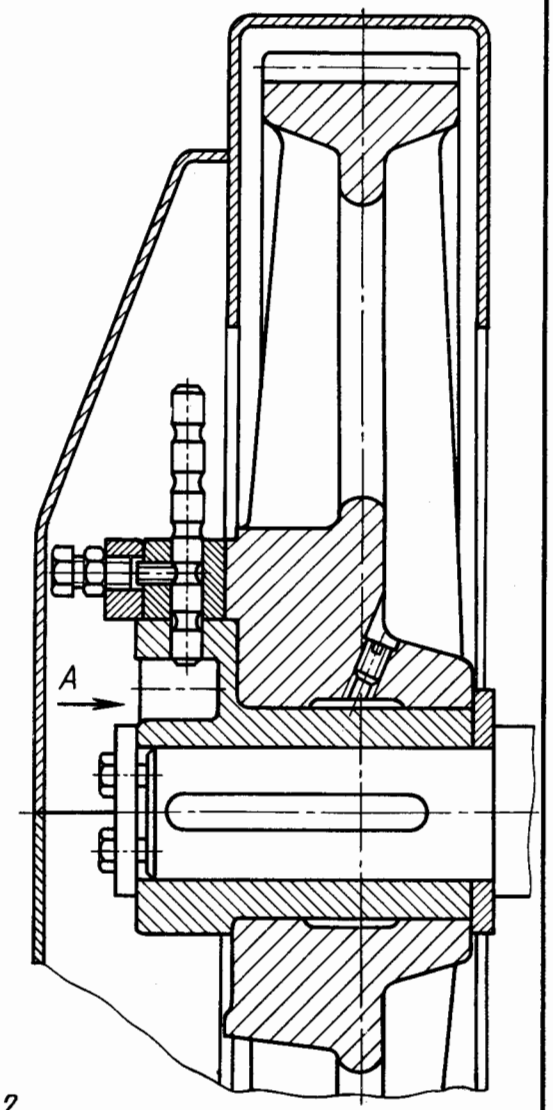


Рис. 2

Сила среза P, кН	Размеры, мм									
	d	D	d_1	d_2	b	L	L_1	l	l_1	C
0,7	1,5	10	M16	5	8	22	16	12	11	1
1,3	2									
2,9	3	15	M20	8	10	30	25	18	17	1,5
5,3	4									
8,25	5									
12,0	6	25	M30	12	16	50	45	28	26	2
21,0	8									
33,0	10									

Муфты предохранительные	Лист 425

Таблица к рис. 1

T, Н·м		Число шариков	Размеры, мм				Пружины*				
от	до		D	d	$d_ш$	L	F, Н	Размеры, мм			Число витков
								$D_п$	$d_п$	$l_п$	
13	14	18	65	32	11	70	70	10	1,5	80	33
23	32					70	171		2	68	26
46	64					110	360		2,5	108	36
24	30	18	75	36	13	75	137	12	2	80	27
33	57					75	281		2,5	70	22
65	104					120	526		3	115	32
25	29	8	85	40	16	95	106	15	2	119	34
56	86					95	394		3	90	23
89	141					120	652		3,5	113	27
59	68	9	115	55	20	100	167	19	2,5	121	28
108	186					100	400		3,5	93	20
157	248					120	754		4	112	23
114	144	10	130	68	20	100	300	19	3	104	23
140	215					100	490		3,5	93	20
202	320					125	750		4	118	24
192	236	10	150	80	24	130	410	22	3,5	139	27
253	340					130	630		4	127	24
512	695					200	1300		5	196	32
266	326	12	170	95	24	130	410	22	3,5	139	27
350	472					130	630		4	127	24
710	965					200	1300		5	196	32
311	384	12	195	115	24	130	410	22	3,5	139	27
411	554					130	630		4	127	24
834	1138					200	1300		5	196	32
560	665	14	225	135	28	160	750	26	4	164	26
836	1170					160	1430		5	257	38
1640	2200					250	1900		6	247	35
840	1060	14	260	160	28	160	750	26	4,5	164	26
1650	1940					250	1430		5,5	257	38
2050	2600					250	1900		6	247	35
160	180	15	300	190	32	250	88	30	5	289	41
248	300					250	159		6	258	34
390	488					320	263		7	322	39

* $D_п$ — наружный диаметр пружины; $d_п$ — диаметр проволоки; $l_п$ — свободная длина пружины.

Шариковая предохранительная муфта

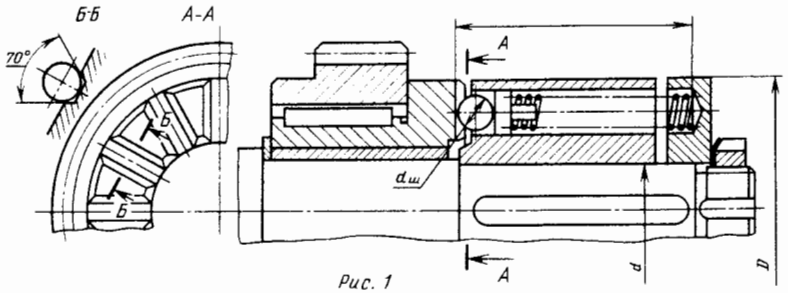


Рис. 1

Шариковая предохранительная муфта с полостью, заполненной маслом

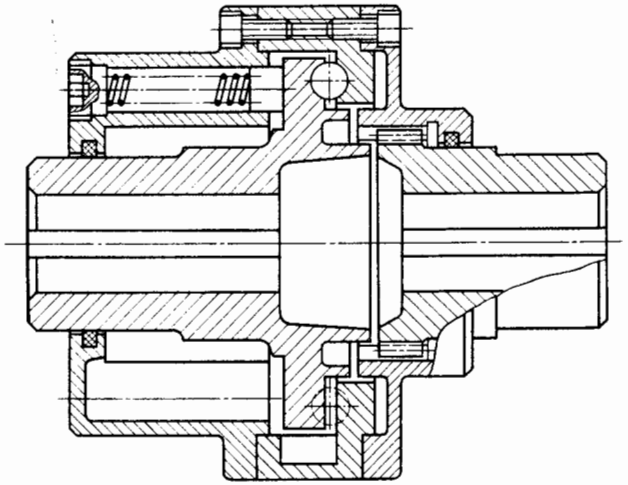


Рис. 2

Муфты предохранительные шариковые	Лист 426

Таблица к рис. 1 и 2

Номинальный крутящий момент, Н·м	Размеры, мм														
	d (пред. откл. по $H7$) Исполнение 1				d_1 (пред. откл. по $K6$)	D, не более	L, не более	d (пред. откл. по $H14$) Исполнение		l_1, не более	b (пред. откл. по ГОСТ 23360—78)	h (пред. откл. по $H11$)	t (пред. откл. по $H12$)	Угловая скорость, рад/с, не менее	Масса, кг, не более
	1 ряд	2 ряд	2	3				1	2 и 3						
63,0	—	24	—	—	55	150	120	50	36	28	8	7	4,0	100	2,00
	25	—	25	25				60	42						
100,0	—	24	—	—	65	165	125	50	36	32	10	8	5,0	100	3,60
	25	—	25	25				60	42						
	28	—	28	28											
	—	30	—	30				80	58						
160,0	28	—	28	28	70	180	150	60	42	36	10			80	3,80
	—	30	—	30				80	58						
	32	—	32	32											
250,0	36	—		35		185	160			42	10			60	5,00
	—	38	38	38											
	40	—	—	40				110	82						
400,0	—	38	38	38	90	205	180	80	58	48	14	9	5,5	40	7,60
	40	—	—	40				110	80						
	—	42	42	42											
	45	—	—	45											

Предохранительные фрикционные муфты по ГОСТ 15622-77

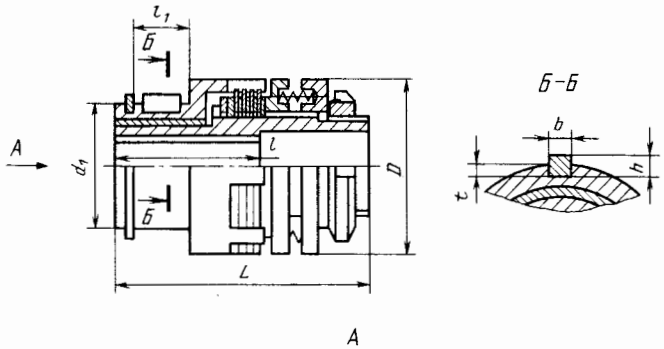


Рис. 1

Пример конструкции муфты

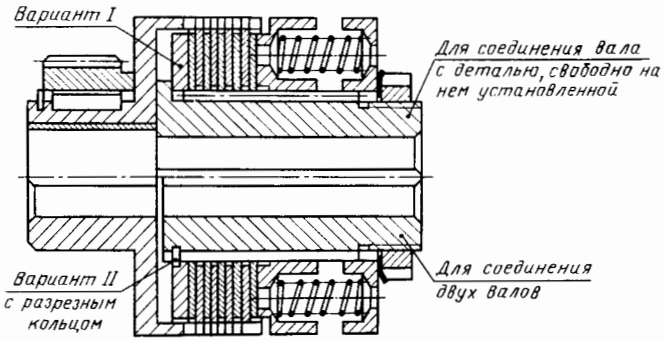


Рис. 2

Муфты предохранительные фрикционные	Лист 427

Номинальный крутящий момент, Н·м	Размеры, мм														
	d (пред. откл. по $H7$)				d_1 (пред. откл. по $K6$)	D, не более	L, не более	d (пред. откл. по $H14$)		l_1, не более	b (пред. откл. по ГОСТ 23360—78)	h (пред. откл. по $H11$)	t (пред. откл. по $H12$)	Угловая скорость, рад/с, не менее	Масса, кг, не более
	Исполнение							Исполнение							
	1		2	3				1	2 и 3						
	1 ряд	2 ряд													
400,0	—	48	48	—	90	205	180	110	80	48	14	9	5,5	40	7,60
630,0	45	—	—	45	95	220	240			56	16	10	6,0		12,0
	—	48	48	—											
	50	—	—	50											
	—	53	54	—											
	55	—	—	55											
1000,0	50	—	—	50	120	260	270	110	82	67	18	11	7,0	35	16,5
	—	53	54	—											
	55	—	—	55											
	—	56	—	—											
	60	—	60	60											
	63	—	—	—											
1600,0	60	—	60	60	140	290	285	140	105	75	22	14	7,5		30,0
	63	—	—	—											
	—	65	65	65											
	70	—	—	70											
	71	—	72	—											
	—	75	—	75											
2500,0	70	—	—	70	150	315	330			90	25	14	9,0		45,5
	71	—	72	—											

Пример условного обозначения предохранительной фрикционной муфты с номинальным крутящим моментом 63 Н·м, диаметром посадочного отверстия 25 мм, исполнения 1, климатического исполнения У3:

Муфта 63—25—У3 ГОСТ 15662—77

ГОСТ 15622-77

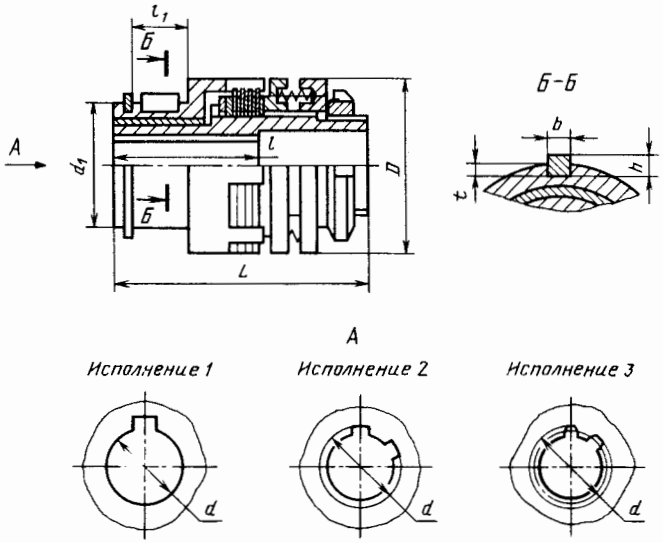


Рис.1

Пример конструкции муфты

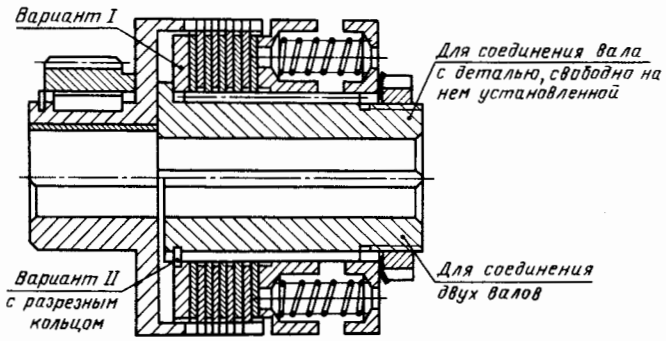
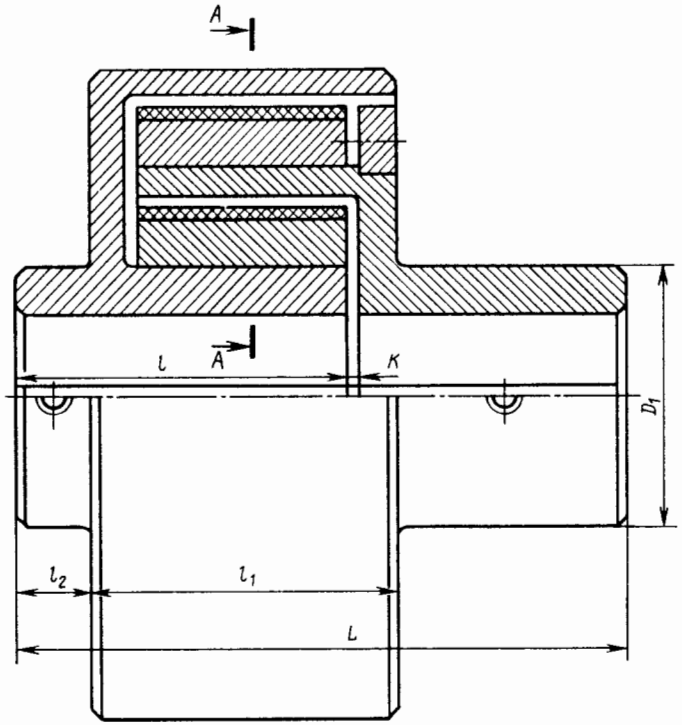


Рис.2

Муфты предохранительные фрикционные	Лист 427



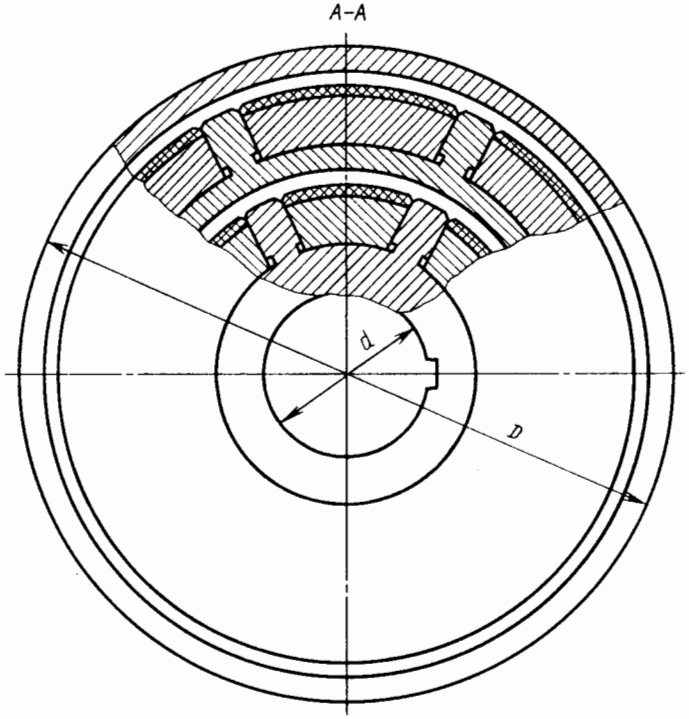


Рис. 1

Обозначение муфты	Размеры, мм										Масса, кг (рис.1)
	d	D	D_1	L	l	l_1	l_2	K	D_2	L_1	
4	28,6	111	44,5	105	58,6	52,5	12,7	1,6	111	148	4,54
6	41,2	165	76,2	159	76,2	76,2	63,7	3,2	165	203	11,3
7	47,5	190	85,5	184	89	89	75,9	3,2	190	246	18,1
8	60,3	222	108	222	105	105	91,6	3,2	222	287	29,4
10	73	273	130	222	105	105	91,6	3,2	273	322	45,4
12	89	330	159	289	140	140	124	4,8	330	386	90,8
16	121	438	216	336	171	168	143	4,8	438	467	192
19	143	520	254	360	178	175	158	4,8	520	530	272
24	178	647	317	512	254	251	234	4,8	—	—	595

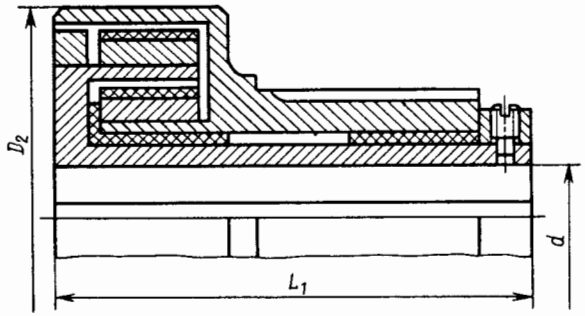


Рис.2

Муфты центробежные	Лист 428

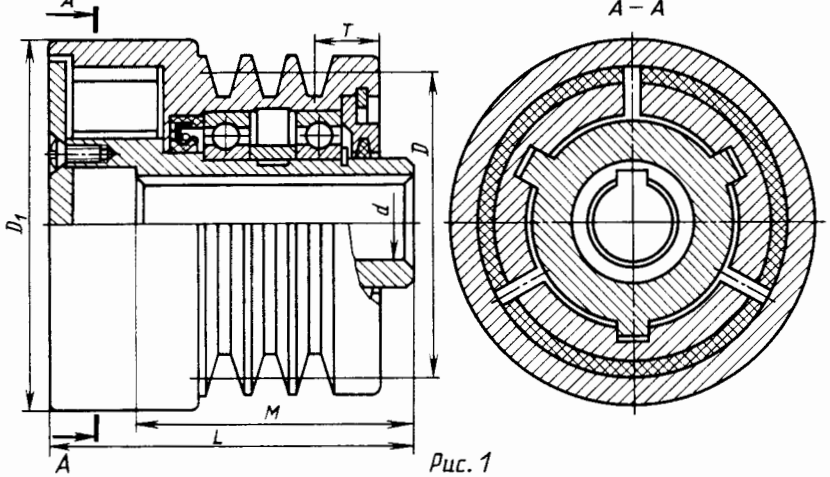


Рис. 1

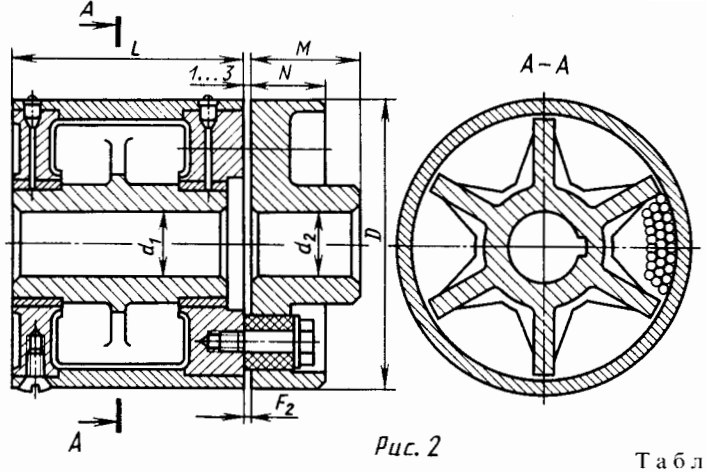


Рис. 2

Таблица к рис. 2

Обозначение муфты	Размеры, мм							Масса, кг	P при n, мин$^{-1}$					
	D	d_1	d_2	L	M	N	E		570	710	970	1450	1750	2950
85	95	16	28	97	35	12	10	4			0,07	0,26	0,46	1,47
110	120	20	32	111	55	25	12	7			0,29	1,0	1,75	5,5
135	145	32	40	112	60	25	12	11	–	0,26	0,66	2,21	3,9	11,0
161/1	185	40	50	121	75	30	15	20	0,22	0,44	1,0	3,46	5,6	18,4
165/2	185	40	50	156	75	30	15	22	0,37	0,7	17,6	5,9	10,3	29,5
215/1	235	55	60	134	90	40	18	36	0,74	1,47	3,83	12,5	22,2	59,0
215/2	235	55	60	159	90	40	18	38	1,0	2,21	5,5	18,4	32,4	83,0
265/1	285	65	75	156	100	55	20	62	2,03	4,0	10,3	33,2	58,2	147,0
265/2	285	65	75	186	100	55	20	67	3,0	5,9	14,7	48,6	85,4	221
315/1	340	75	85	191	120	60	22	108	5,9	9,2	23,6	76,4	151	292
315/2	340	75	85	231	120	60	22	118	7,4	14,0	35,4	115	202	405
360/1	390	85	100	242	150	70	22	175	10,8	22,0	56,6	184	324	442
360/2	390	85	100	297	150	70	22	192	17,7	32	86	280	560	662
415/1	445	100	125	305	175	70	34	265	29,4	55	140	442	—	–
415/2	445	100	125	365	175	70	34	290	40	76,5	196	640	—	—
500/1	530	135	150	317	210	70	46	390	56,6	110	277	900	–	
500/2	530	135	150	377	210	70	46	425	82,5	159	409	1100	—	—

Таблица к рис. 1

Обозначение муфты	Размеры, мм						P при n, мин$^{-1}$		Обозначение муфты	Размеры, мм						P при n, мин$^{-1}$	
	D_1	D	d	L	M	T	1000	1500		D_1	D	d	L	M	T	1000	1500
S10	96	89	20	78	68	19		0,147	A40	125	106	30	94	80	24,5	0,435	1,43
S20	96	89	20	78	68	19		0,2	A50	125	106	30	99	80	24,5	0,523	1,77
S30	96	89	20	78	68	19	0,085	0,29	A60	125	106	30	104	80	24,5	0,626	
S40	96	89	20	86	75	19	0,133	0,44	A70	125	106	30	115	80	24,5	0,81	—
S50	96	89	20	93	75	19	0,17	0,575	A80	125	106	30	126	80	24,5	1,05	—
S60	116	109	27	94	82	19	0,258	0,83	B10	170	150	50	111	98	32,5	0,524	1,77
S70	116	109	27	97	87	19	0,346	1,18	B20	170	150	50	111	104	32,5	0,68	2,28
S80	116	109	27	102	90	19	0,435	1,44	B30	170	150	50	123	110	32,5	0,81	2,8
S90	116	109	27	107	90	19	0,52	1,77	B40	170	150	50	123	110	32,5	1,18	4,0
A10	125	106	30	88	78	24,5	0,158	0,54	B50	170	150	50	123	110	32,5	1,73	—
A20	125	106	30	88	78	24,5	0,22	0,74	B60	170	150	50	130	110	32,5	2,06	
A30	125	106	30	88	78	24,5	0,317	1,07	B70	170	150	50	138	110	32,5	2,43	

Муфты центробежные

Лист 429

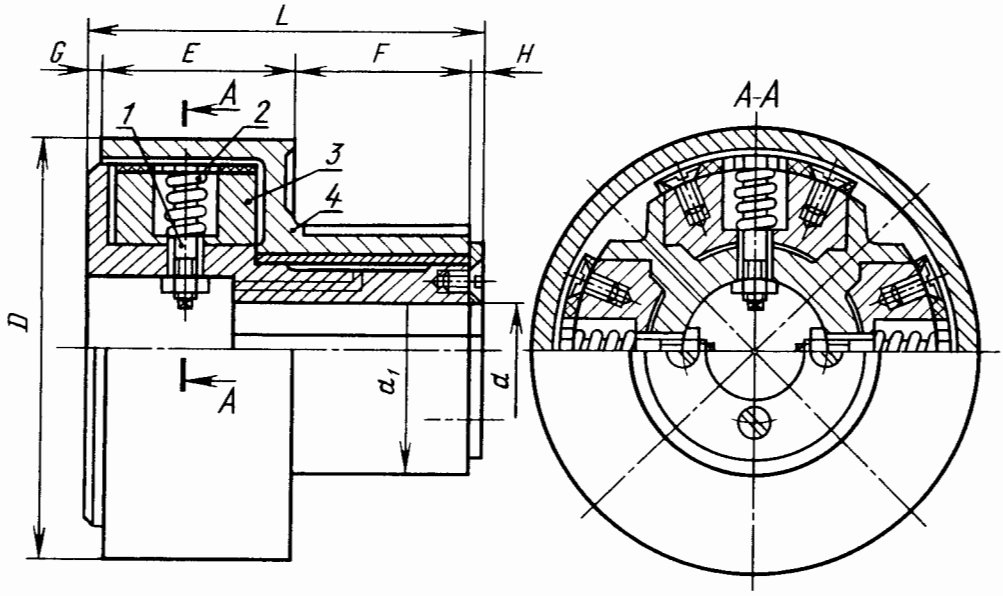
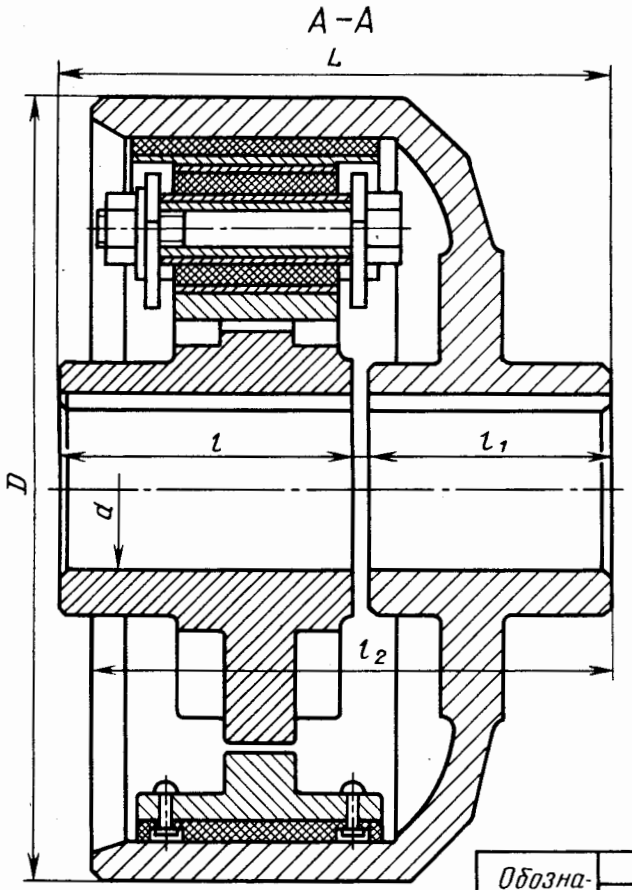
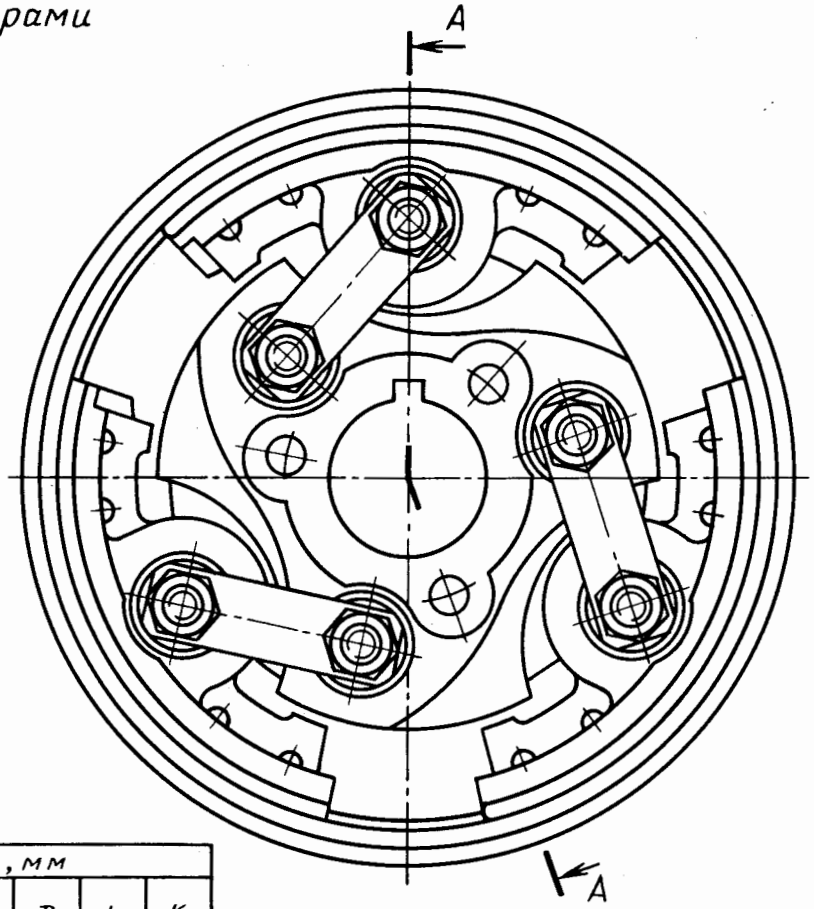


Таблица к рис. 1 и 2

Обозначение муфты	Размеры, мм										Масса, кг
	d	D	D_1	L	l	l_1	l_2	K	D_2	L_1	
4	28,6	111	44,5	105	58,6	52,5	12,7	1,6	111	148	4,54
6	41,2	165	76,2	159	76,2	76,2	63,7	3,2	165	203	11,3
7	47,5	190	85,5	184	89	89	75,9	3,2	190	246	18,1
8	60,3	222	108	222	105	105	91,6	3,2	222	287	29,4
10	73	273	130	222	105	105	91,6	3,2	273	322	45,4
12	89	330	159	289	140	140	124	4,8	330	386	90,8
16	121	438	216	336	171	168	143	4,8	438	467	192
19	143	520	254	360	178	175	158	4,8	520	530	272
24	178	647	317	512	254	251	234	4,8	—	—	595

Колодочная центробежная муфта с упругими шарнирами





Обозначение муфты	Размеры, мм						
	d наиб.	l	l_1	l_2	D	L	K
552	34,9	61,4	50,8	111	165	117	4,8
63	38,1	50,8	63,5	127	175	124	8,0
73	60,3	68,0	79	160	222	155	8,0
94	63,5	76,4	95	186	267	178	6,4
104	70,0	76,4	102	189	305	184	6,4
124	86,6	112	124	241	362	235	9,5
156	114	119	165	298	432	292	8,0
176	127	140	184	338	500	332	8,0
208	140	152,4	205	368	585	362	9,5

Муфты центробежные

Лист 431

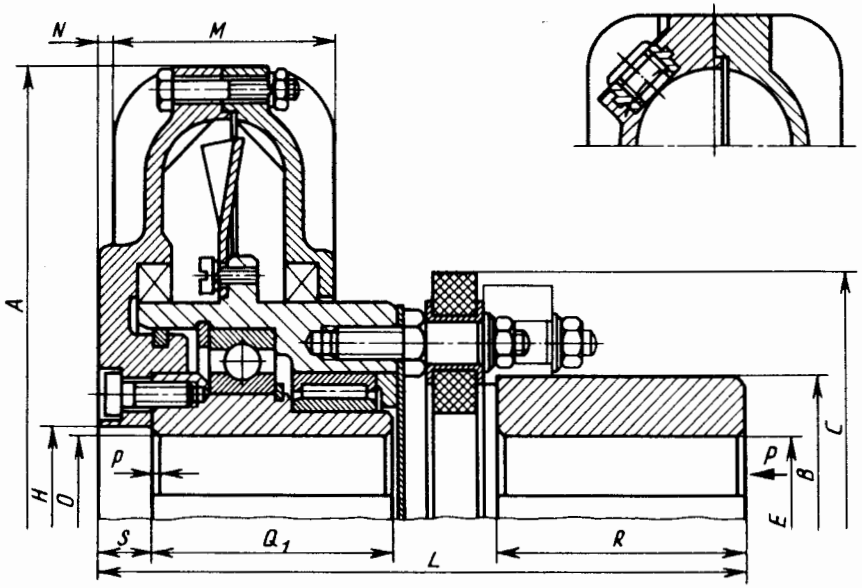


Рис. 1

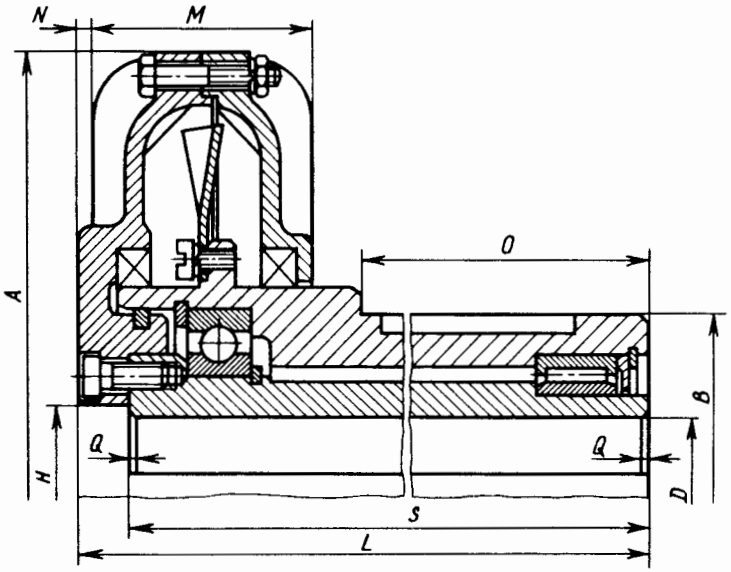


Рис. 2

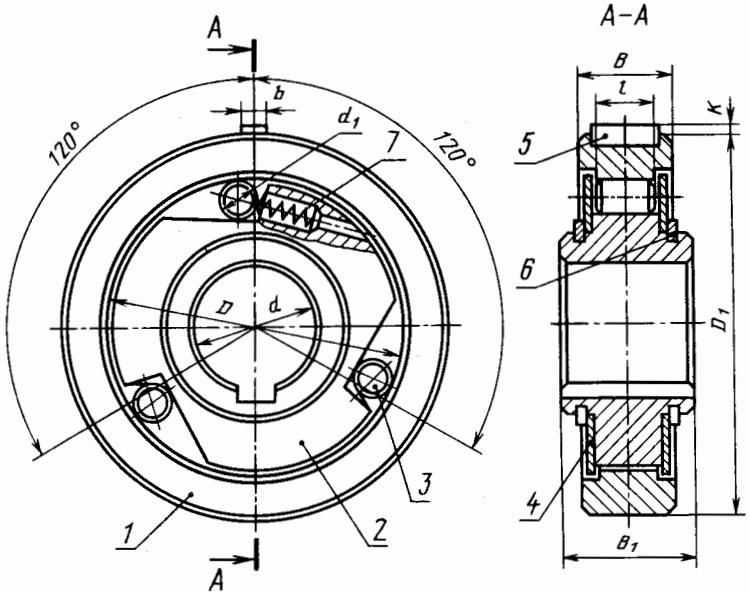
Таблица к рис. 1 и 2

№ муфты	T, Н·м, при n, мин$^{-1}$						Размеры, мм																				n, мин$^{-1}$, предельн.	Масса рабочей смеси, кг	Масса муфты без рабочей смеси (рис. 1)	Масса муфты без рабочей смеси (рис. 2)
	6000	7500	10000	12500	15000	30000	A	B_1	B	C	C, наиб.	D	D, наиб.	E	F	H	L	M	N	O_1	P	Q_1	R	O	Q	S				
15	—	10	16	20	30	90	180	57	78	20	30	20	30	55	70	38	125	47	5	3	1×45°	55	5	42	1×45°	90	3800	0,9	6	6,5
19	20	28	45	60	80	250	220	72	90	25	40	25	40	70	90	50	150	56	2	5	1,5×45°	65	8	54	1,5×45°	113	3000	1,8	10	12
23	50	70	110	150	210	—	275	90	115	30	50	30	50	85	100	58	175	67	5	7	2×45°	75	10	90	2×45°	162	2500	3,3	15	18
28	120	180	280	400	550	—	330	105	135	35	60	35	60	100	140	75	200	83	2	7	2×45°	85	10	115	2×45°	185	2000	5,8	25	32
35	360	550	900	1150	1600	—	410	130	165	45	80	45	80	130	170	96	240	100	8	10	2×45°	100	15	180	2×45°	270	1600	10,5	45	60
45	90	250	—	—	—	—	520	175	220	60	105	60	105	170	220	125	275	115	10	10	2×45°	115	15	280	2×45°	580	1250	26	70	115

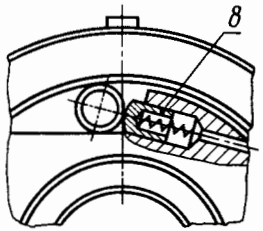
Муфты центробежные с дробью	Лист 432

Исполнение 1

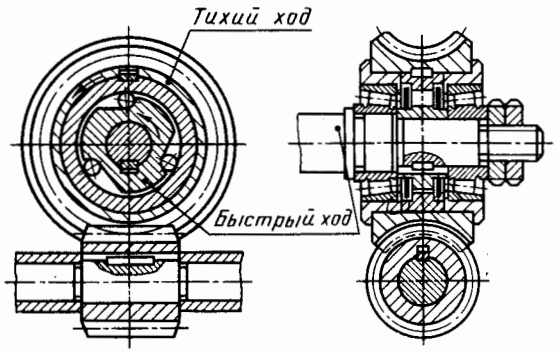
Для муфт D=32;40;50 и 65мм



Для муфт D=80 и 100мм



Пример встройки муфты



1-обойма, 2-ступица, 3-ролик, 4-щека, 5-шпонка, 6-кольцо, 7-пружина, 8-штифт.

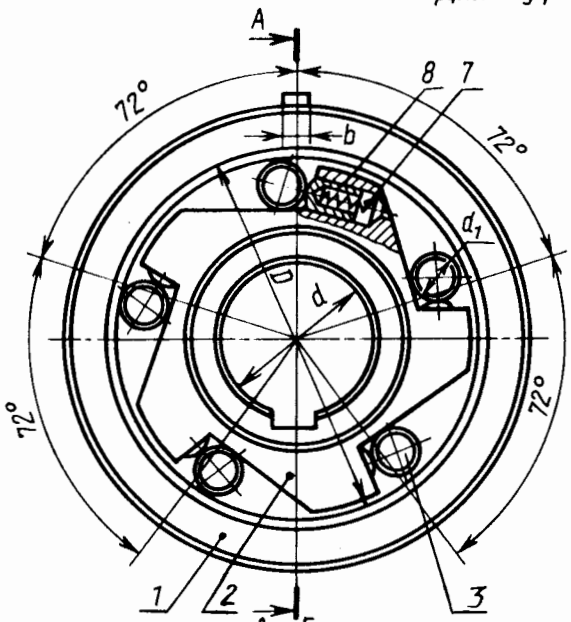
Номинальный вращающий момент, Н·м	Размеры, мм									Масса, кг
	D (пред. откл. по $H7$)	d (пред. откл. по $H7$)	D_1 (пред. откл. по $K6$)	d_1 (пред. откл. по $h6$)	B	B_1	b (пред. откл. по $h8$)	l (пред. откл. по $D11$)	K	
2,5	32	10	45	4	$12_{-0.12}$	$18^{+0.24}$	3	8	1,2	0,14
		12								
		14								
5,0	40	16	55	5	$15_{-0.12}$	$22^{+0.28}$	4	10	1,8	0,26
8,0		18					5		2,3	
	50	16	70	6	$18_{-0.15}$	$25^{+0.28}$		12		0,55
		18								
		20								
18,0	65	16	85	8	$20_{-0.15}$	$28^{+0.28}$		14		0,87
		20								
		25								0,90
35,5	80	20	105	10	$25_{-0.15}$	$35^{+0.34}$	6	18	2,6	1,6
		25								1,65
		30								
		35								
71,0	100	25	130	13	$30_{-0.2}$	$45^{+0.34}$	8	24	3,2	2,80
		30								
		35								2,90
		40								

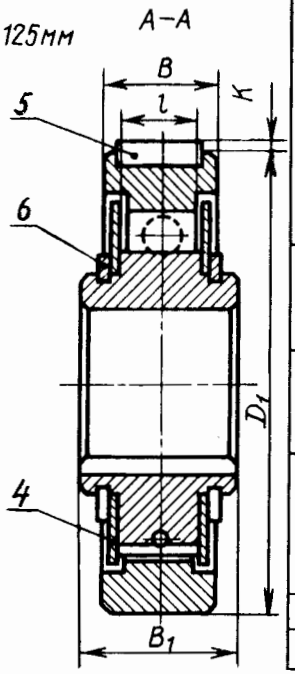
Муфты обгонные роликовые

Лист 433

Исполнение 2

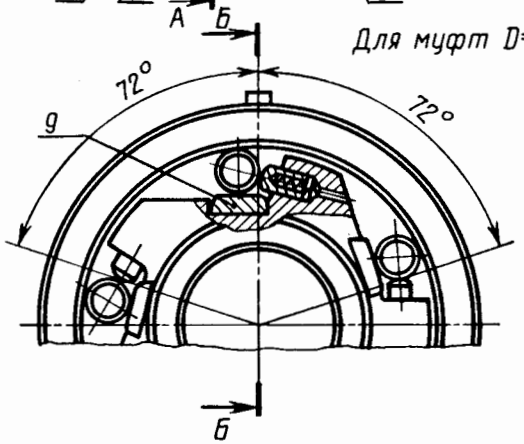
Для муфт D=80; 100 и 125мм

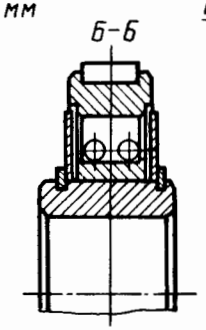


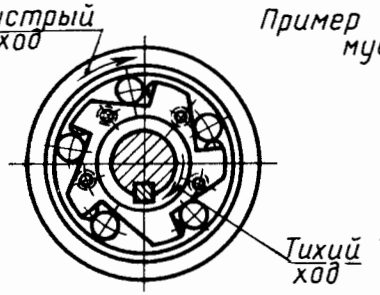


Номинальный вращающий момент, Н·м	Размеры, мм									Масса, кг
	D (пред. откл. по H7)	d (пред. откл. по H7)	D_1 (пред. откл. по k6)	d_1 (пред. откл. по h6)	B	B_1	в (пред. откл. по h8)	е (пред. откл. по D11)	K	
56,0	80	25	105	10	$25_{-0,15}$	$35^{+0,34}$	6	18	2,6	1,55
		30								1,62
		35								
125,0	100	30	130	13	$30_{-0,20}$	$45^{+0,34}$	8	24	3,2	2,70
		35								2,80
		40								
224,0	125	35	160	16	$35_{-0,25}$	$55^{+0,40}$		28		5,60
		40								
		45								5,70
		50								
400,0	160	70	200	20	$40_{-0,25}$	$60^{+0,40}$	12	32	3,8	9,10
800,0	200	90	250	25	$50_{-0,30}$	$70^{+0,40}$		40		16,00

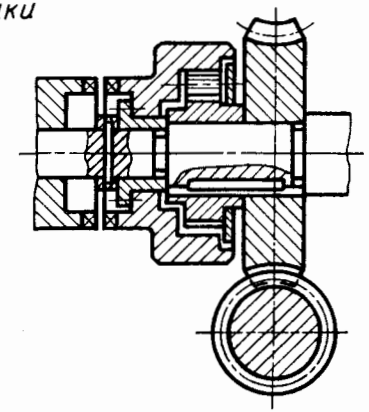
Для муфт D=160 и 200 мм







Пример встройки муфты

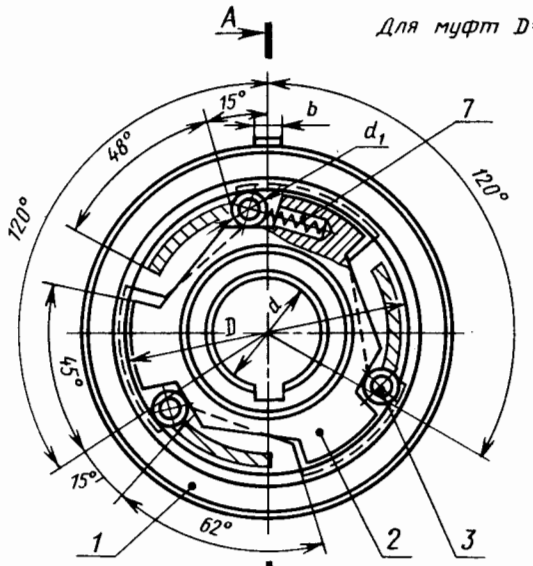


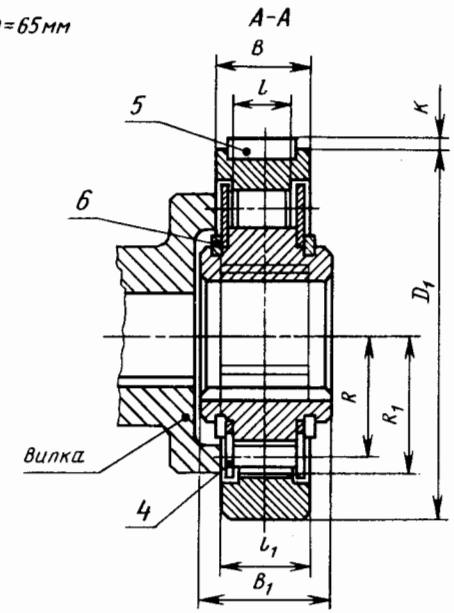
1- обойма; 2- ступица; 3-ролик; 4-щека; 5-шпонка; 6-кольцо; 7- пружина; 8-штифт; 9-сухарь.

Муфты обгонные роликовые	Лист 434

Исполнение 3

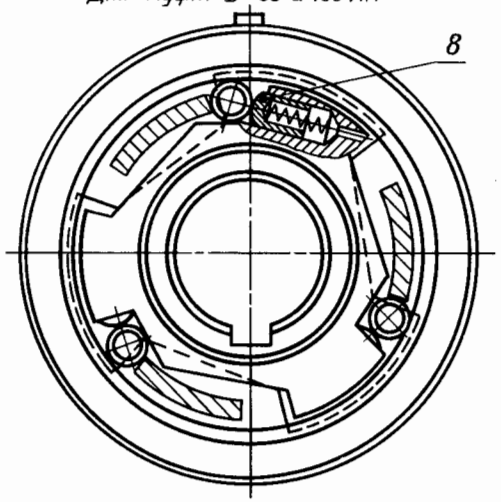
Для муфт D=65мм



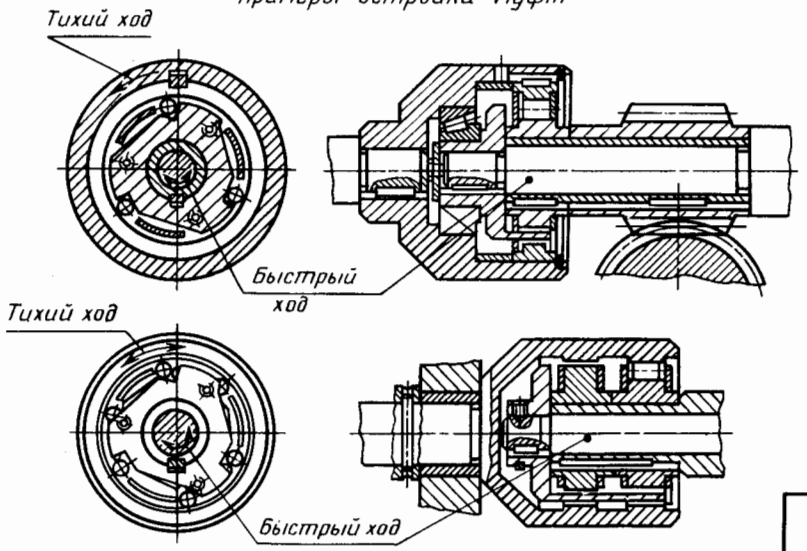


Номинальный вращающий момент, Н·м	Размеры, мм									Размеры вилки, мм			Масса, кг
	D (пред. откл. по H7)	d (пред. откл. по H7)	D_1 (пред. откл. по K6)	d_1 (пред. откл. по h6)	B	B_1	b (пред. откл. по h8)	l (пред. откл. по D11)	K	l	R	R_1	
18,0	65	16	85	8	$20_{-0,15}$	$30^{+0,28}$	5	14	2,3	21	27,5	31,5	0,79
		20											0,82
		25											
35,5	80	20	105	10	$25_{-0,15}$	$35^{+0,34}$	6	18	2,6	25	33,5	39,0	1,37
		25											
		30											
		35											2,43
71,0	100	25	113	13	$30_{-0,20}$	$45^{+0,34}$	8	24	3,2	31	41,0	49,0	2,29
		30											2,33
		35											
		40											

Для муфт D=80 и 100 мм

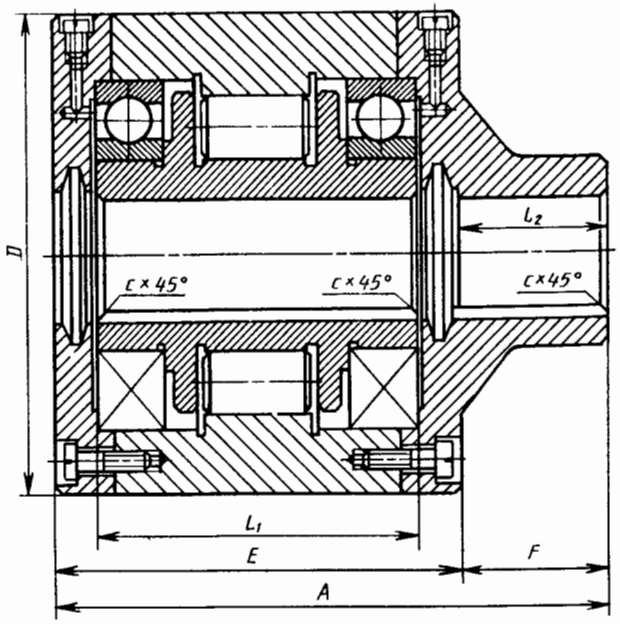


Примеры встройки муфт



1 — обойма;
2 — ступица;
3 — ролик;
4 — щека;
5 — шпонка;
6 — кольцо;
7 — пружина;
8 — штифт.

Муфты обгонные роликовые	Лист 435



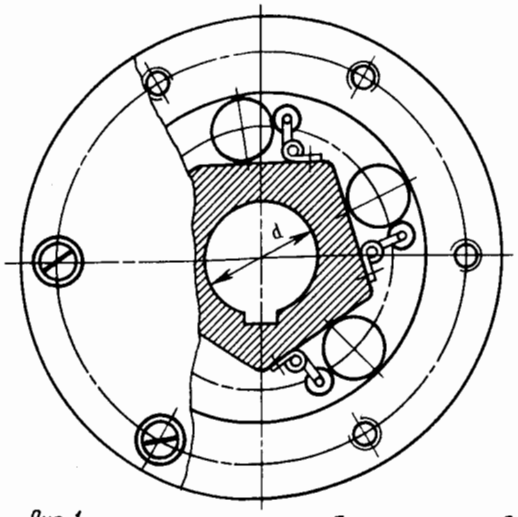


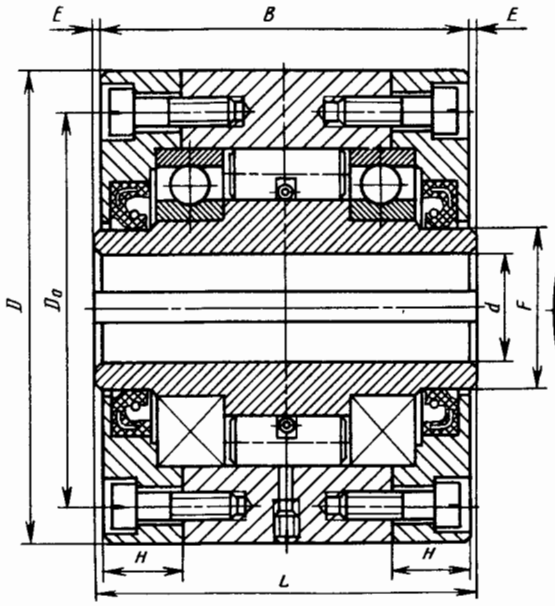
Рис. 1

Таблица к рис 1

T, Н·м, наиб.	n, мин⁻¹, наиб.	Размеры, мм								Масса, кг
		d, наиб.	D	L_1	L_2	A	E	F	c	
60	3080	20	90	48	35	93	64	29	1,5	3,0
90	2560	25	105	56	42	108	72	36	1,5	4,4
120	2390	30	110	50	42	103	66	37	1,5	4,9
160	2120	35	125	58	48	117	73	44	2	6,7
250	1740	40	145	62	52	125	77	48	2	9,5
340	1660	45	155	70	60	142	85	57	2	12,5
480	1470	55	170	72	70	156	91	65	2,5	15,8
680	1270	65	195	76	75	164	94	70	2,5	22,0
1000	1190	70	220	96	95	205	114	91	2,5	33,5
1450	960	80	255	102	100	216	120	96	3	48,0
2100	910	90	270	116	116	246	134	112	3	56,0
2900	800	100	305	122	122	258	138	120	3,5	84,0
4000	735	110	330	145	145	306	165	141	3,5	119,0
5700	620	120	380	157	157	330	176	154	3,5	160,0

Таблица к рис. 2

T, Н·м	Размеры, мм							
	d	B	D	L	E	F	D_0	H
130	20	68	88	70	1,0	30	73	13
490	32	85	130	88	1,5	45	92	16
1000	45	92	146	95	1,5	64	120	16
2600	60	120	180	126	3,0	80	160	20



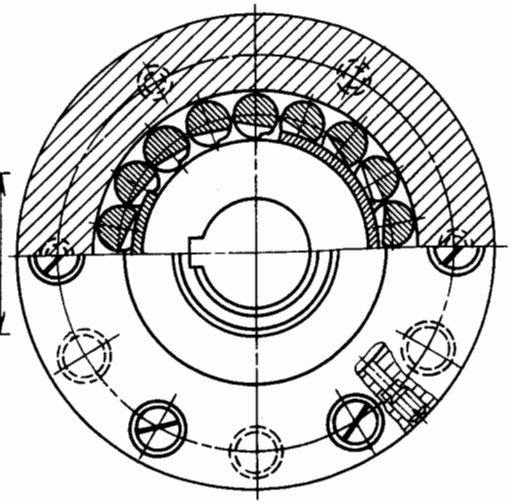
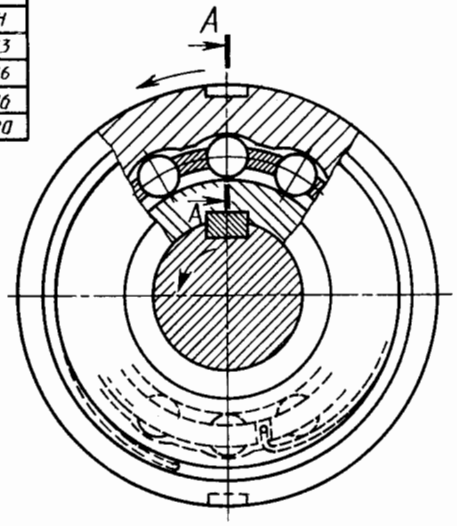


Рис. 2



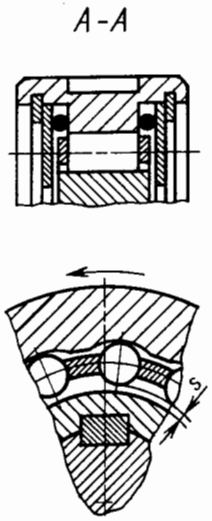


Рис. 3

Муфты обгонные	Лист 436

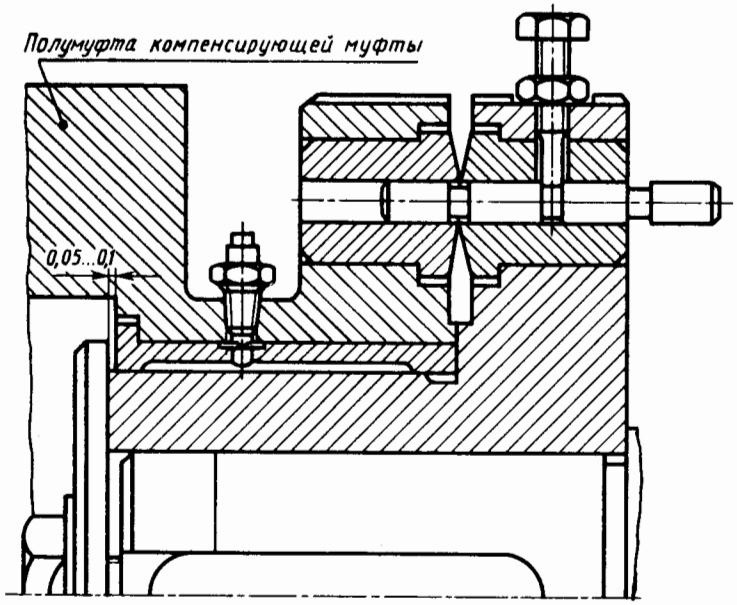


Рис.1

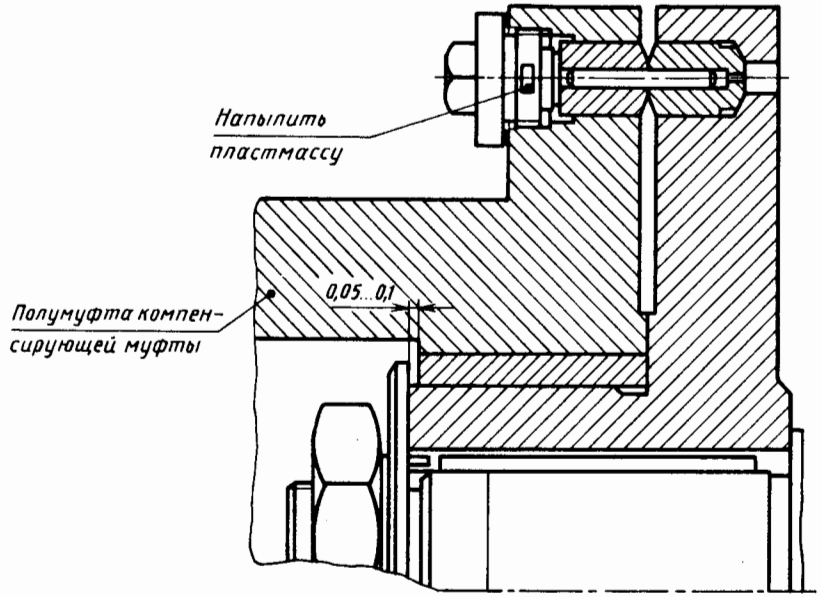


Рис.2

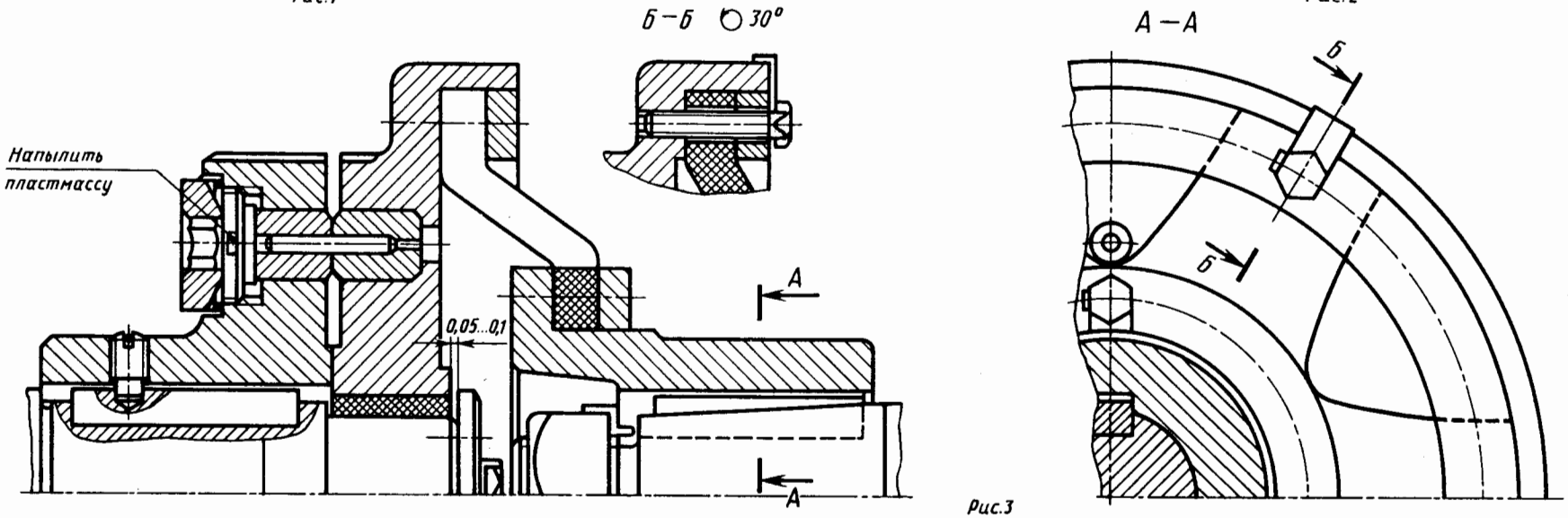
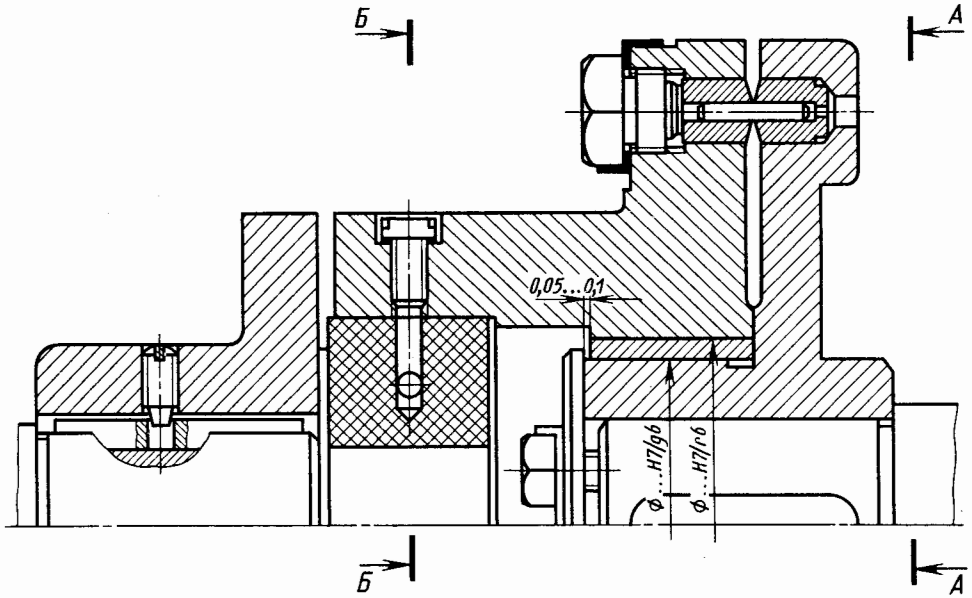
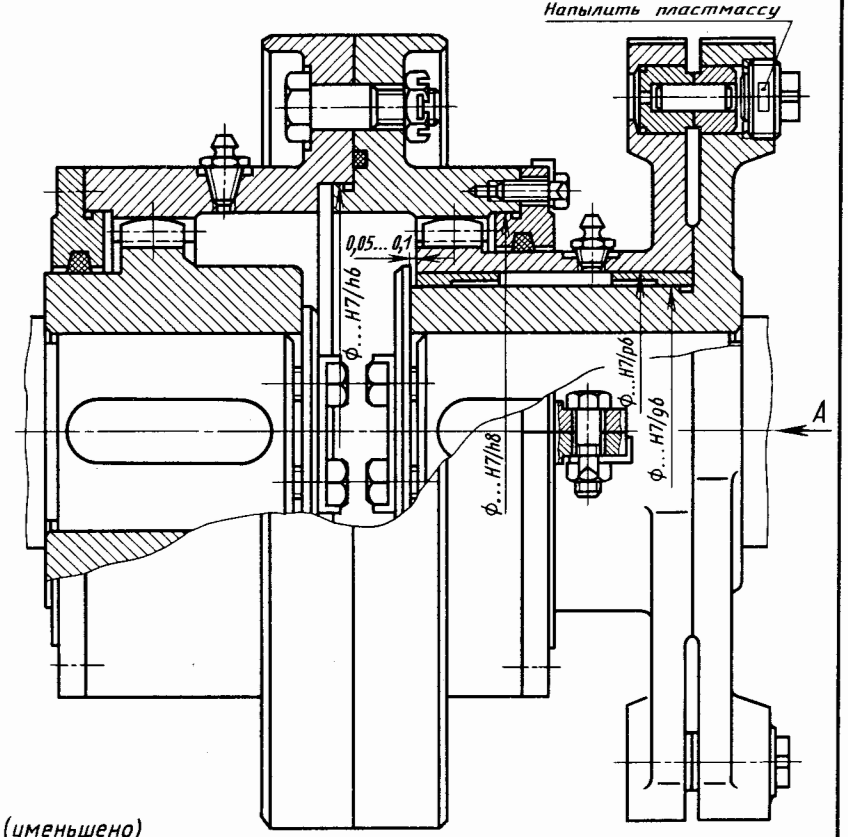


Рис.3

Комбинирование компенсирующей и предохранительной с разрушающимся элементом муфт	Лист 438





А – А

Б – Б муфта

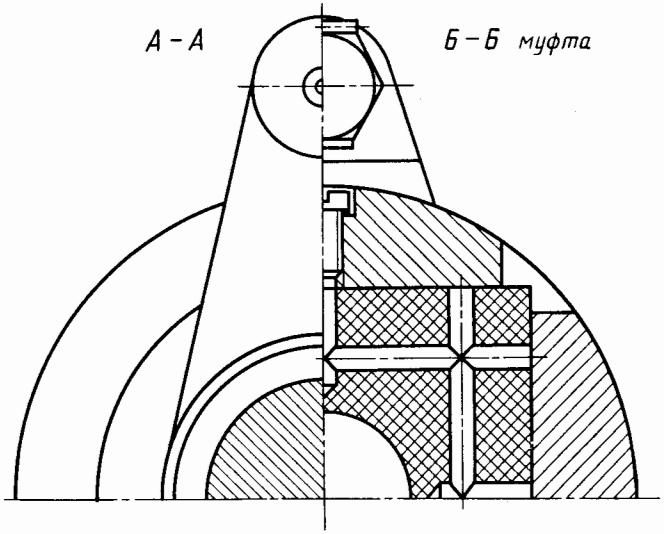


Рис. 1

А (уменьшено)
вал не показан

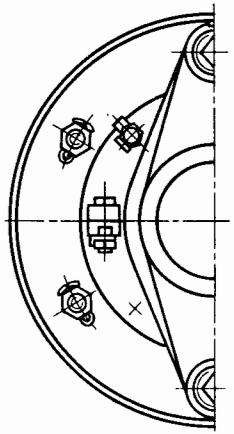
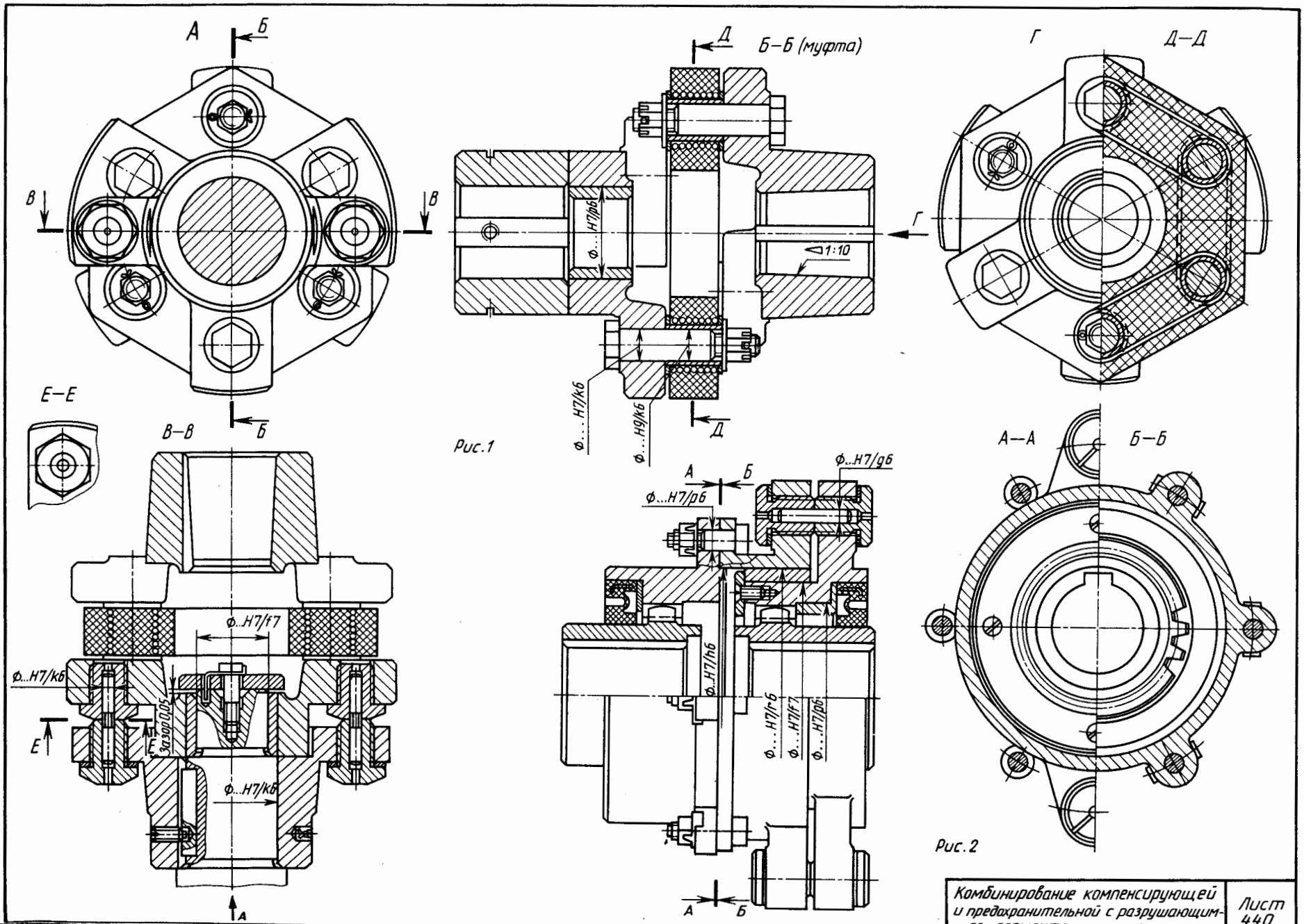
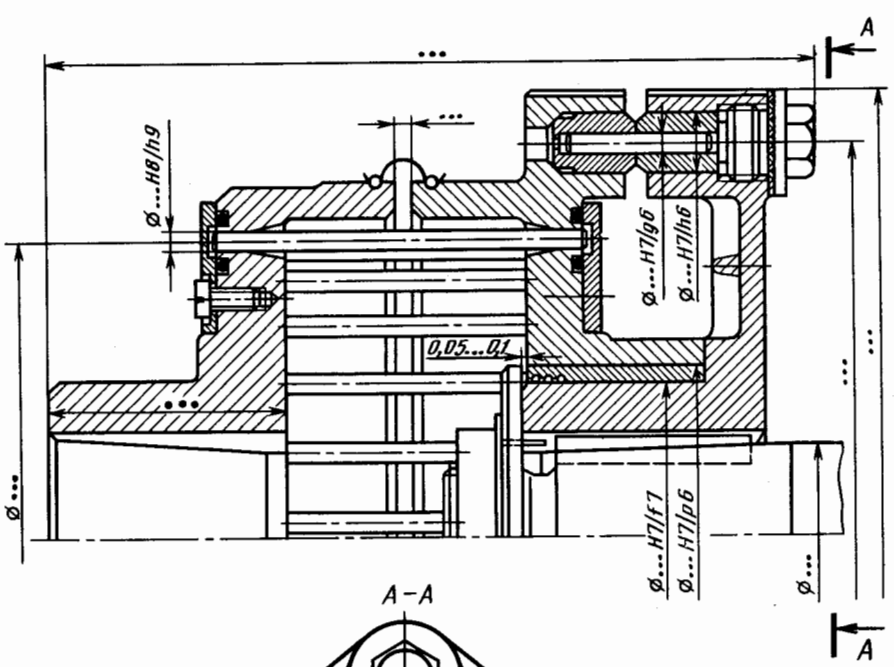
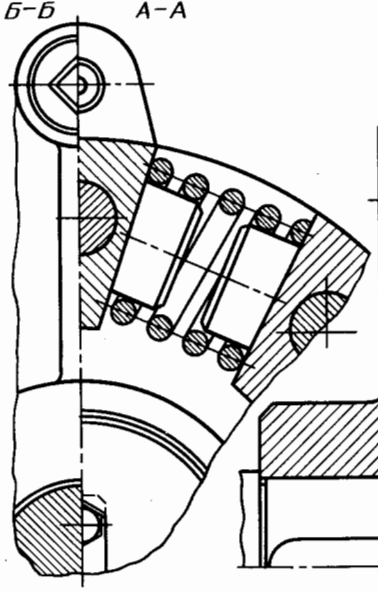


Рис. 2

Комбинирование компенсирующей и предохранительной с разрушающимся элементом муфт	Лист 439


А
Б
В
В
Б
Е–Е
В–В
Ф...Н7/f7
Ф...Н7/k6
Зазор 0,05
Е
Е
Ф...Н7/k6
А
Б–Б (муфта)
Д
Ф...Н7/p6
Ф...Н7/k6
Ф...Н9/k6
Д
Г
1:10
Г
Д–Д
Рис.1
А
Б
Ф...Н7/p6
Ф...Н7/g6
Ф...Н7/h6
Ф...Н7/r6
Ф...Н7/f7
Ф...Н7/p6
А
Б
А–А
Б–Б
Рис.2
Комбинирование компенсирующей и предохранительной с разрушающимся элементом муфт
Лист 440





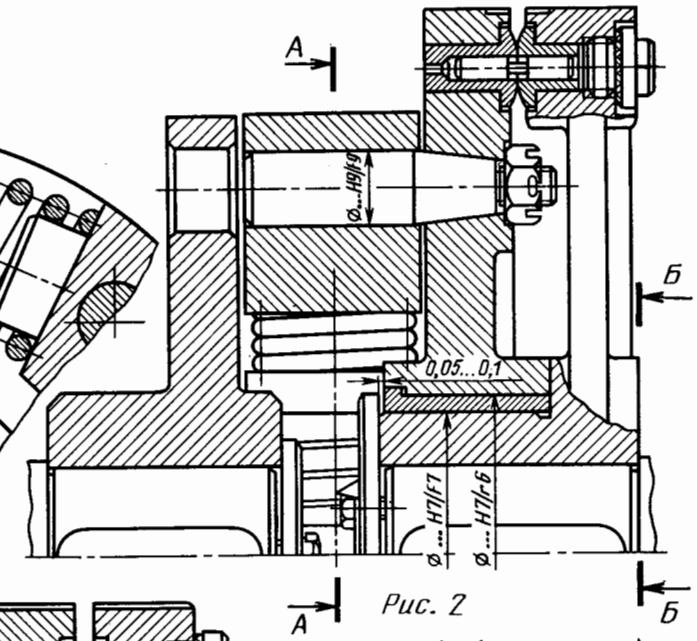
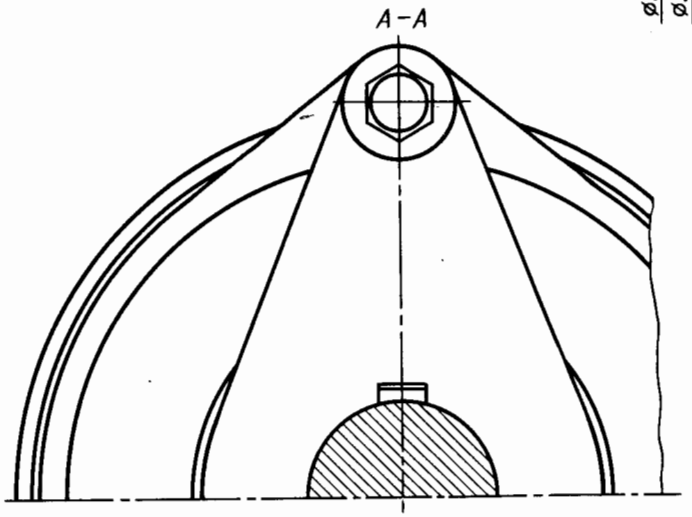


Рис. 2



Вариант выполнения

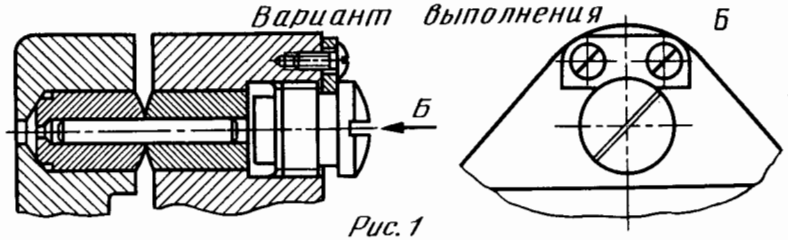


Рис. 1

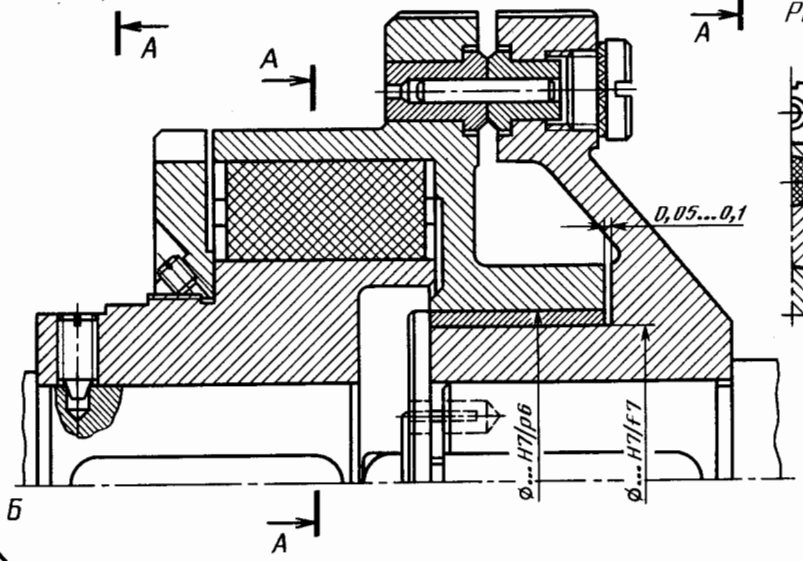
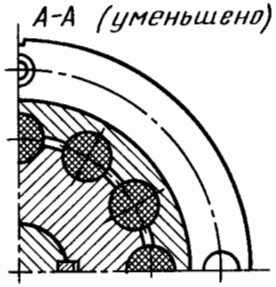
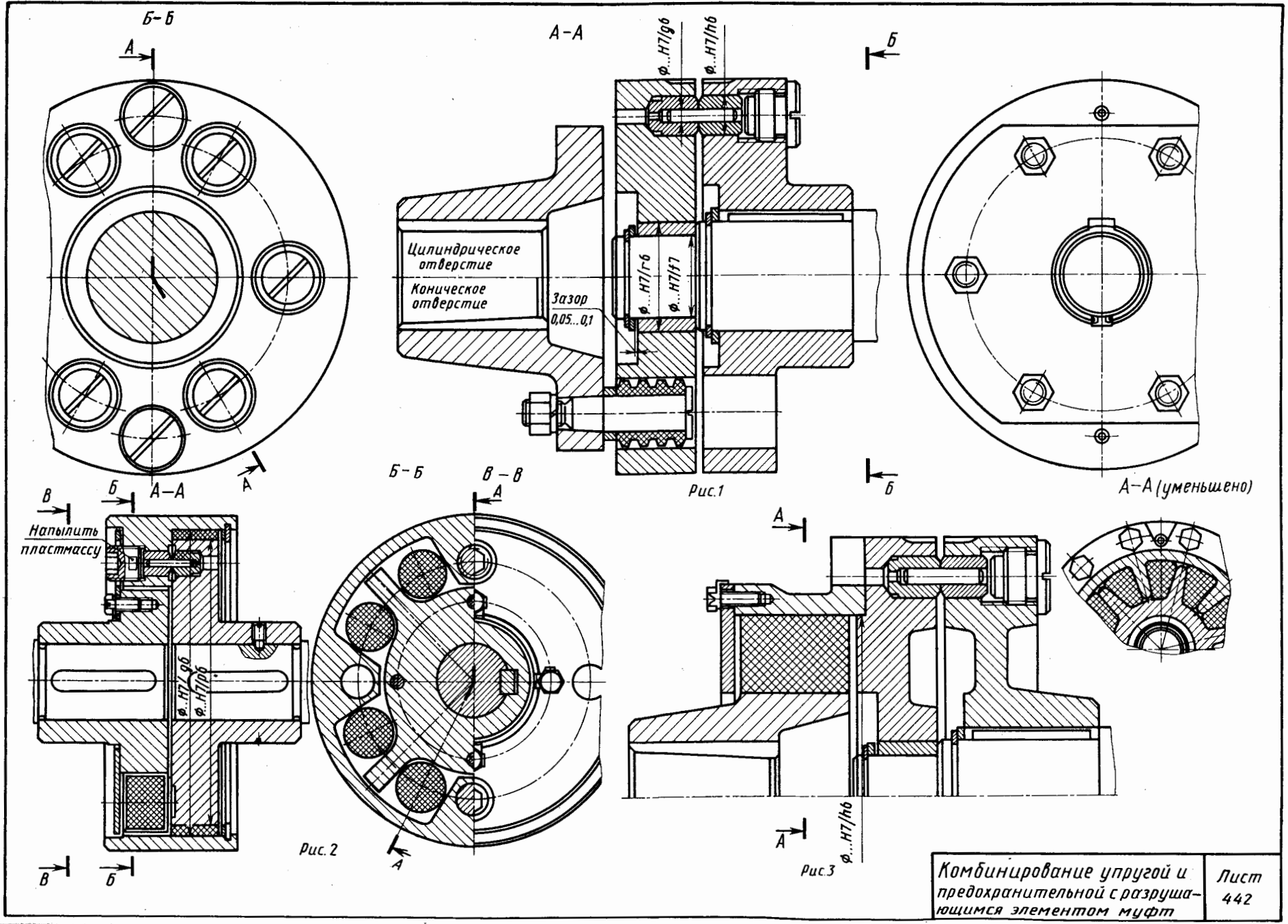


Рис. 3



Комбинирование упругой и предохранительной с разрушающимся элементом муфт	Лист 441



Комбинирование упругой и предохранительной с разрушающимся элементом муфт	Лист 442

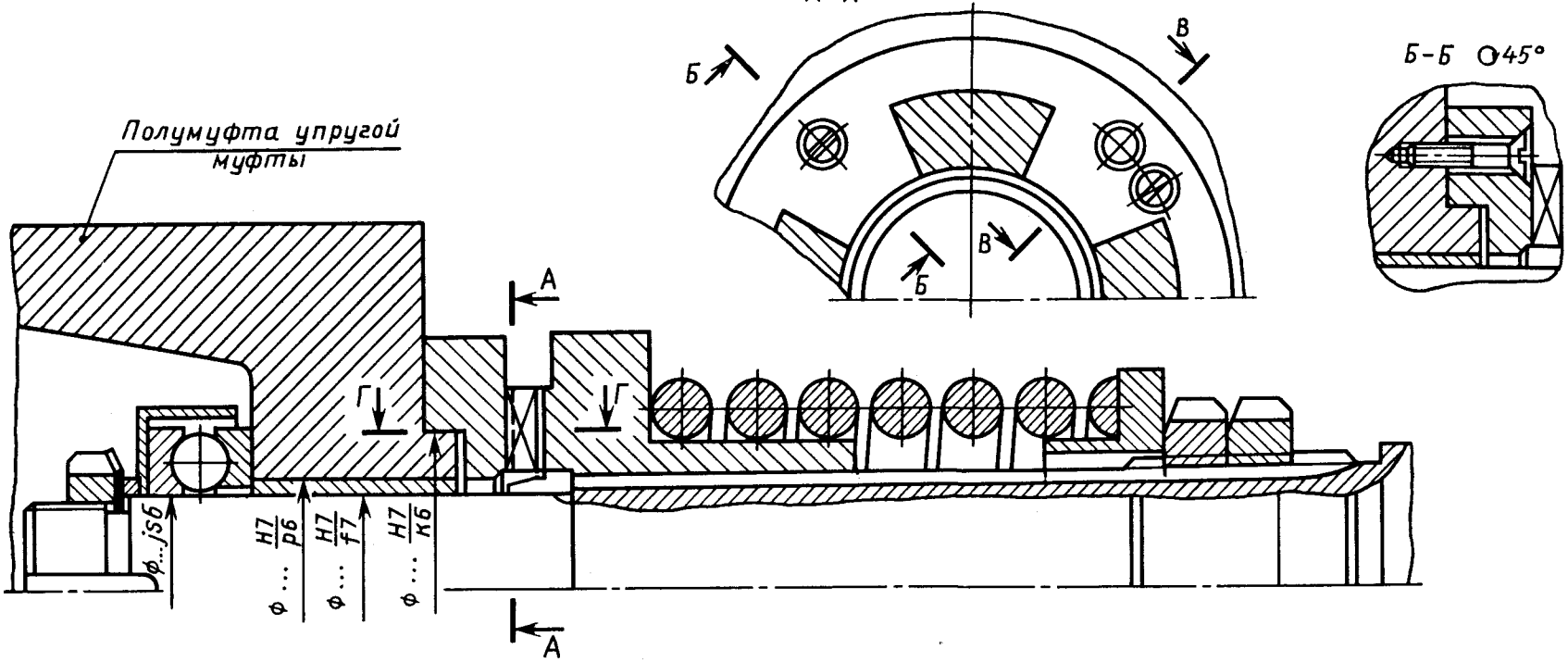


Рис.1

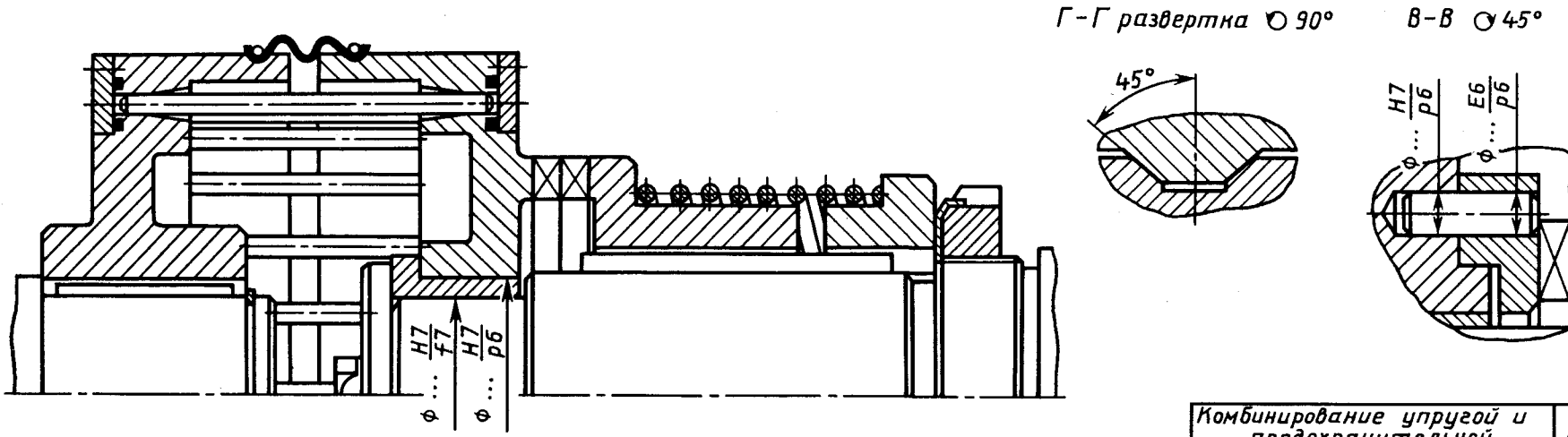
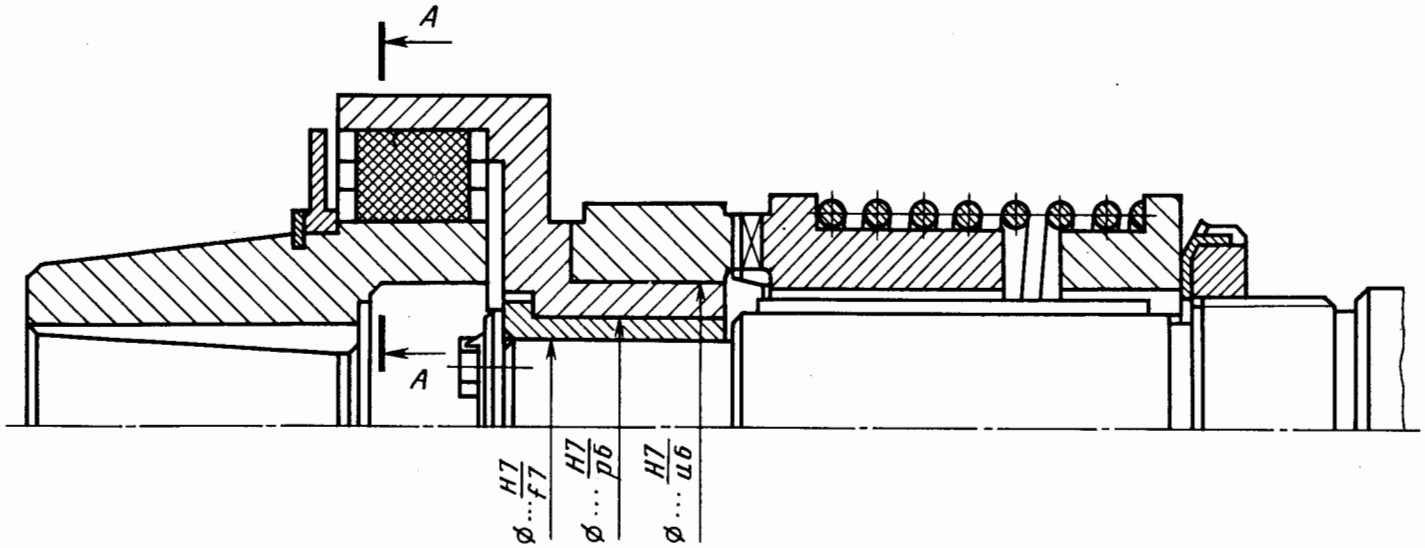


Рис.2

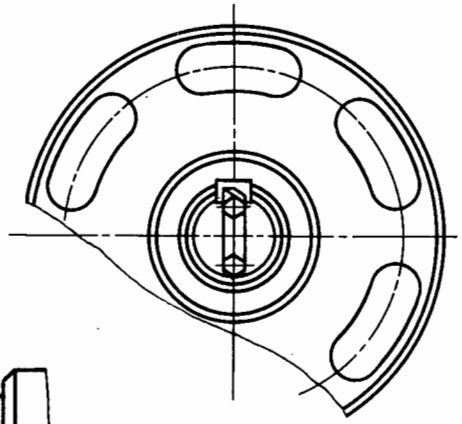
Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-кулачковой муфт	Лист 443



А–А (уменьшено)

Рис. 1

А (уменьшено)



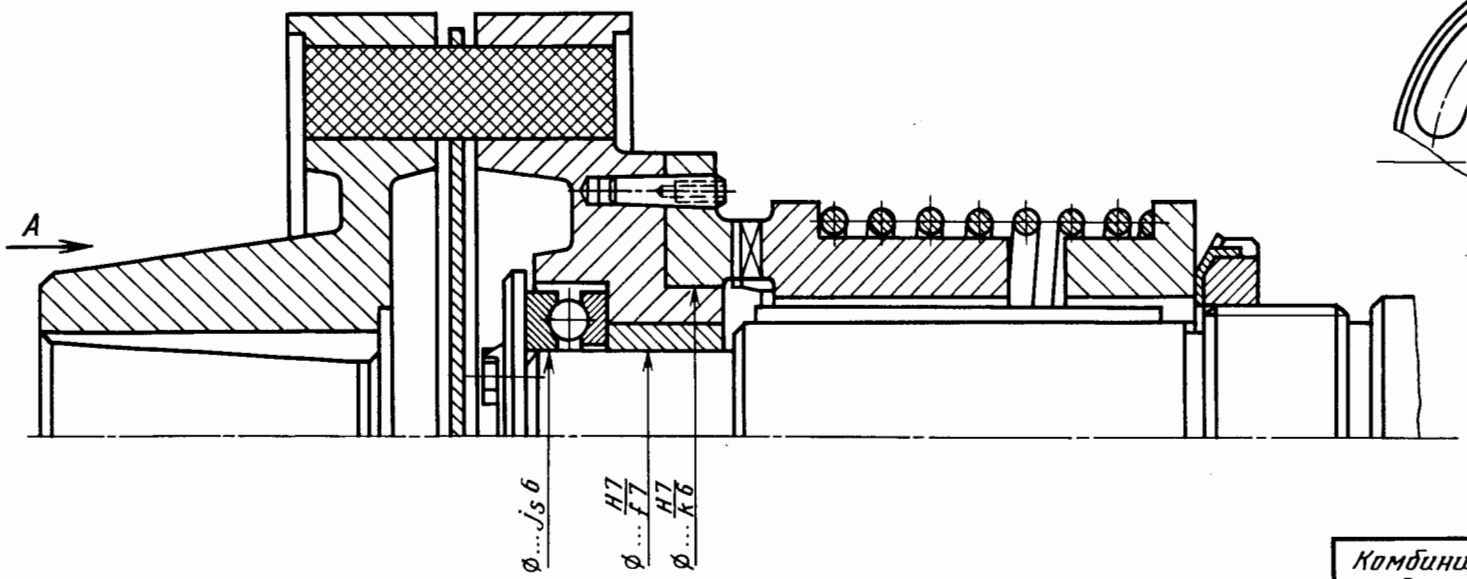
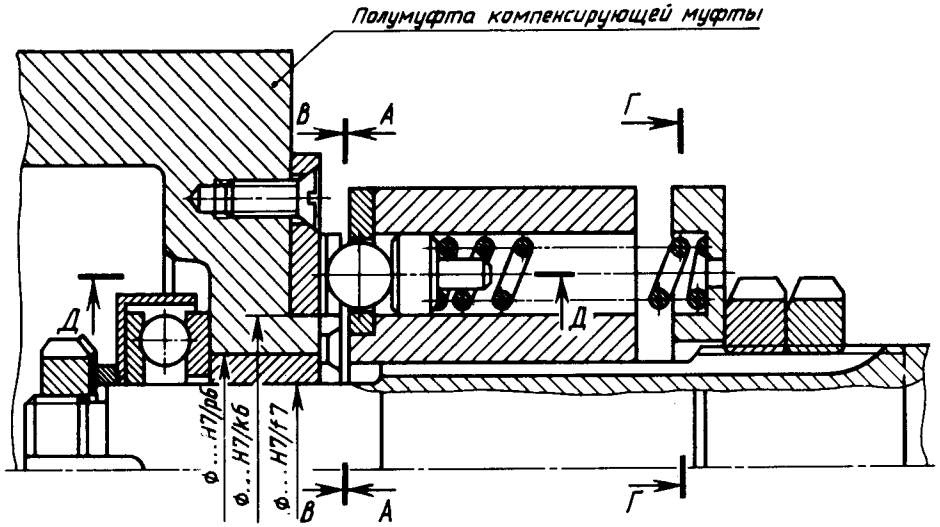
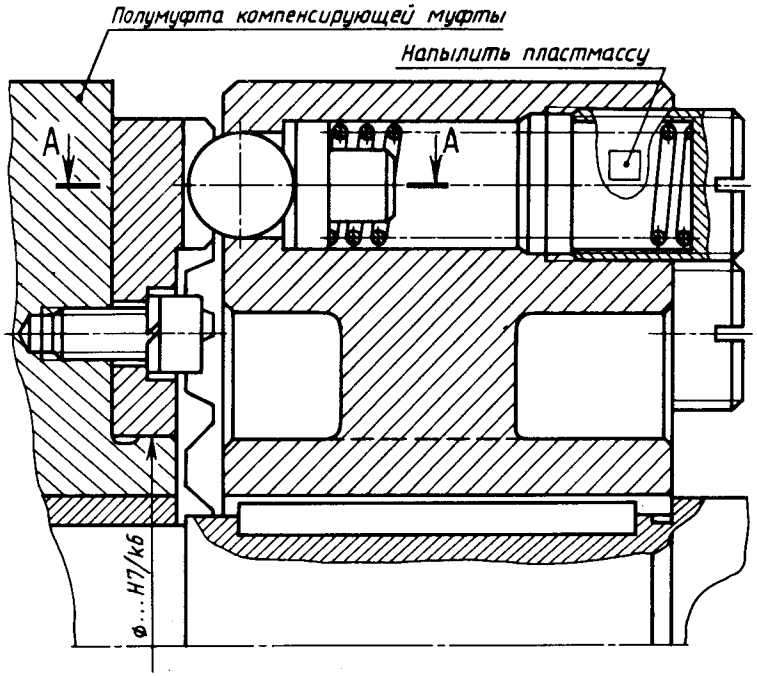


Рис. 2

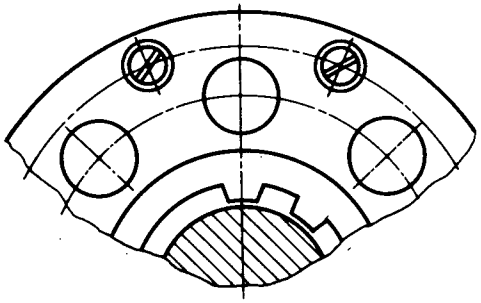
Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-кулачковой муфт	Лист 444

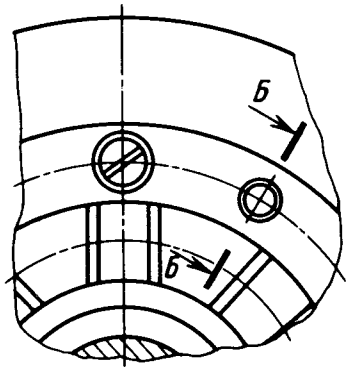


А—А
шарики не показаны

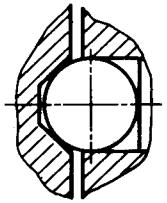


В—В
шарики не показаны

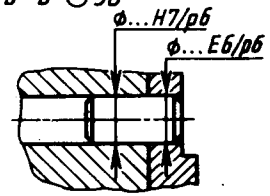




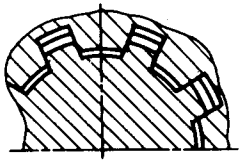
А—А (уменьшено)



Б—Б ↻30°



Г—Г



Д—Д

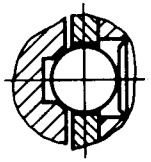
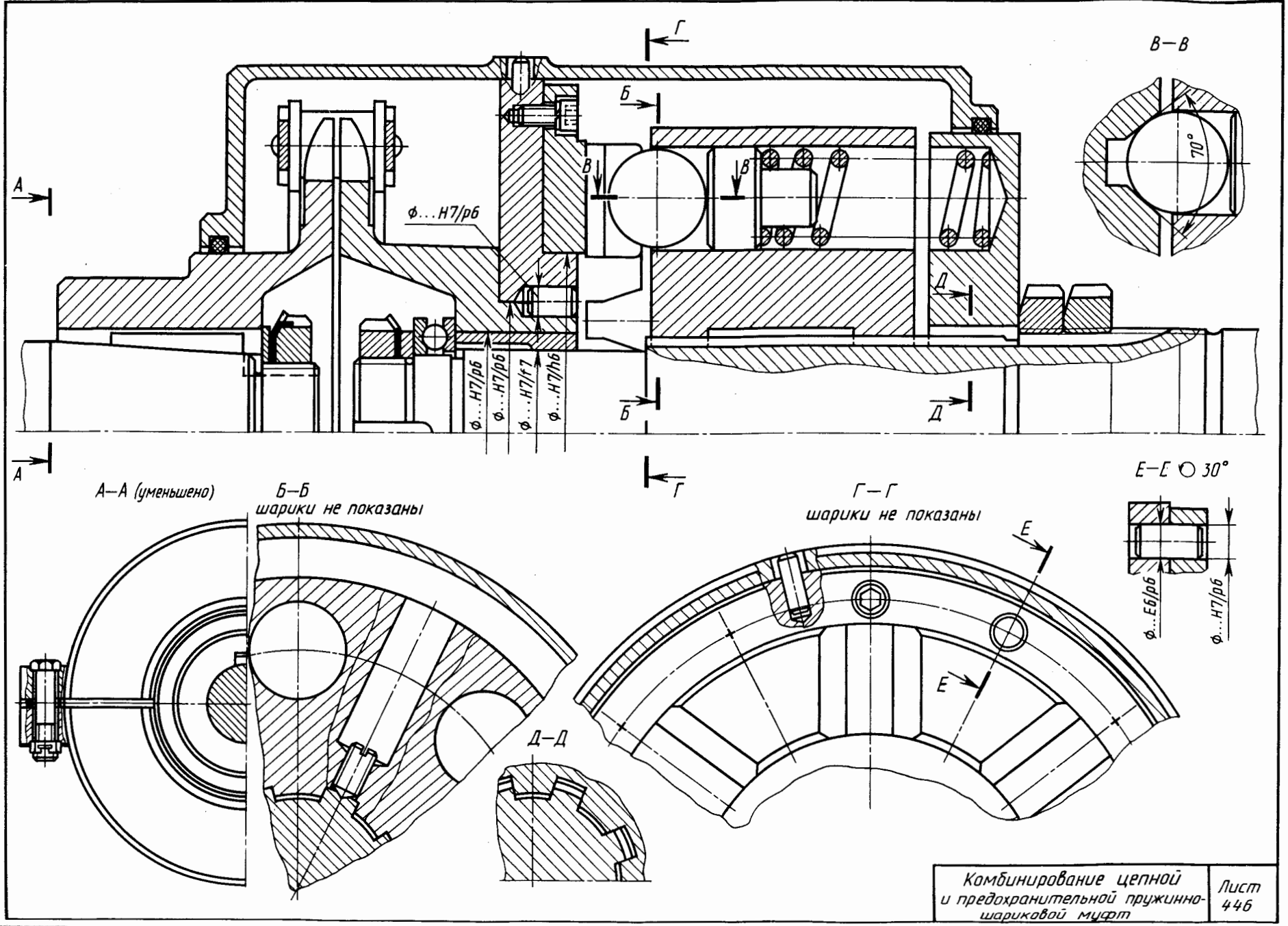


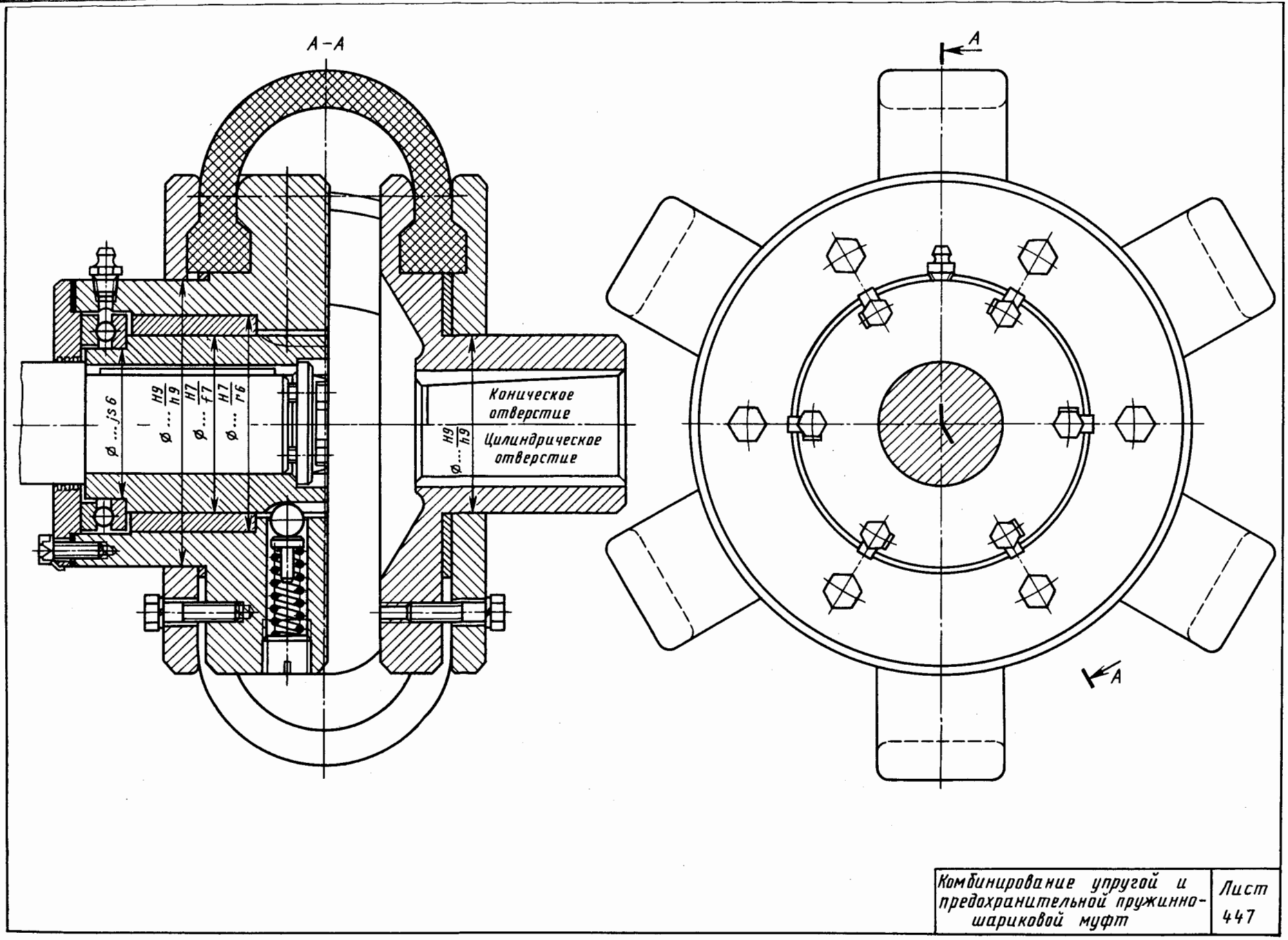
Рис. 1

Рис. 2

Комбинирование компенсирующей и предохранительной пружинно-шариковой муфт	Лист 445



Комбинирование цепной и предохранительной пружинно-шариковой муфт	Лист 446



Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-шариковой муфт	Лист 447

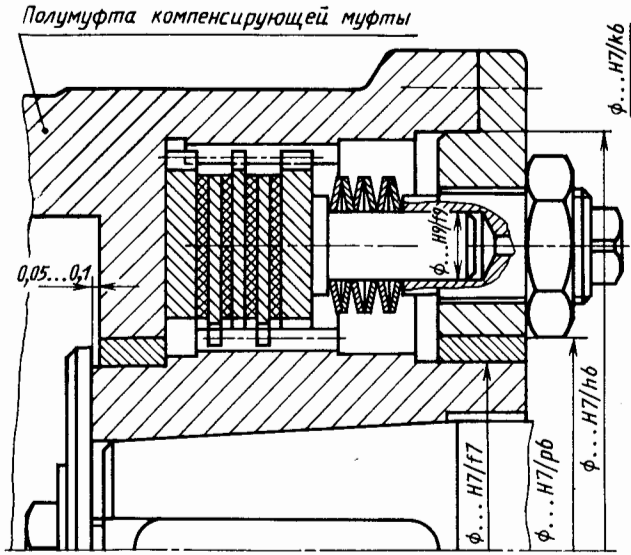


Рис. 1

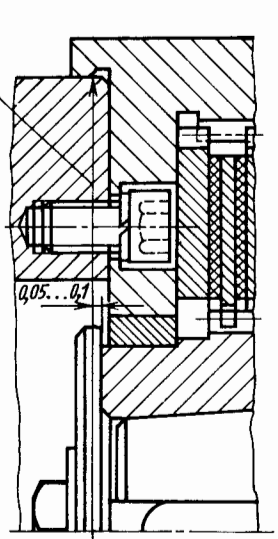


Рис. 2

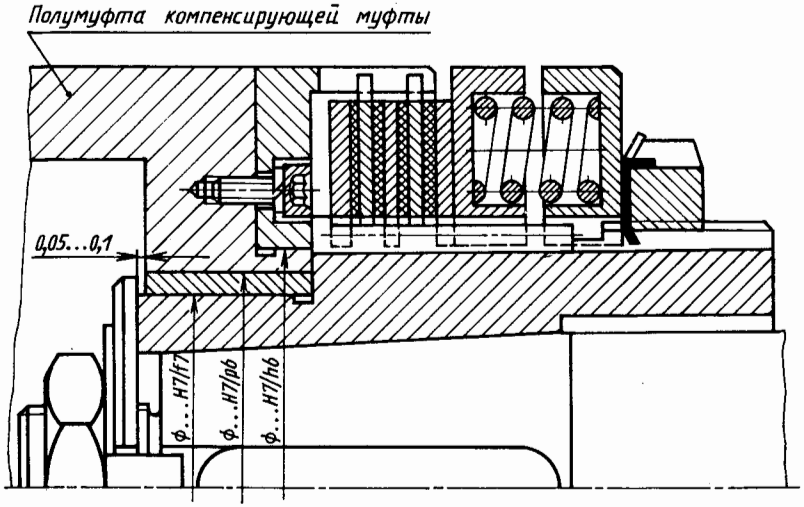


Рис. 3

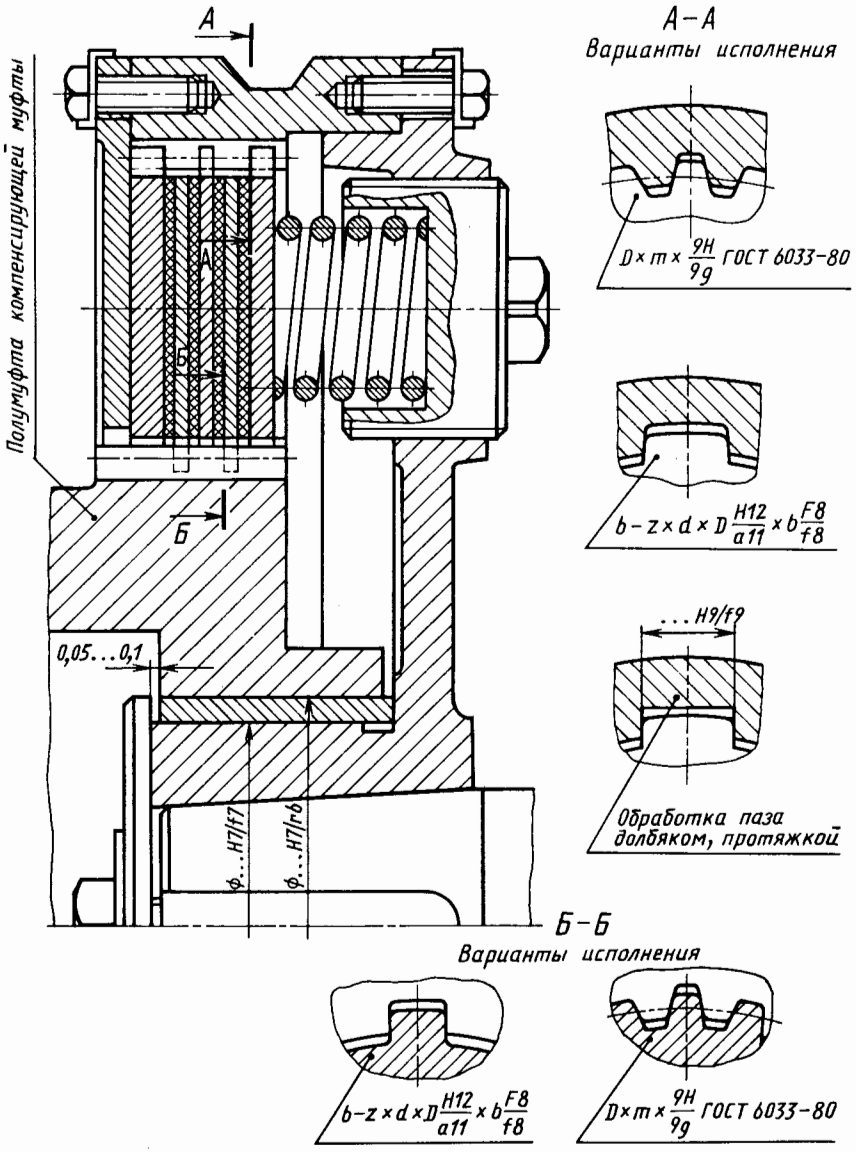


Рис. 4

Комбинирование компенсирующей и предохранительной фрикционной муфт	Лист 448

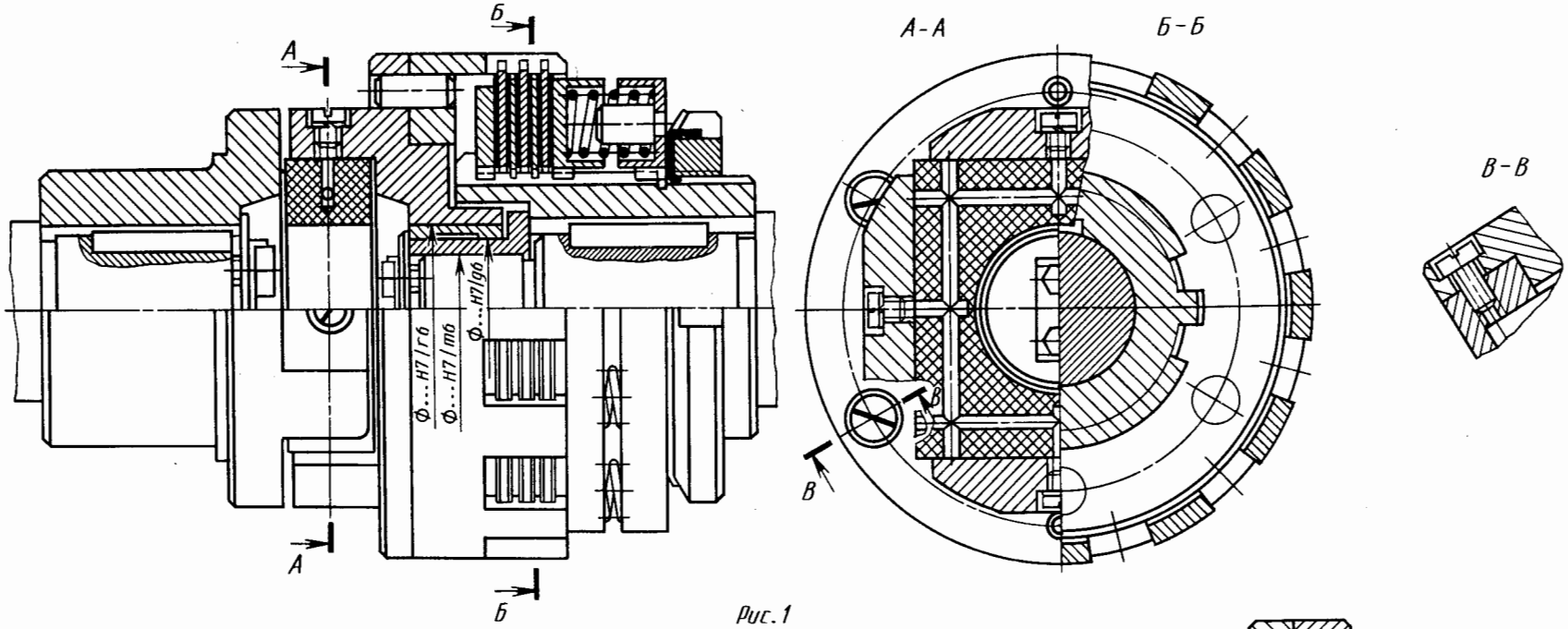


Рис. 1

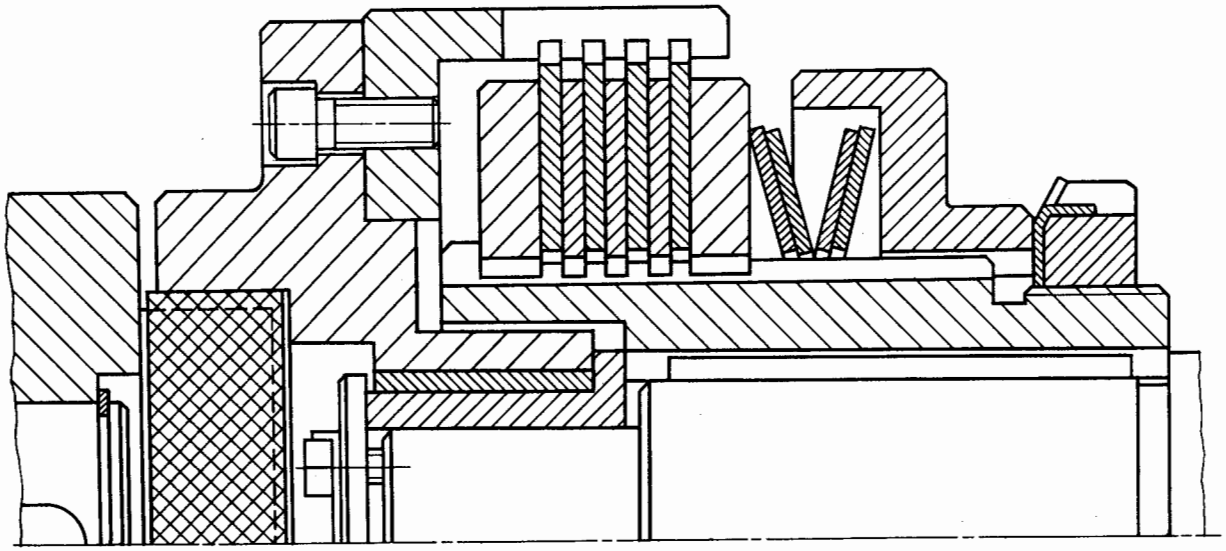


Рис. 2

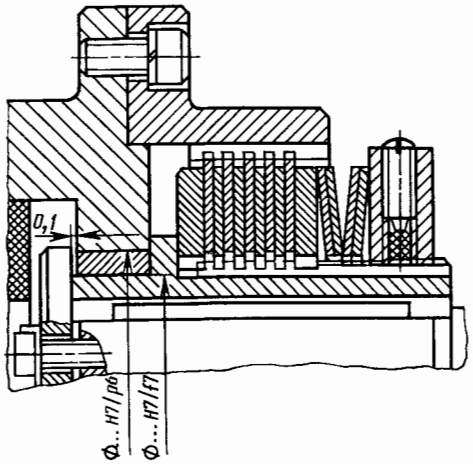
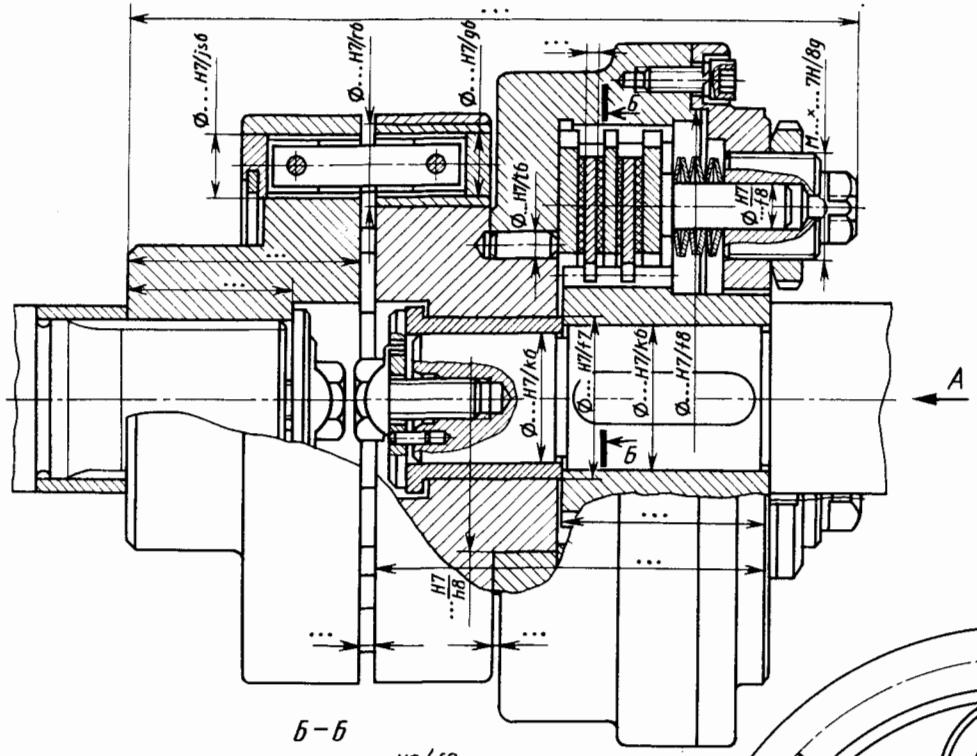
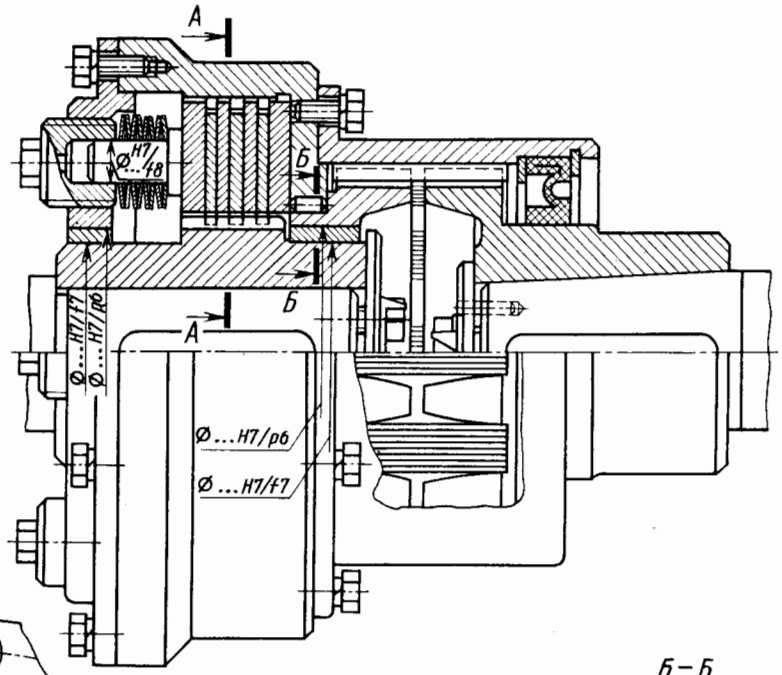
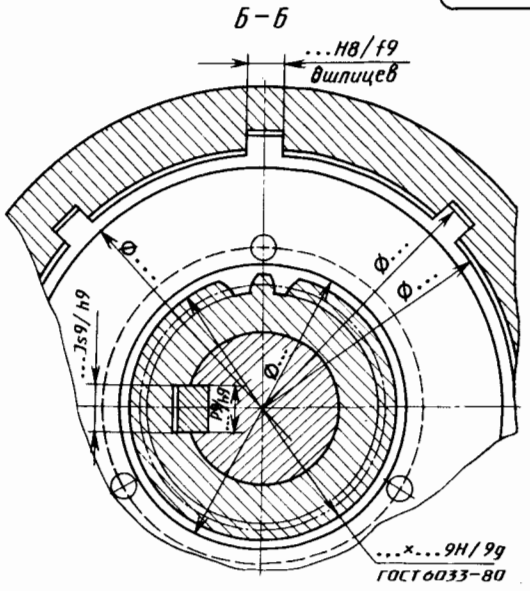


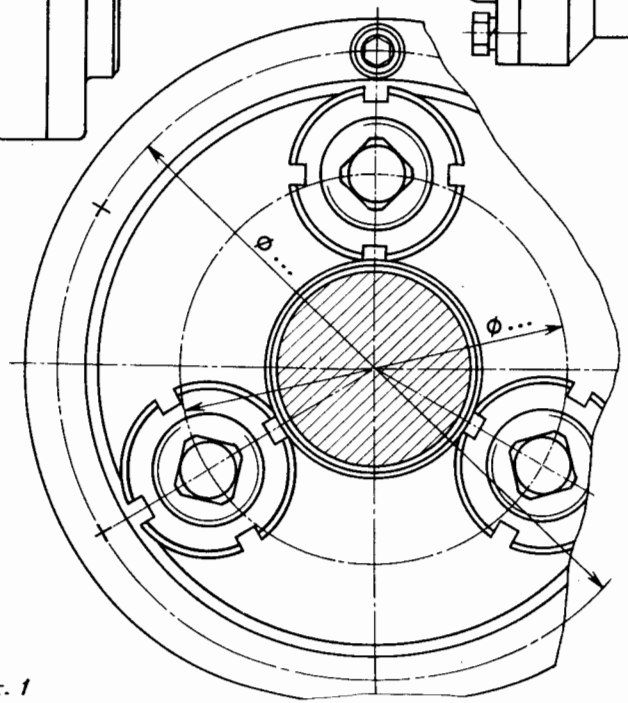
Рис. 3

Комбинирование компенсирующей и предохранительной фрикционной муфт	Лист 449









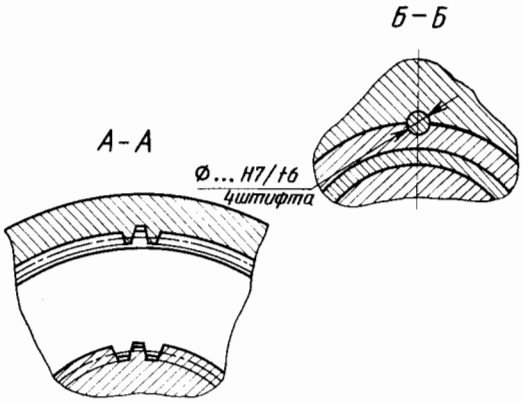


Рис. 1

Рис. 2

Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт	Лист 450

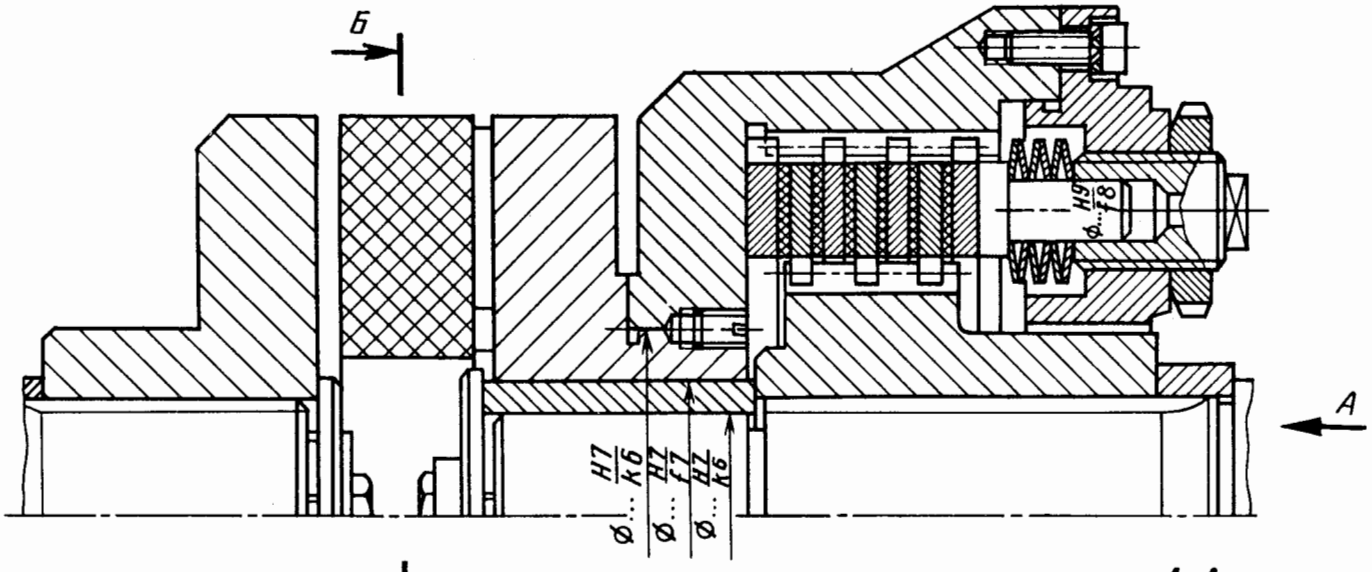
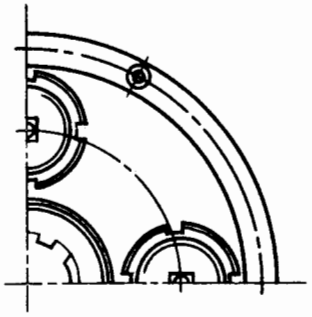
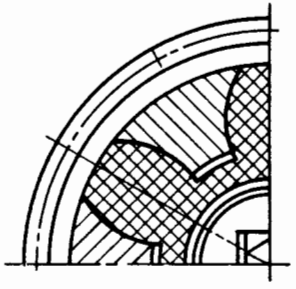


Рис. 1

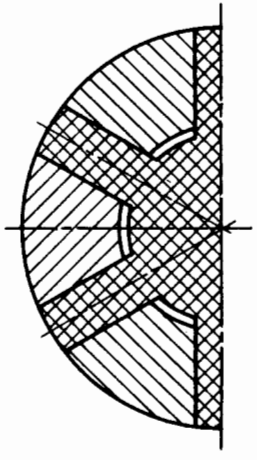
А (уменьшено)



Б-Б (уменьшено)



А-А



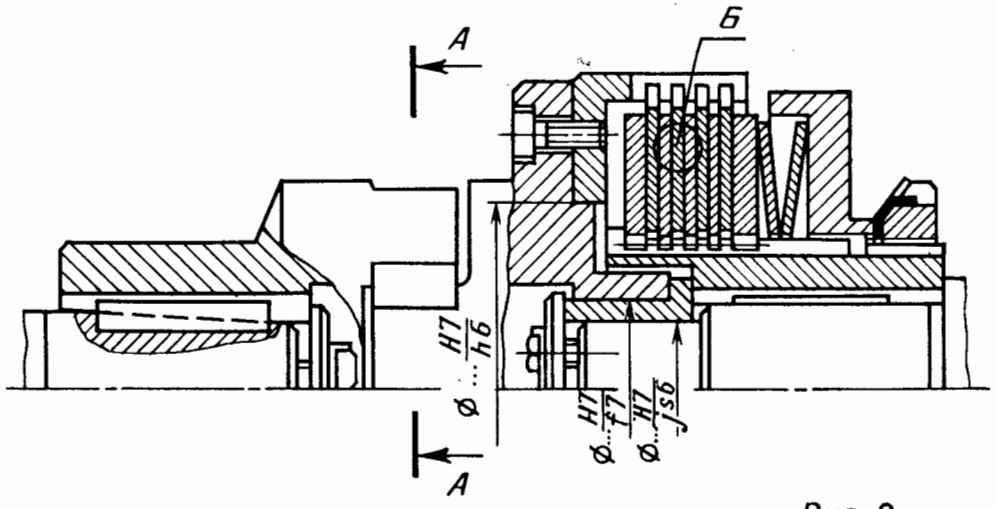


Рис. 2

Б (увеличено)

Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт	Лист 451

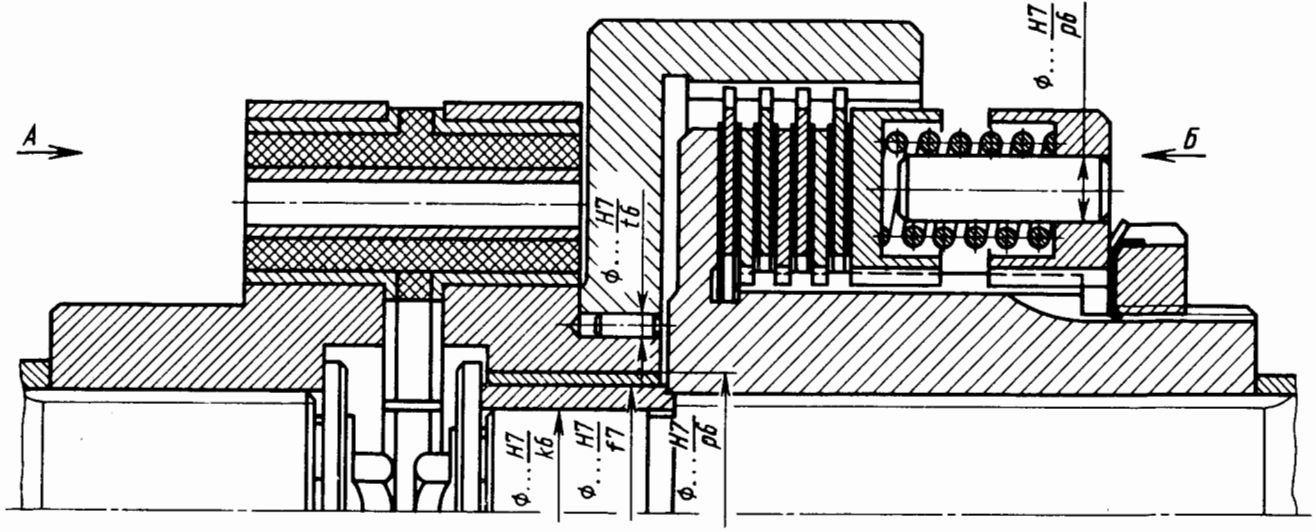
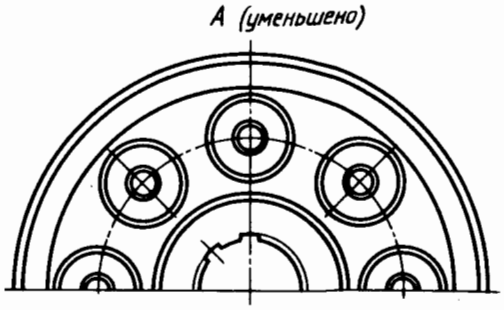
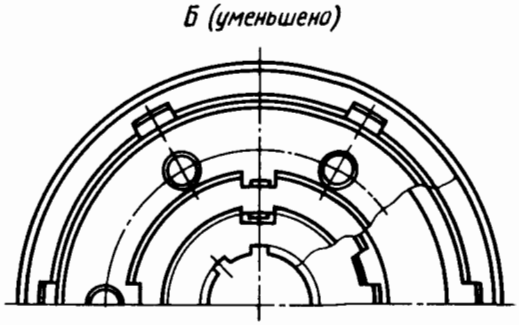


Рис. 1





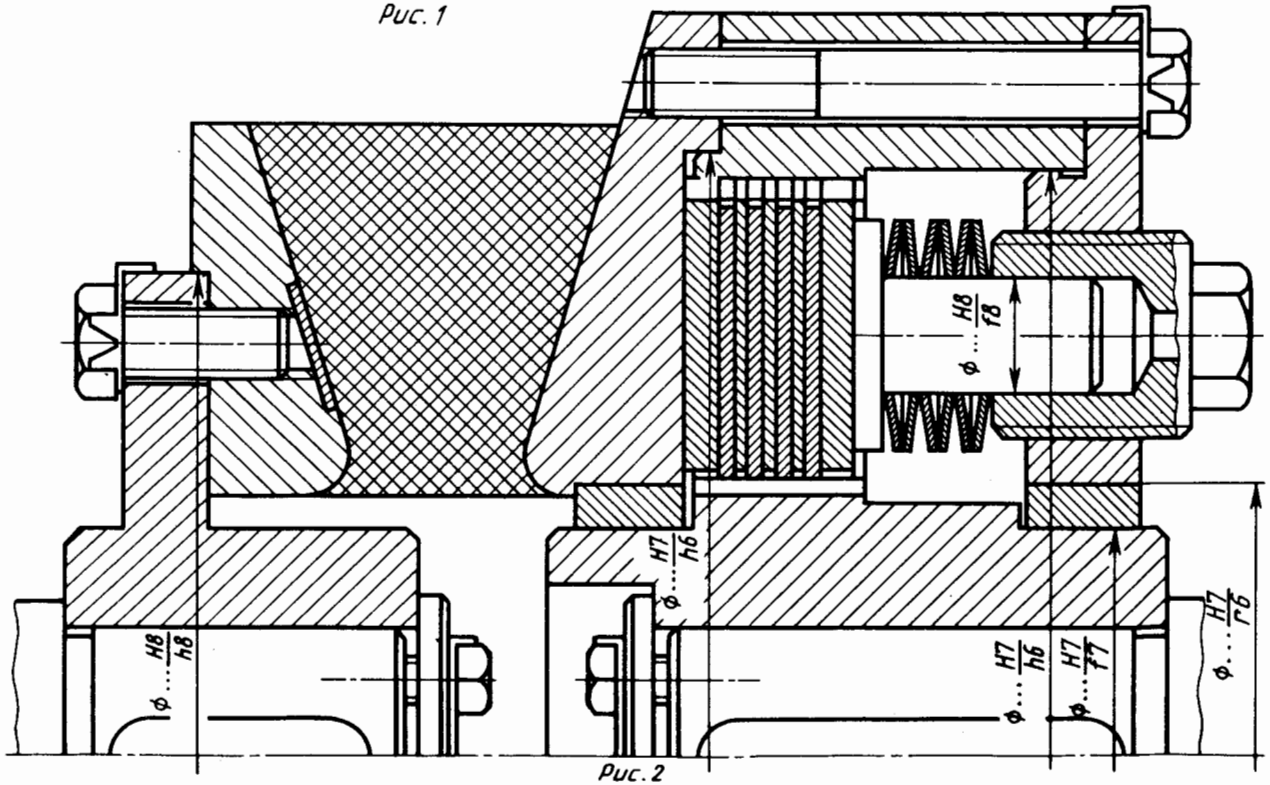


Рис. 2

Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт	Лист 452

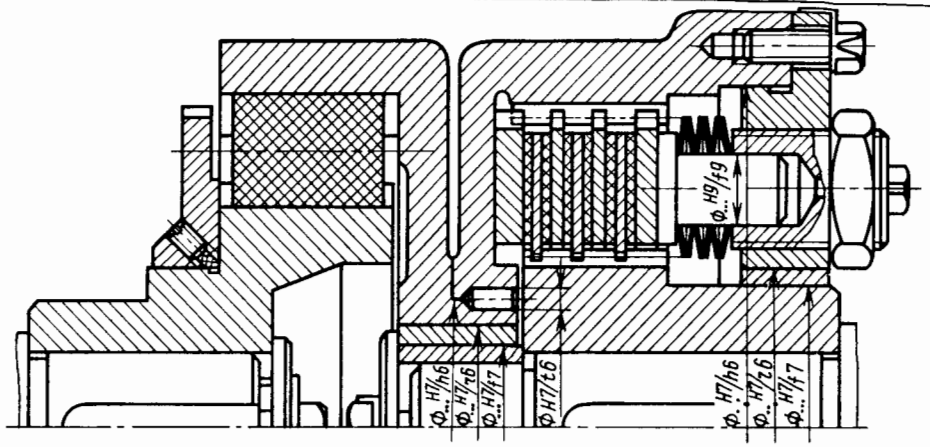


Рис.1

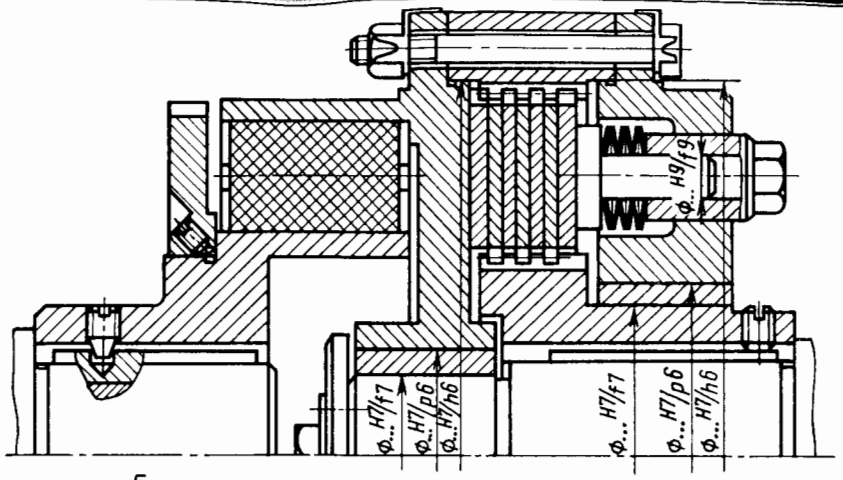


Рис.2

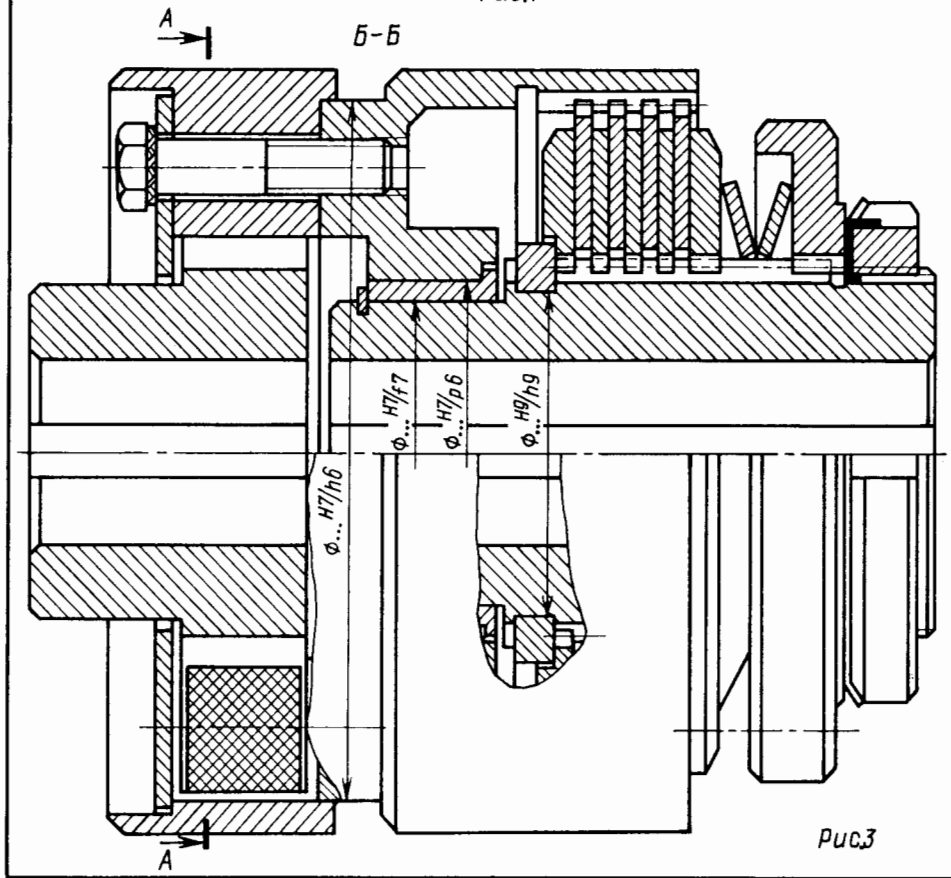
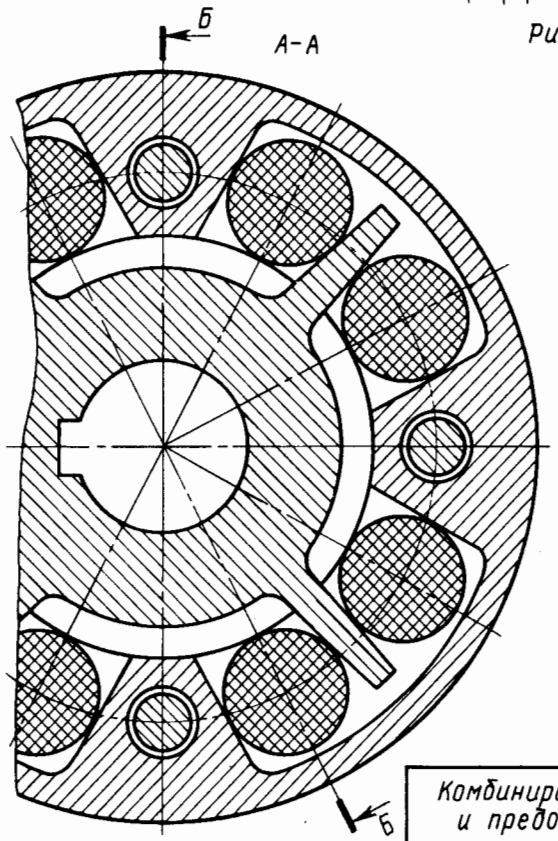


Рис.3



Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфты	Лист 453

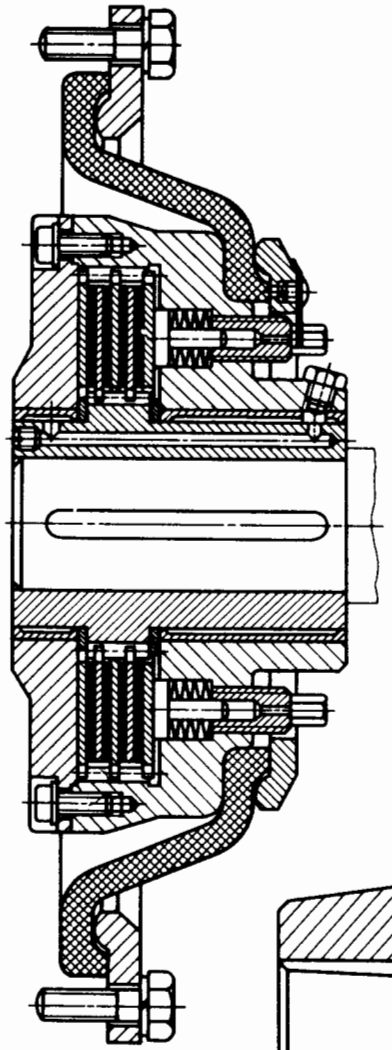


Рис.1

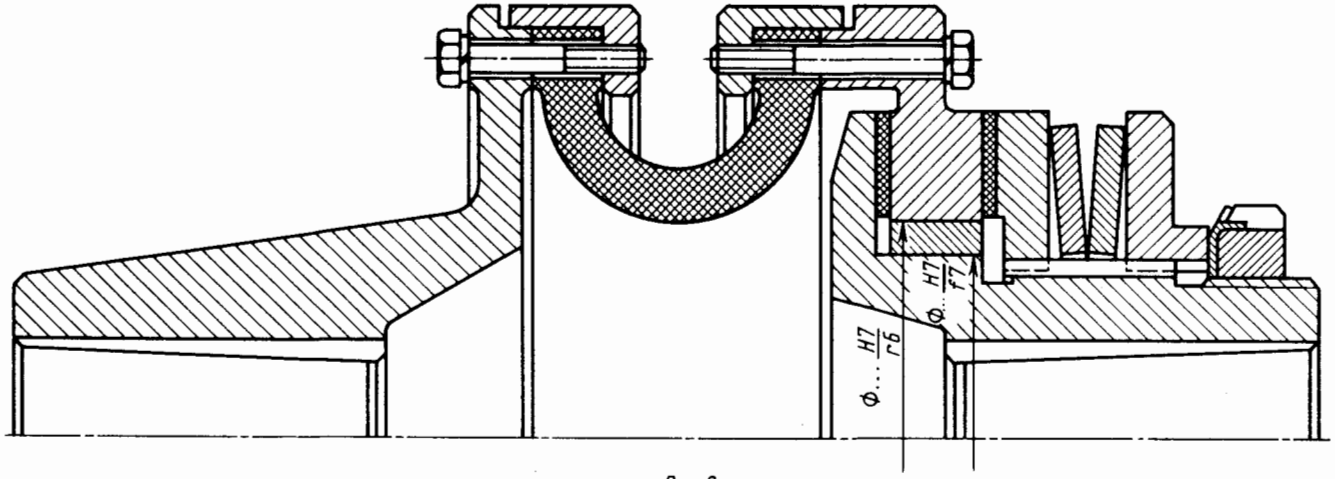


Рис.2

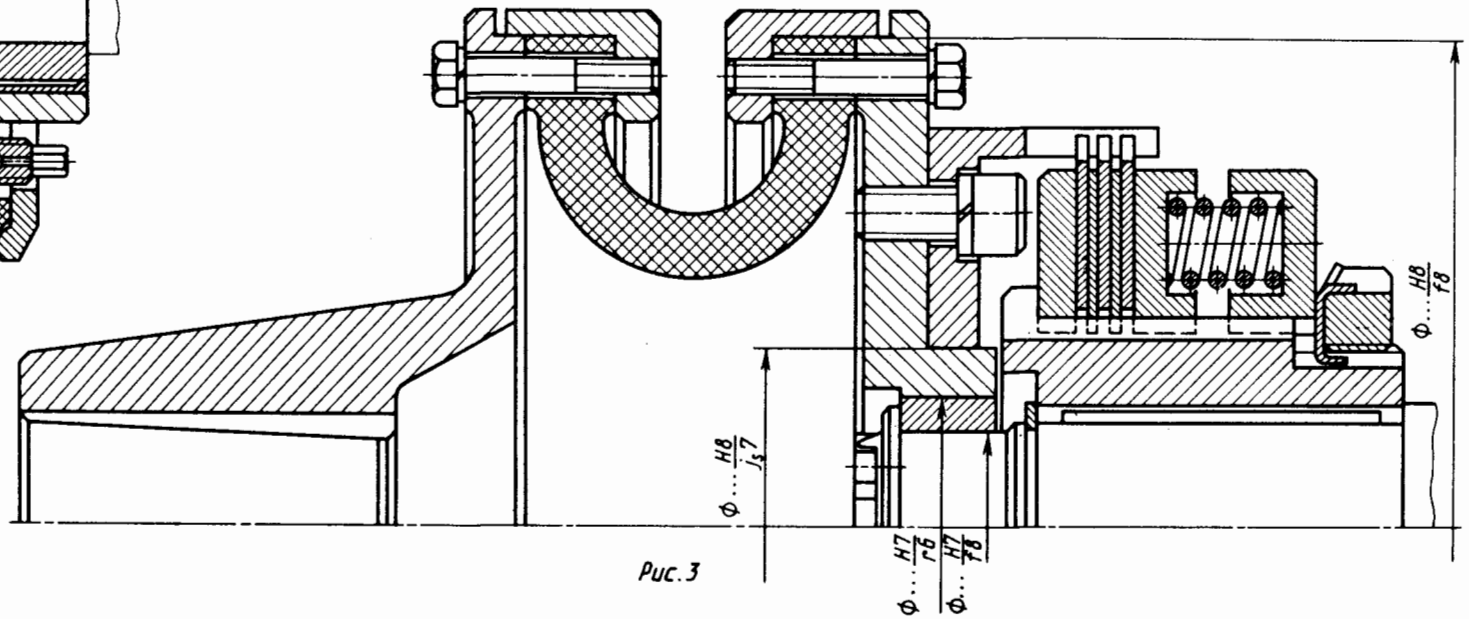
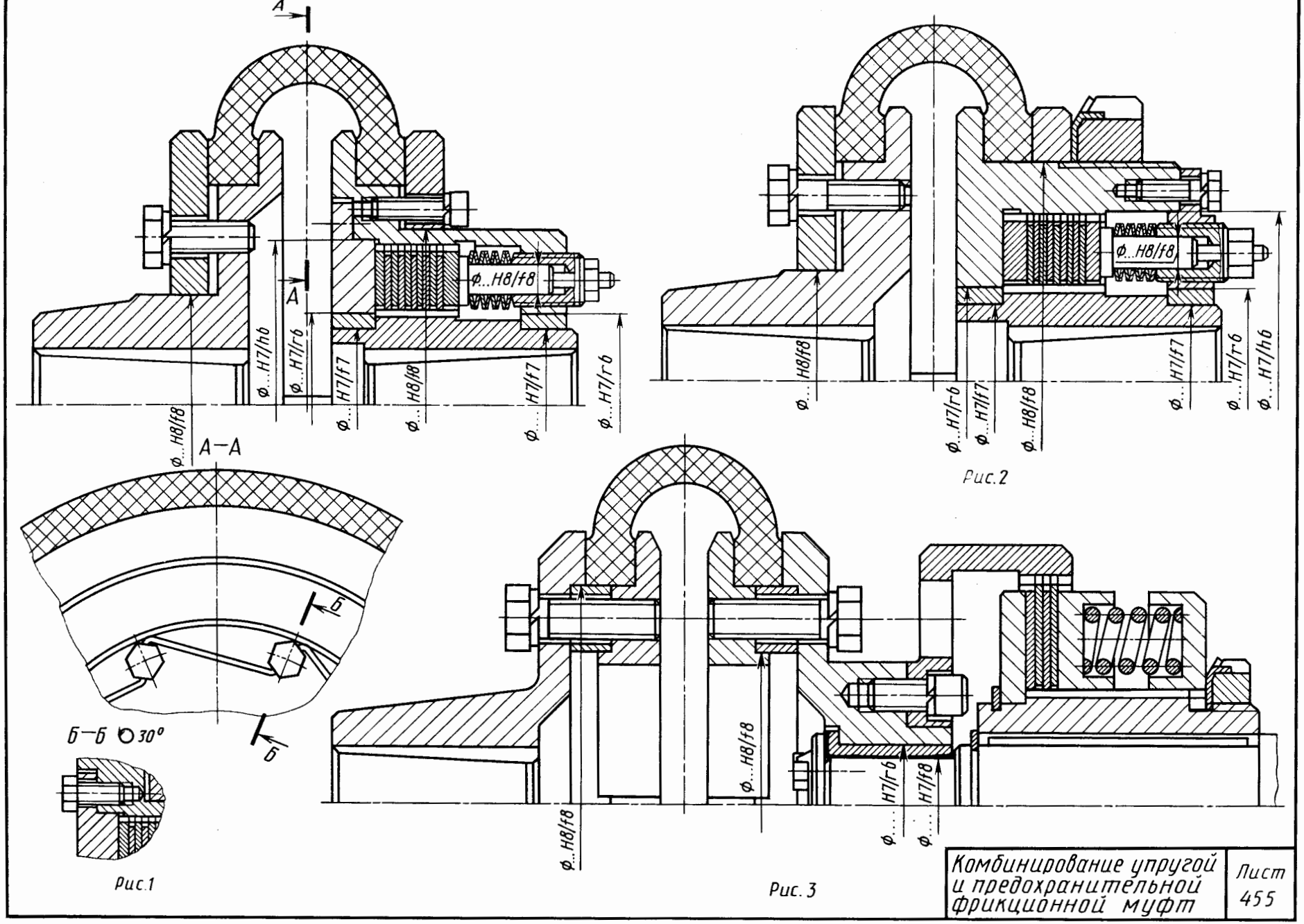


Рис.3

Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт	Лист 454


А
А
ф...Н8/f8
ф...Н7/h6
ф...Н7/г6
ф...Н7/f7
ф...Н8/f8
ф...Н7/f7
ф...Н7/г6
ф...Н8/f8
А–А
Б
Б
Б–Б ↻30°
Рис.1
ф...Н8/f8
ф...Н7/г6
ф...Н7/f7
ф...Н8/f8
ф...Н7/f7
ф...Н7/г6
ф...Н7/h6
Рис.2
ф...Н8/f8
ф...Н8/f8
ф...Н7/г6
ф...Н7/f8
Рис. 3
Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт
Лист 455

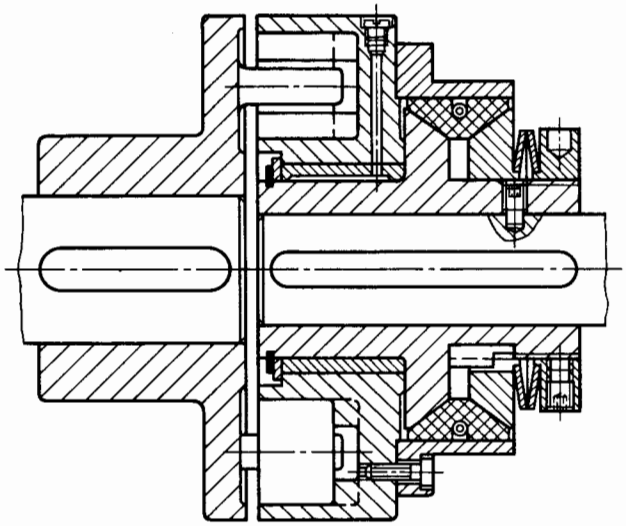


Рис. 1

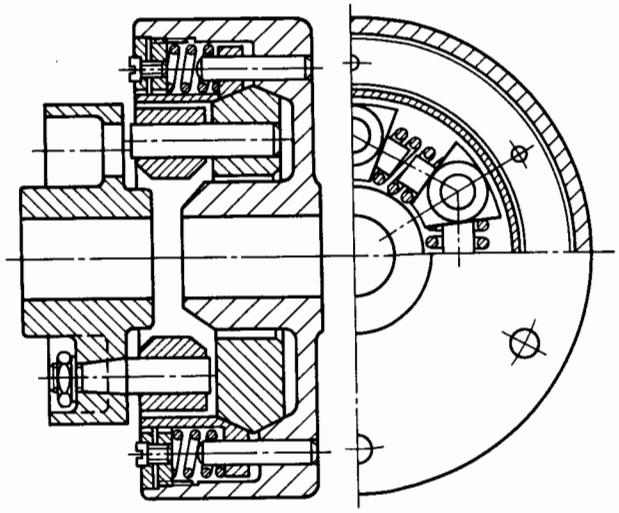


Рис. 2

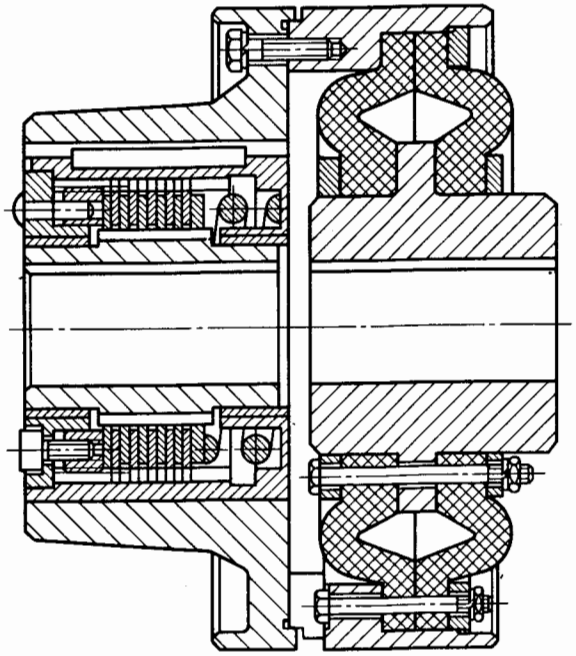


Рис. 3

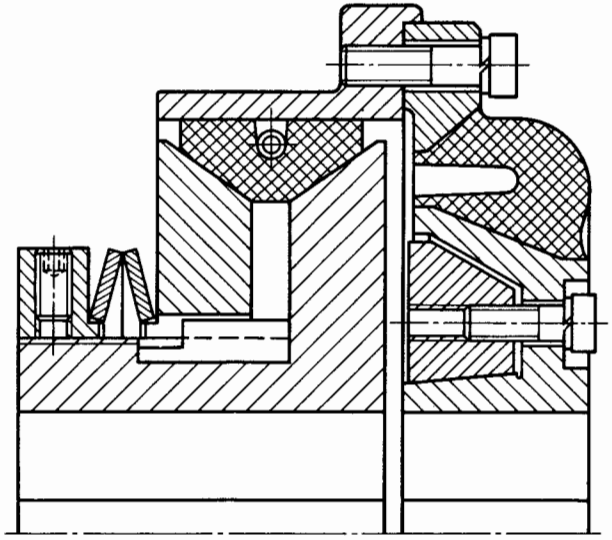


Рис. 4

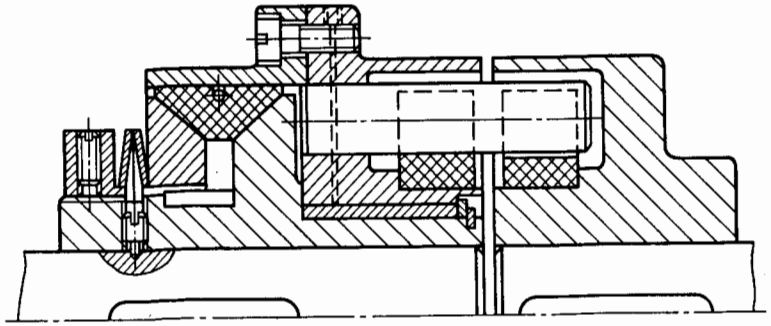


Рис. 5

Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт	Лист 456

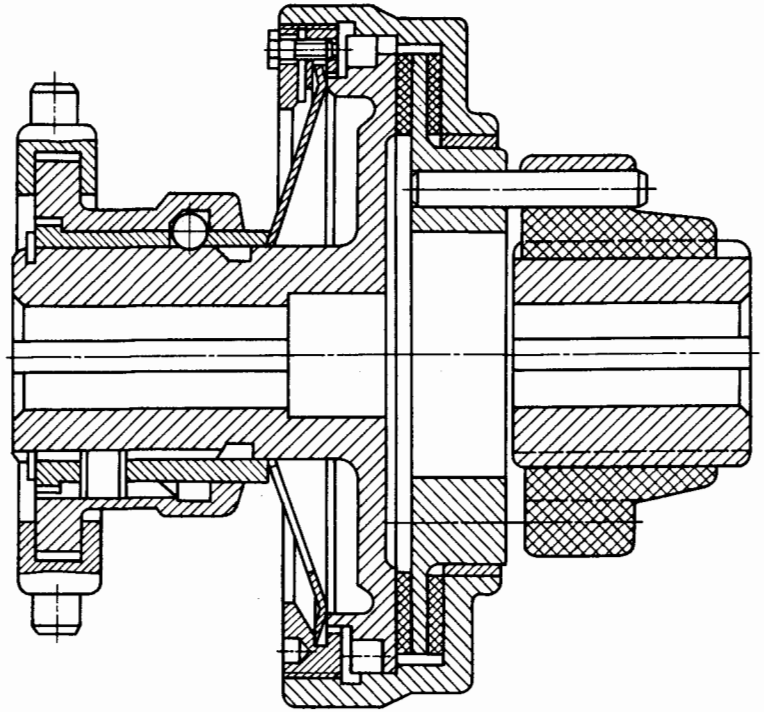


Рис. 1

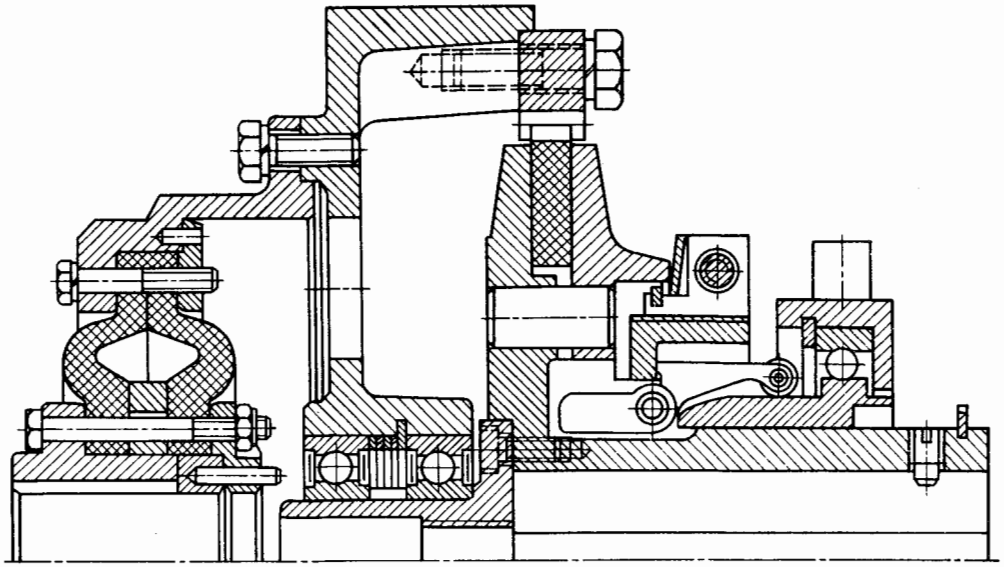


Рис. 3

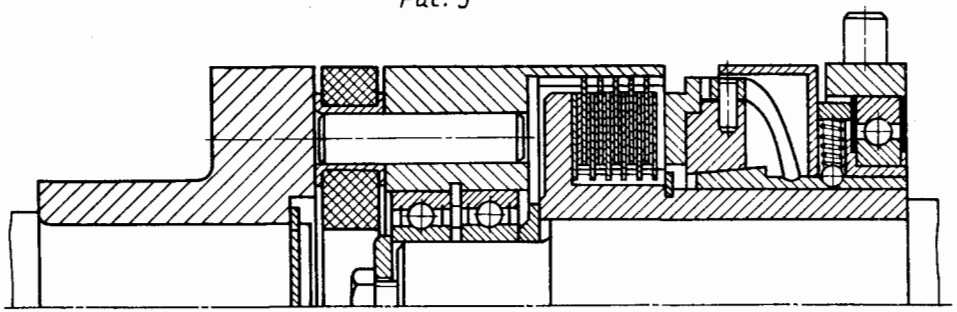


Рис. 4

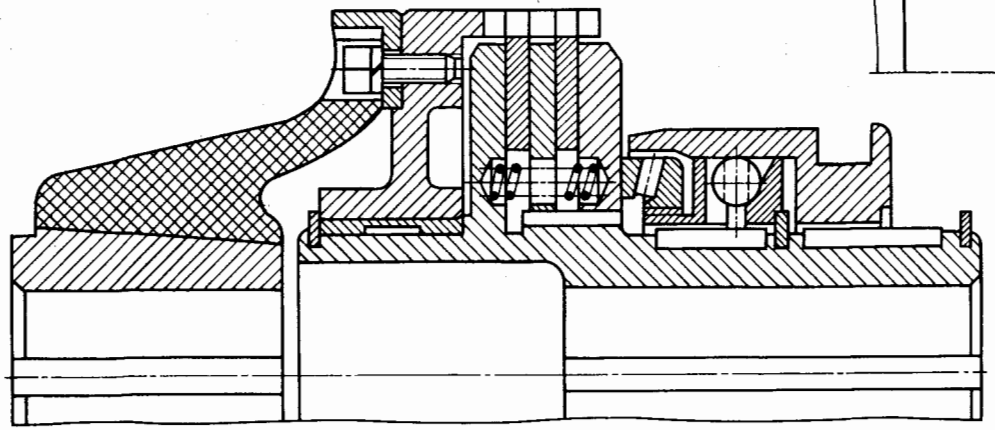


Рис. 2

Комбинирование упругой и сцепной дисковой муфт	Лист 457

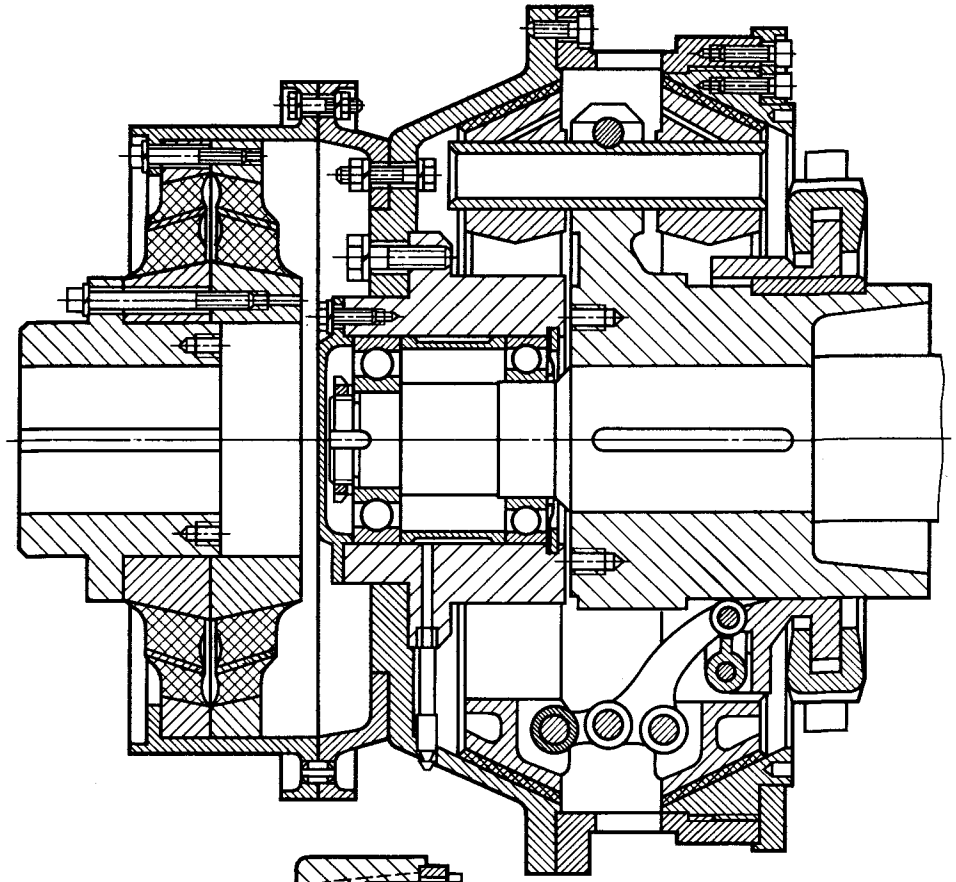


Рис. 1

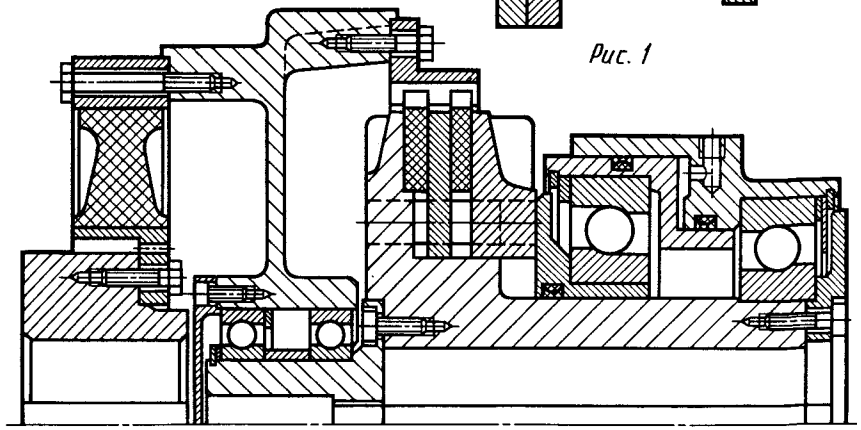


Рис. 2

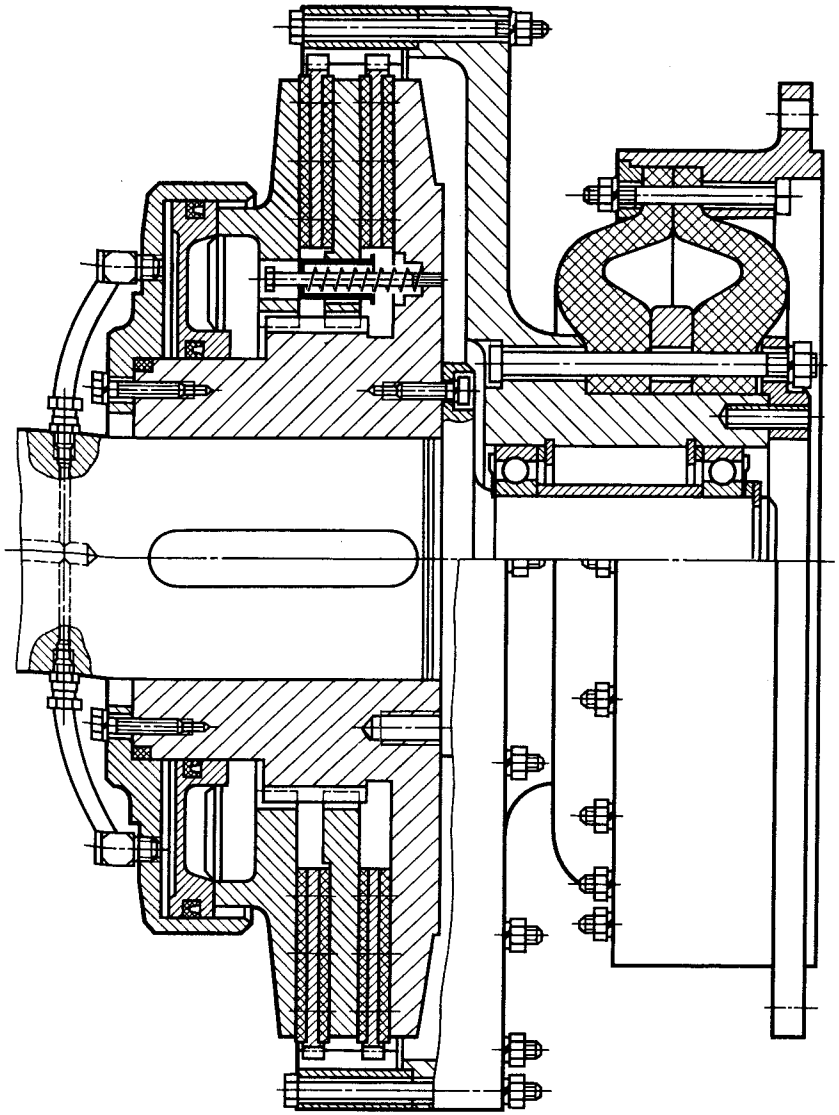


Рис. 3

Комбинирование упругой и сцепной муфт	Лист 458

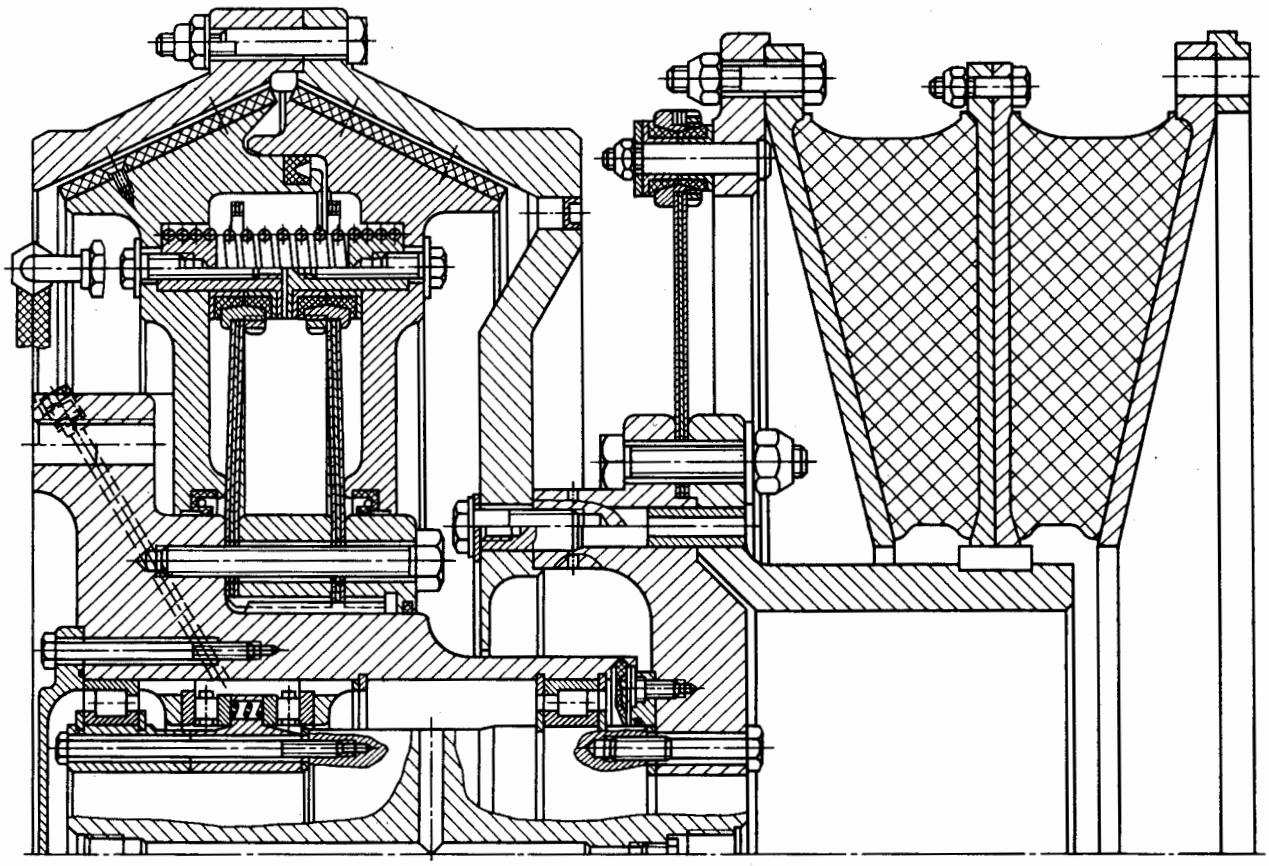


Рис. 1

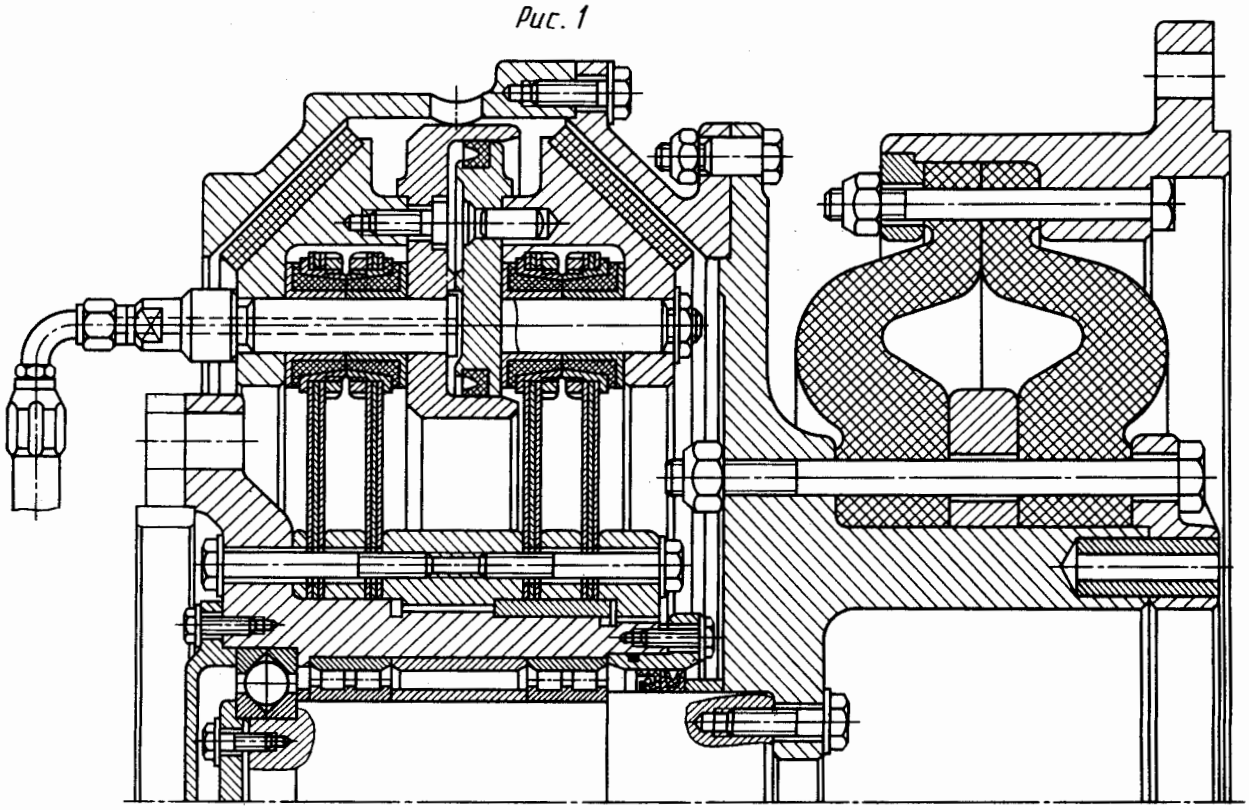


Рис. 2

Комбинирование компенсирующей, упругой и сцепной конусной муфт	Лист 459

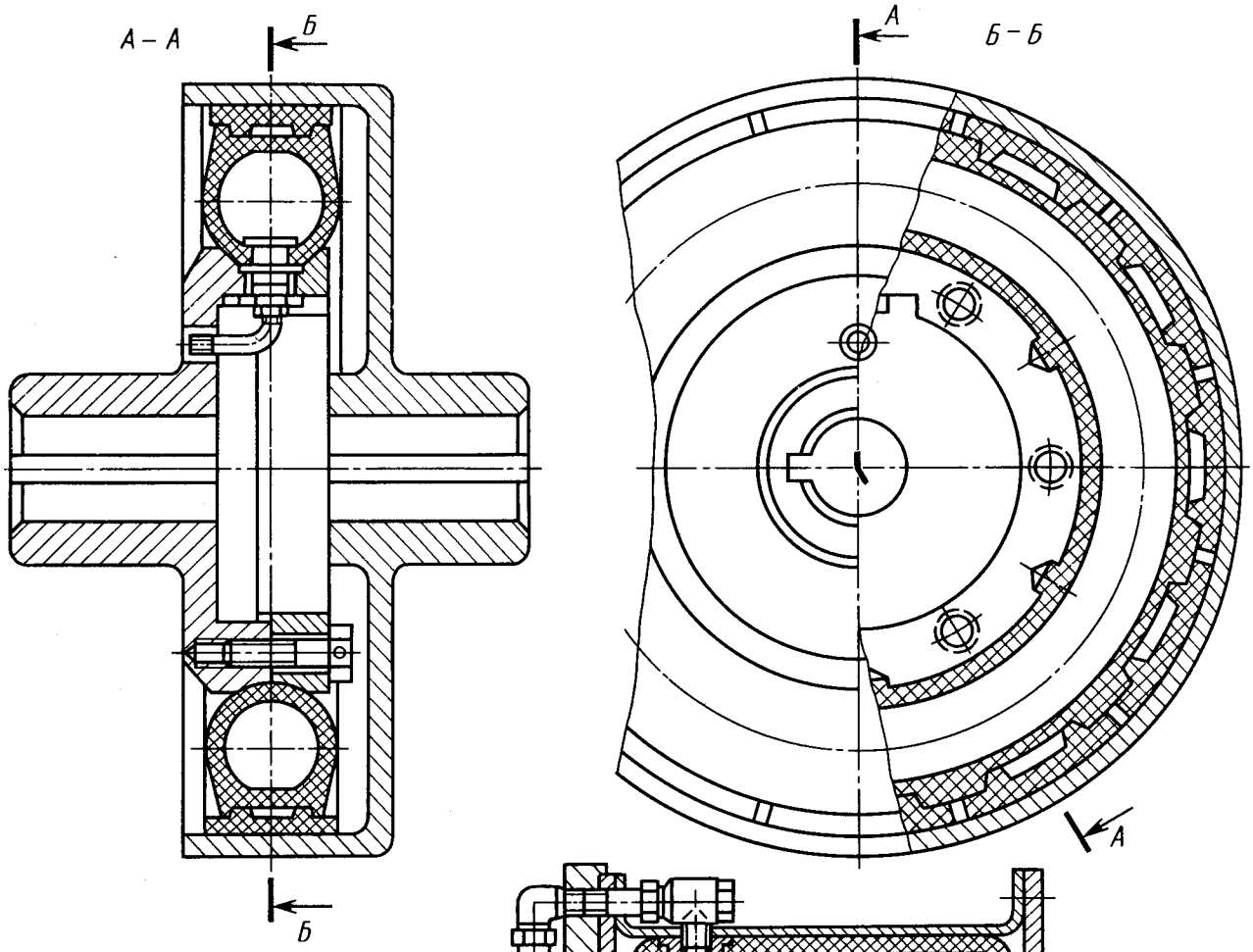


Рис. 1

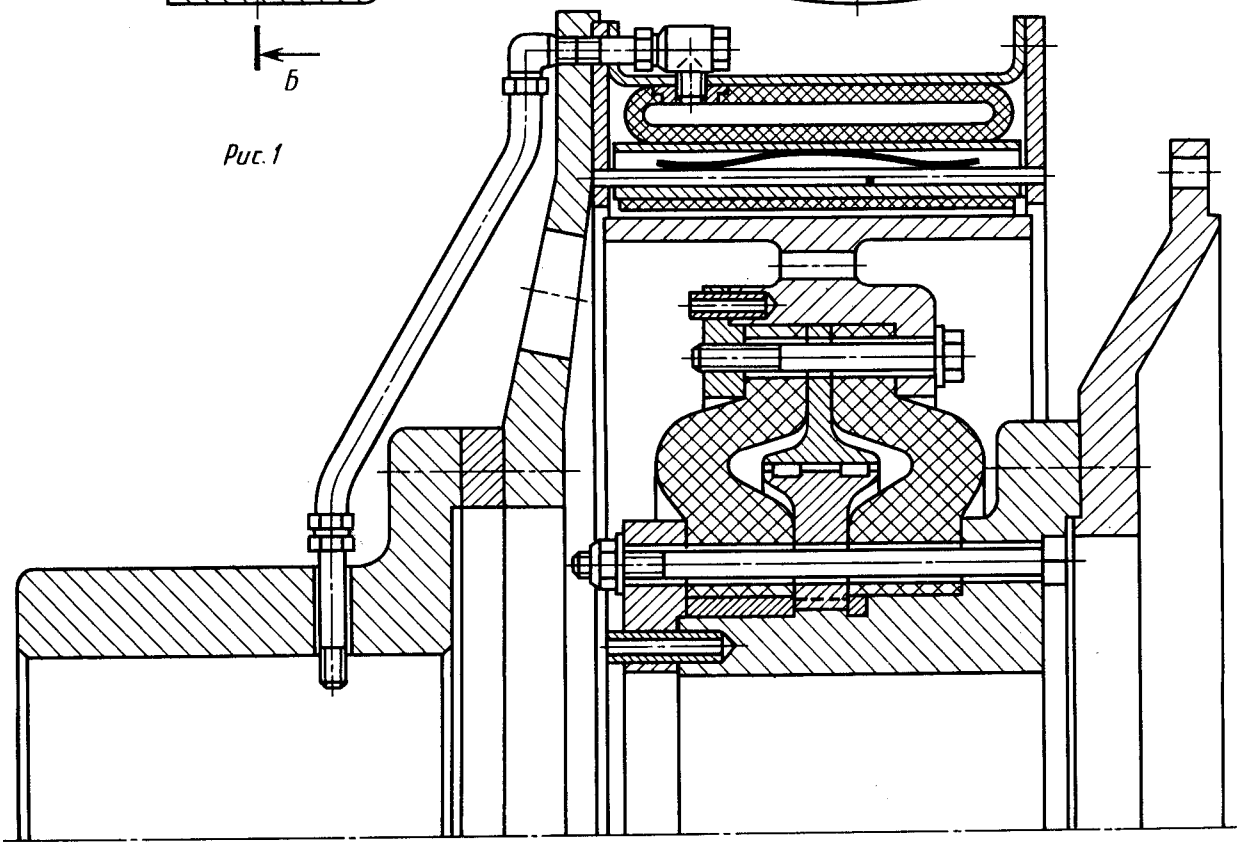


Рис. 2

Муфты комбинированные	Лист 460

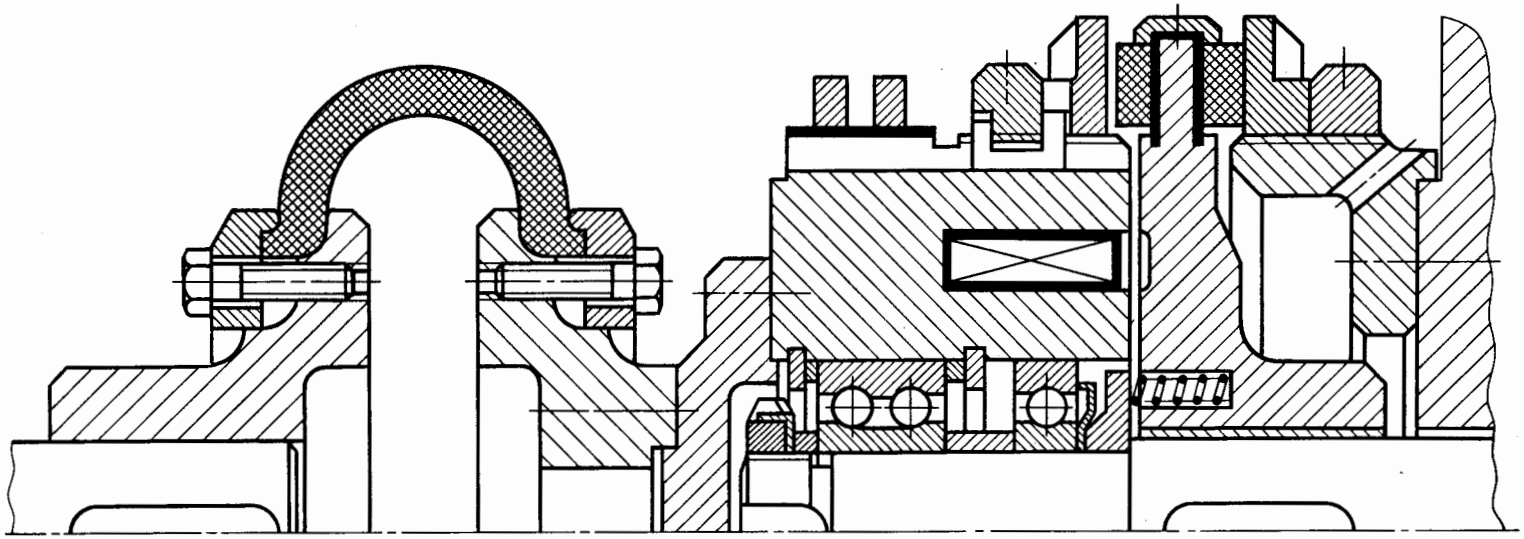


Рис. 1

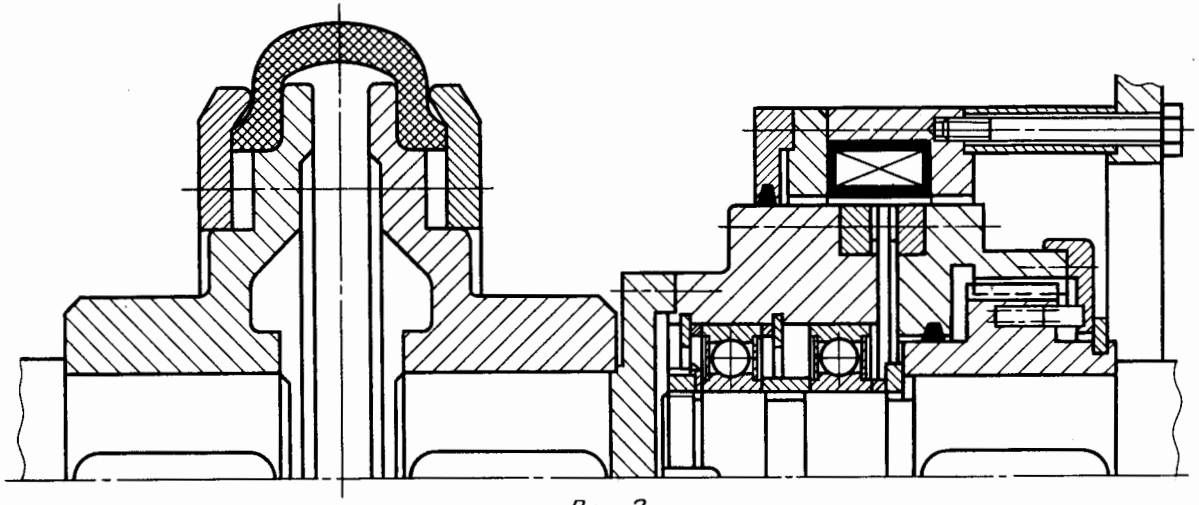


Рис. 2

Комбинирование упругой и сцепной электромагнитной муфт	Лист 461

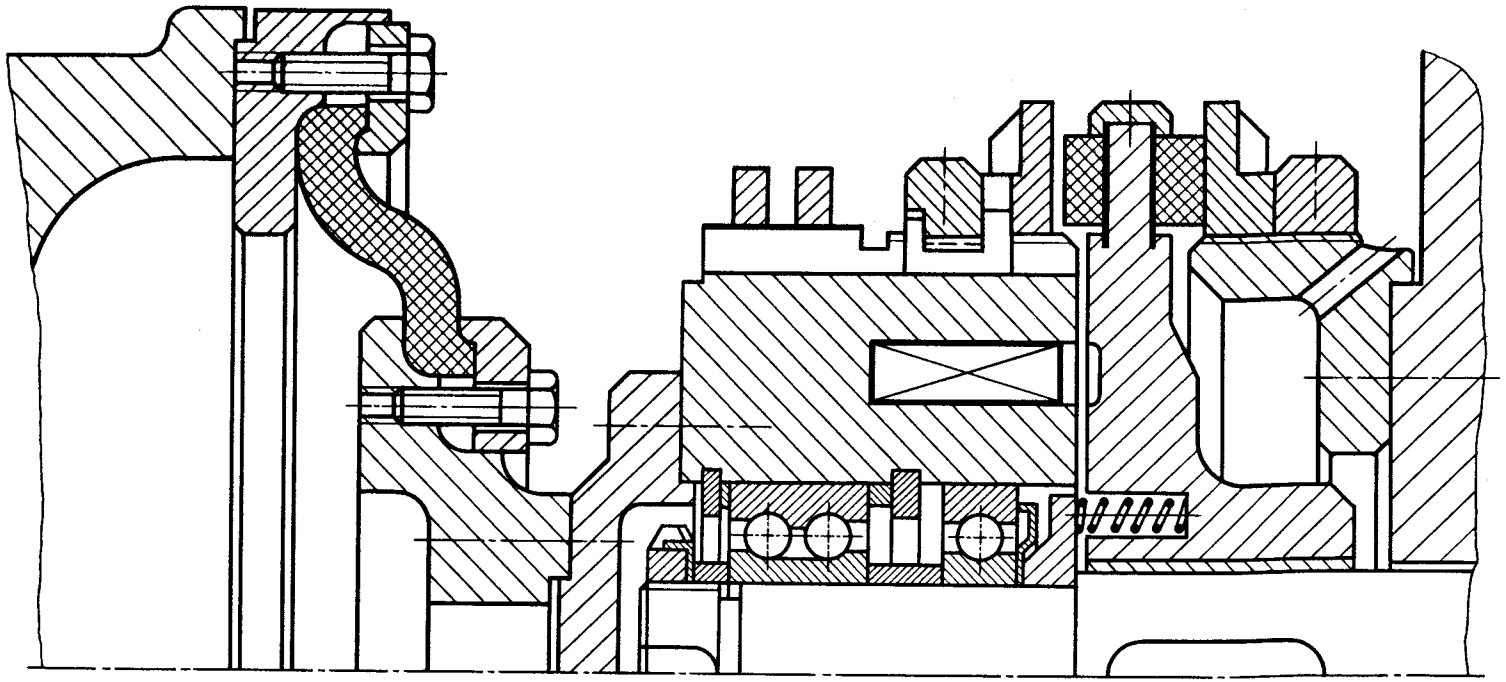


Рис.1

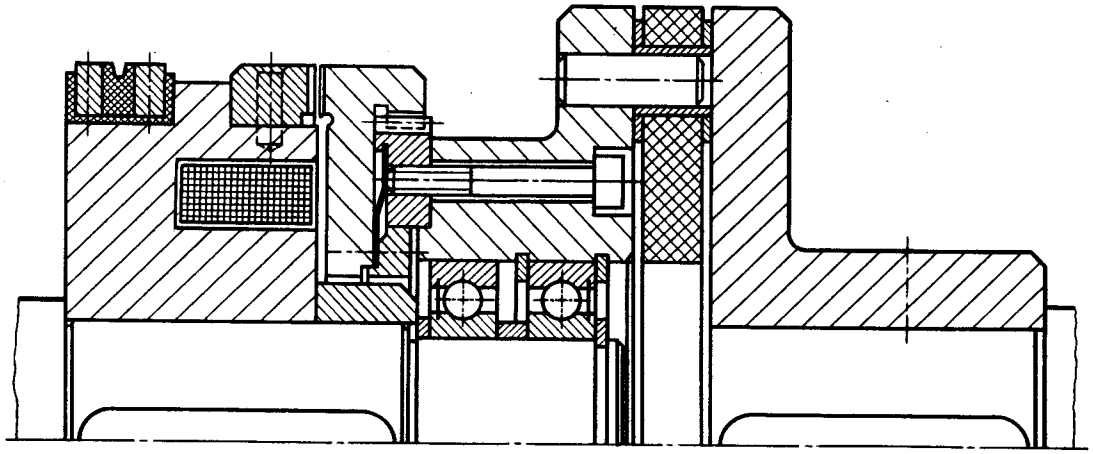
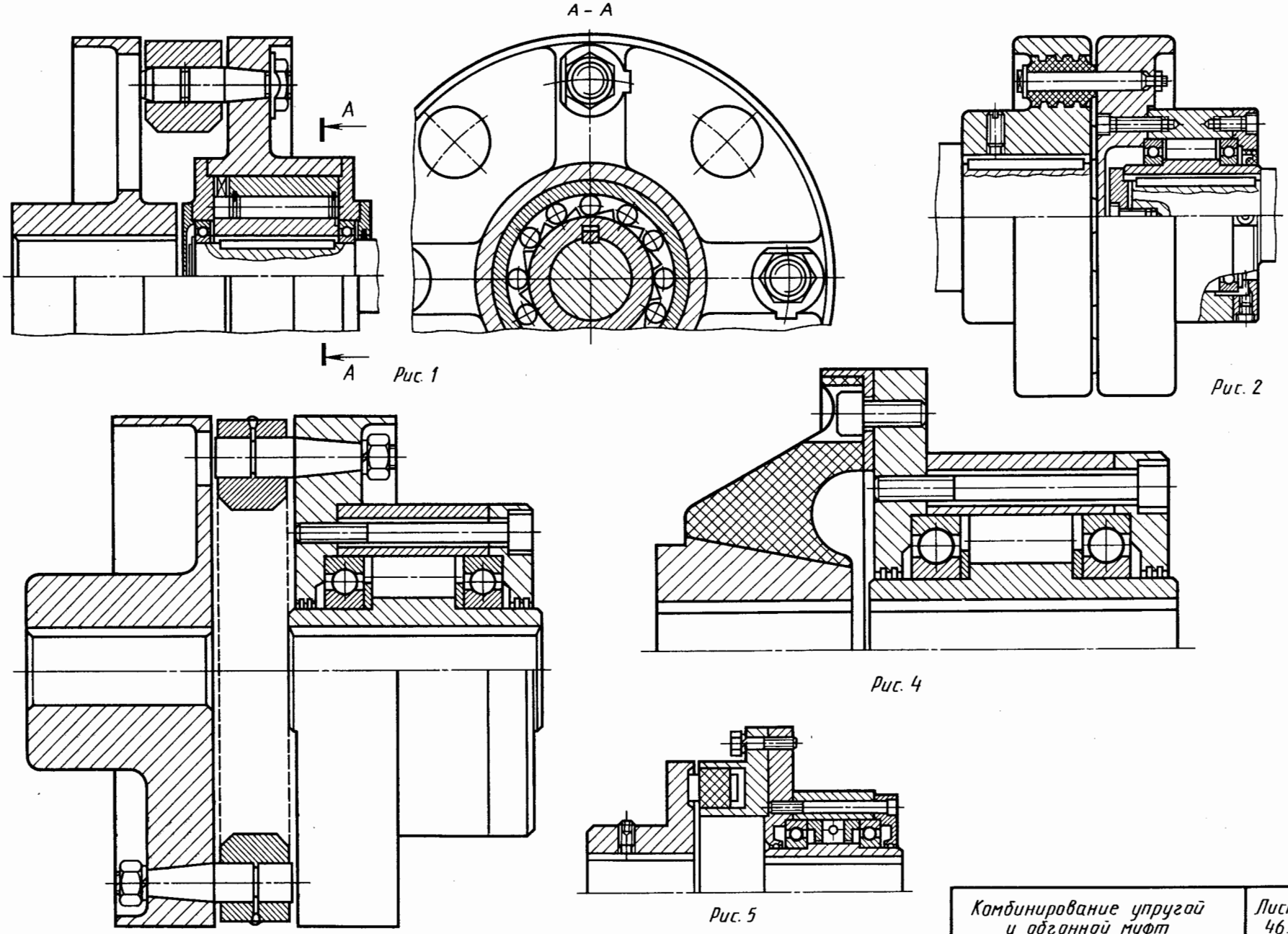


Рис. 2

Комбинирование упругой и сцепной электромагнитной муфт	Лист 462



Комбинирование упругой и обгонной муфт	Лист 463

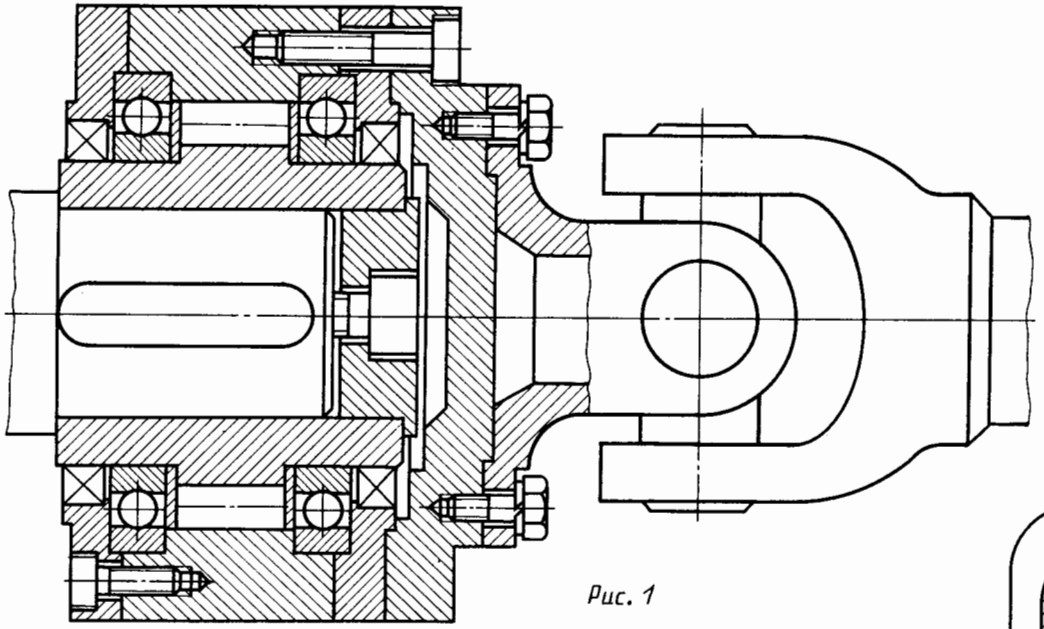


Рис. 1

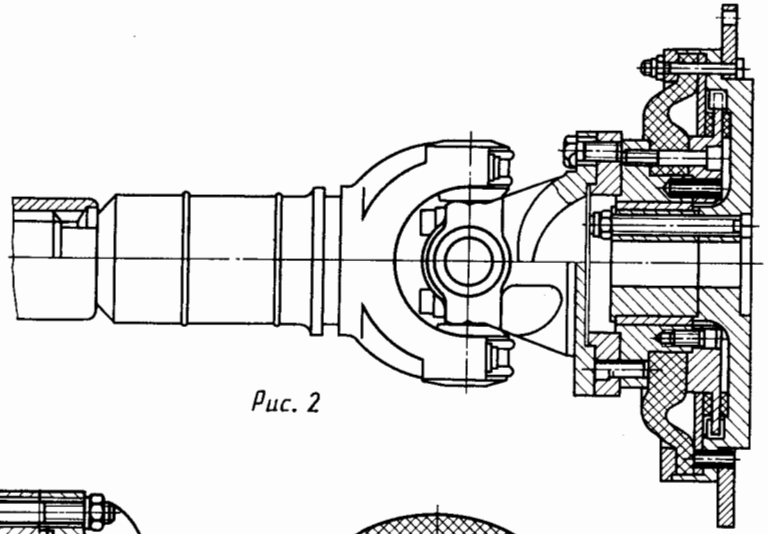


Рис. 2

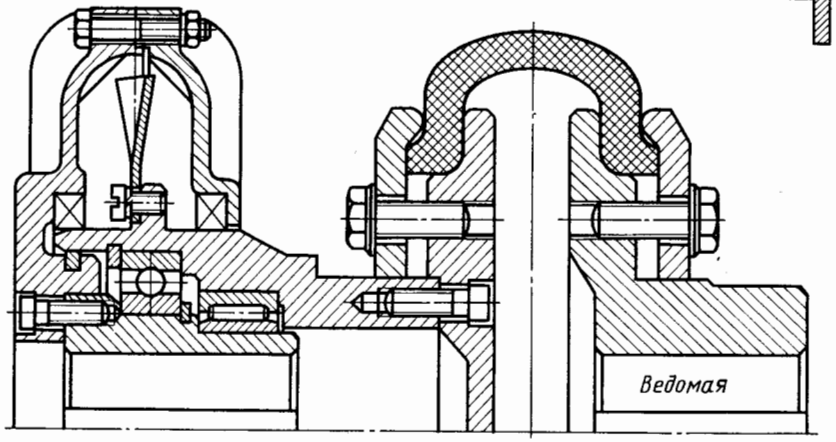


Рис. 4

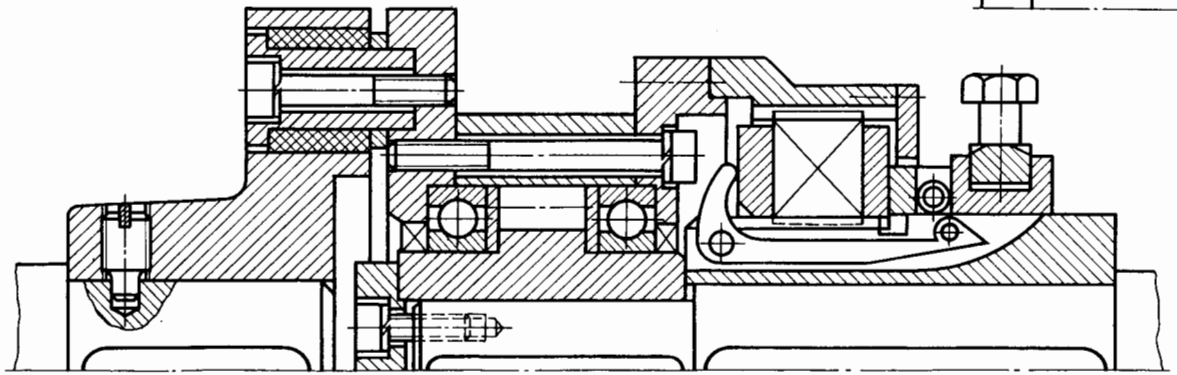


Рис. 3

Муфты комбинированные	Лист 464

1. Масла индустриальные

Обозначение ГОСТ 17479.4—87	Обозначение принятое	НТД	ν_{40}, мм²/с	ϑ_1, С	$\vartheta_в$, С	ИВ
И-Л-А-7	И-5А	ГОСТ 20799—75	7	−25	120	—
И-Л-А-10	И-8А		10	−20	130	
И-Л-А-22	И-12А		22	−30	165	
И-Г-А-32	И-20А		32	−15	180	85
И-Г-А-46	И-30А		46		190	
И-Г-А-68	И-40А, И-50А		68		200	
И-Л-С-3	ИГП-2	ТУ 38.101690—77	3		90	90
И-Л-С-5	ИГП-4	ТУ 38.101413—78	5		125	
И-Л-С-10	ИГП-6; ИГП-8		10		140	
И-Л-С-22	ИГП-14		22		150	
И-Г-С-32	ИГП-18		32		170	
И-Г-С-46	ИГП-30		46		200	
И-Г-С-68	ИГП-38; -49		68		210	
И-Г-С-100	ИГП-72		100		220	
И-Г-С-150	ИГП-91		150		225	
И-Г-С-220	ИГП-114		220		230	
И-Г-В-46	ВНИИНП-403	ОСТ 16728—78	46	−20	200	97
И-Г-В-68	ВНИИНП-406	ТУ 38.101289—78	68	−10		85
И-Н-Е-68	ИНСа-40	ТУ 38.101627—77	68			
И-Н-Е-100	ИНСа-65		100			
И-Н-Е-220	ИНСа-110		220			
И-ГН-Е-32	ИГНСп-20	ТУ38.110798—79	32			
И-ГН-Е-68	ИГНСп-40		68			
И-Т-С-320	ИГП-152; -182	ТУ 38.101413—78	320	−15	230	90
И-Т-Д-68	ИРп-40	ТУ 38.101451—78	68			
И-Т-Д-100	ИРп-75		100			
И-Т-Д-220	ИРп-150		220			
И-Т-Д-460	ИТП-200	ТУ 38.101292—78	460	−10	200	—
И-Т-Д-680	ИТП-300		680	−5		—

2. Масла специализированные

Группы масел	Обозначение принятое	НТД	ν_{50}, мм²/с	ν_{100}, мм²/с	ϑ_1, С	$\vartheta_в$, С	ИВ
Маловязкие	Авиационное МС-6	ОСТ 38.01279—82	6	—	−55	145	—
	Авиационное МС-8п	ОСТ 38.01163—78	8			150	
	Для судовых газовых турбин	ГОСТ 10289—79	7...9,6		−45	135	40
Средневязкие	Турбинное Тп-22	ГОСТ 9972—74	19...25		−5	185	90
	Турбинное Тп-30		26...36		−10	190	
Вязкие	Авиационное МС-14	ГОСТ 21743—76	—	⩾14	−30	215	85
	Авиационное МС-20С	ОСТ 38.01403—86		20	−18	270	92
	Авиационное МК-22			22	−14	250	75

Группы масел	Обозначение принятое	НТД	ν_{50}, мм²/с	ν_{100}, мм²/с	$\vartheta_з$, С	$\vartheta_в$, С	ИВ
Вязкие	Цилиндровое 24	ОСТ 38.0185—75	—	20...28	20	240	—
	Цилиндровое 38	ГОСТ 6411—76		32...44	17	300	60
	Цилиндровое 52			44...59	−5	310	80

3. Масла трансмиссионные

Обозначение ГОСТ 17497.2—85	Обозначение принятое	НТД	ν_{100}, мм²/с	$\vartheta_з$, С	ИВ	Области применения	
						$\sigma_н$, МПа	$\vartheta_{мо}$, С
—	Для пром. оборудования (нигрол) зимнее	ТУ 38.101529—75	20	−20	40	⩽1600	⩽90
—	Нигрол летний		30	−5			
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101110—86	14,5	−15	80		
ТМ-2-9	ТСп-10 ЭФО	ТУ 38.101701—77	10	−40		⩽2100	⩽130
ТМ-2-18	ТЭп-15	ГОСТ 23652—79	15	−18			
ТМ-2-34	ТС	ОСТ 38.01260—82	—	—			
ТМ-3-9	ТСп-10 (Северное)	ГОСТ 23652—79	10	−40	95	⩽2500	⩽150
ТМ-3-18	ТАп-15В (ТСп-15К)		15	−20	90		
—	ТСп-14		14,5	−25			
—	ТСп-14,5		15	—			
ТМ-4-9,	ТС3-9гип (Арктическое)	ОСТ 38.01158	9	−50	140	<3000	
ТМ-4-18	ТСп-14гип	ГОСТ 23652—79	14	−25	80		
ТМ-4-34	ТСгип	ОСТ 38.01260—82	—	—	—		
—	ТС3п-8	ОСТ 38.01365—84	8	−50	140		
ТМ-5-12, (рк)	ТМ-5-12рк	ТУ 38.101844—80	12	−40	120	⩾3000	⩽150
ТМ-5-18	ТАД-17И	ГОСТ 23652—79	17,5	−25	95		

4. Масла гидравлические

Обозначение ГОСТ 17497.3—85	Обозначение принятое	НТД	ν_{40}, мм²/с	$\vartheta_з$, С	$\vartheta_в$, С	Области применения	
						p, МПа	$\vartheta_{мо}$, С
МГ-22-А	АУ	ГОСТ 1642—75	22	−45	165	⩽15	<80
МГ-32-А	ЭШ	ГОСТ 10363—75	32	−50	160		
МГ-5-Б	МГЕ-4А	ОСТ 38.01281—82	5	−70	95	⩽25	⩾80
МГ-7-Б	РМ	ГОСТ 15819—70	7	−60	125		
МГ-10-Б	РМЦ		10				
МГ-15-Б	АМГ-10	ГОСТ 6794—75	15	−70	95		
МГ-22-Б	АУП	ТУ 38.101719—78	22	−45	145		
МГ-46-Б	МГ-30	ТУ 38.10150—70	46	−30	190		
МГ-150-Б	ГЖД-14с	ТУ 38.101252—72	150	−22	180		
МГ-15-В	МГЕ-10А	ТУ 38.101572—75	15	−70	95	>25	>90
МГ-22-В	Р	ТУ 38.101179—71	22	−45	165		
МГ-46-В	МГЕ-46В	ТУ 38.001347—83	46	−30	190		

Примечания: 1. НТД — нормативно-техническая документация.
2. ИВ — индекс вязкости масла.
3. ν_{40}; ν_{50}; ν_{100} — кинематическая вязкость масла при температуре 40; 50; 100 °С.
4. $\vartheta_з$ — температура застывания масла.
5. $\vartheta_{мо}$ — температура масла объемная.
6. $\sigma_н$ — контактное напряжение по Герцу.
7. p — давление в гидросистеме.
8. $\vartheta_в$ — температура вспышки масла.

ОСНОВНЫЕ МАРКИ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПСМ)

№ пп	Группы и сорта антифрикционных ПСМ	ГОСТ, ТУ, ОСТ	Диапазон температур, °С	Цена 1 т, руб. до 1985 г.	Применение
1	Общего назначения				
1.1	Солидол синтетический:	ГОСТ 4366—76		215	Р; +; старые, заменяемые сорта, но в настоящее время самые массовые
	Солидол С		−20 ... 65		
	Пресс-солидол С		−30 ... 50		
1.2	Солидол жировой	ГОСТ 1033—79		320	*; Р; +
	Солидол Ж		−25 ... 65		
	Пресс-солидол Ж		−30 ... 50		
1.3	Графитная	ГОСТ 3333—80	−20 ... 60	240	Р; +; для грубых узлов
2	Общего назначения для повышенных температур:				
2.1	1—13 жировая	ОСТ 38.01145—80	−20 ... 110	700	+; старые заменяемые сорта
2.2	Консталин	ГОСТ 1957—73	−20 ... 110	580	+
3	Многоцелевые:				
3.1	Литол-24	ГОСТ 21150—75	−40 ... 130	1055	*; Р; +; перспективные
3.2	Фиол-1	ТУ 38.УССР 201247—80	−40 ... 120	890	*; Р; +; универсальные сорта общего назначения
4	Термостойкие				
4.1	Униол-1	ТУ 38.УССР 201150—78	−40 ... 150	450	*; Р; термостойкая общего назначения
4.2	ЦИАТИМ-221	ГОСТ 9433—80	−60 ... 150	13200	Р; +; универсальная, для вакуума
4.3	ВНИИНП-207	ГОСТ 19774—74	−60 ... 150	13000	Р; ПК; малонагруженные ЗП.М
4.4	ВНИИНП-231	ОСТ 38.01113—76	−60 ... 250	10650	*; средненагруженные ПВГ, ЧП; тихоходные ПК, ПС
4.5	ВНИИНП-246	ГОСТ 18852—73	−60 ... 250	135000	Приборные ПК, ЗП в глубоком вакууме
4.6	ВНИИНП-269	ТУ 38.40158—73	до 350	187000	Высокотемпературная
5	Морозостойкие:				
5.1	ЦИАТИМ-201	ГОСТ 6267—74	−60 ... 90	600	*; +; морозостойкая общего назначения
5.2	ЦИАТИМ-203	ГОСТ 8773—73	−50 ... 90	950	+; средненагруженные ПК, ЗП, ЧП, ПВГ
5.3	Лита	ОСТ 38.01295—83	−50 ... 100	860	Р; +; ПК; ЗП; ЧП; ПС; Н
5.4	Зимол	ТУ 38.УССР 201285—82	−50 ... 130	1300	Р; » » » »
6	Химически стойкие ЦИАТИМ-205	ГОСТ 8551—74	−60 ... 50	140	Р; +; неподвижные соединения РС; взрывобезопасная
7	Приборные:				
7.1	ОКБ-122-7	ГОСТ 18179—72	−60 ... 120	8450	Р; многоцелевая приборная
7.2	ЦИАТИМ-202	ГОСТ 11110—75	−60 ... 120	620	*; +; скоростные ПК, ЗП
8	Электроконтактные ВНИИНП-502	ТУ 38.101771—79	−40 ... 100	46000	Для скользящих слаботочных контактов

1	2	3	4	5	6
9	Для электромашин:				
9.1	ВНИИНП-242	ГОСТ 20421—75	−40 ... 110	4000	*; Р; +; ПК ($dn \leqslant 2{,}5 \cdot 10^5$ мм/мин)
9.2	Фиол-4	ТУ 38.УССР 201398—83	−40 ... 120	2000	ПК ($dn \leqslant 4 \cdot 10^5$ мм/мин)
9.3	ЛДС-2	ТУ 38.УССР 201291—77	−40 ... 120	750	ПК электродвигателей серии 4А
9.4	СВЭМ	ТУ 38.101982—86	−50 ... 120	46720	ПК ($dn \leqslant 5{,}5 \cdot 10^5$ мм/мин, $t_\Sigma \leqslant 15000$ ч)
10	Авиационные Эра	ТУ 38.101950—83	−60 ... 120	52100	*; Р; ПК; ЗП; ПВГ спецназначения
11	Космические ВНИИНП-274	ГОСТ 19337—73	−80 ... 160	187000	Все системы космических аппаратов
12	Автомобильные:				
12.1	ЛСЦ-15	ТУ 38.УССР 201224—80	−80 ... 130	1120	*; шлицы, шарниры, петли и т. п.
12.2	Шрус-4	ТУ 38.УССР 201312—81	−40 ... 120	2320	*; Р; синхронные муфты
12.3	Фиол-2у	ТУ 38.УССР 201266—79	−40 ... 100	2050	ПК (игольчатые) шарнирных муфт
13	Железнодорожные:				
13.1	кулисная ЖК	ТУ 32ЦТ549—83	−30 ... 80	139	Грубые направляющие
13.2	рельсовая ЖР	ТУ 32Ц553—83	−30 ... 80	282	
14	Морские АМС-3	ГОСТ 2712—75	0 ... 75	860	+; морские механизмы; консервационная
15	Индустриальные:				
15.1	Униол-2	ГОСТ 23510—79	−30 ... 160	470	*; Р; +; Н металлургического и кузнечно-прессового оборудования
15.2	Сиол	ТУ 38.10152—74	До 130	1800	Высокоскоростные ПК ($n \leqslant 16000$ мин$^{-1}$)
15.3	Старт	ТУ 38.401204—81	−40 ... 140	15000	Высокоскоростные ПК ($dn \leqslant 6 \cdot 10^5$ мм/мин)
16	Буровые Геол-1	ТУ 38.УССР 201385—82	−10 ... 40	425	Н; РС бурильных труб
17	Противозадирные ЛС-1П	ТУ 38.УССР 201145—77	−40 ... 130	1075	*; Р; узлы кузнечно-прессового и литейного оборудования
18	Радиационно-стойкие ВНИИНП-273	ТУ 38.101476—74	−20 ... 120	3250	ПК; ПС; ЗП; ПВГ; в условиях радиации

Условные обозначения: * — имеет знак качества; Р — рекомендована к широкому применению; + — входил в номенклатуру Госснаба СССР; ПК — подшипники качения; ПС — подшипники скольжения; ЧП — червячные передачи; ПВГ — передача винт — гайка; Н — направляющие; РС — резьбовые соединения; М — механизмы.

Выбор типа масла для зубчатых передач

1. При смазывании погружением

1.1. Наибольшая окружная скорость вращающейся детали 2...12 м/с

Объёмная температура масла, °С	Типы масел при контактном напряжении по Герцу, МПа						
	≤ 600	≤ 900	≤ 1600	≤ 2100	≤ 2500	≤ 3000	> 3000
≤ 90	И-Г-А						
	И-Г-С; И-Т-С						
			ТМ-1				
≤ 130			И-Т-Д				
				ТМ-2			
≤ 150					ТМ-3		
						ТМ-4	
							ТМ-5

1.2. Наибольшая окружная скорость зубчатых колес менее 0,5...2 м/с

	Типы масел при контактном напряжении по Герцу, МПа			
	≤ 600	≤ 1600	≤ 2500	> 2500
≤ 90	Нигролы			
≤ 130	Авиационные	И-Т-Д		
≤ 150	Тяжелые цилиндровые		ТМ-4	
				ТМ-5

Примечание: 1. Марки нелегированных масел выбирают по ν_{50} в зависимости от параметра $5 \cdot 10^{-6} \sigma_H^3 / v$, $(МПа)^3/(м/с)$ (см. рис. 1 и рис. 2).

2. Для многоступенчатых зубчатых передач вязкость масла определяют как полусумму значений вязкостей, рассчитанных для тихоходной и быстроходной ступеней.

3. При температуре масла более 150 °С следует применять моторные или синтетические масла.

2. При циркуляционном смазывании и окружной скорости более 12...15 м/с

≤ 110	Масла индустриальные (17479.4-87) типа: И-Л-А; И-Г-А; И-Л-С; И-Г-С
> 110	Маловязкие специализированные масла: авиационные (ГОСТ 11552-76); турбинные (ГОСТ 9972-74); для судовых газовых турбин (ГОСТ 10289-79)

Выбор вязкости нелегированных масел для зубчатых передач

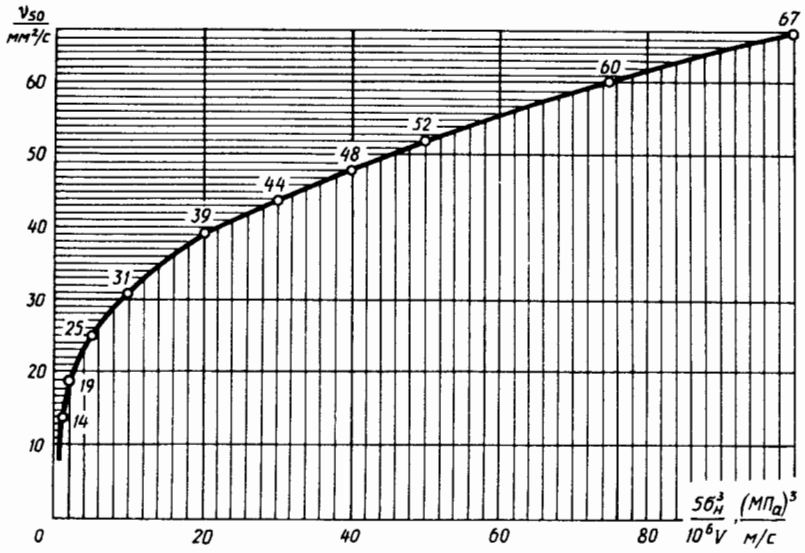


Рис. 1

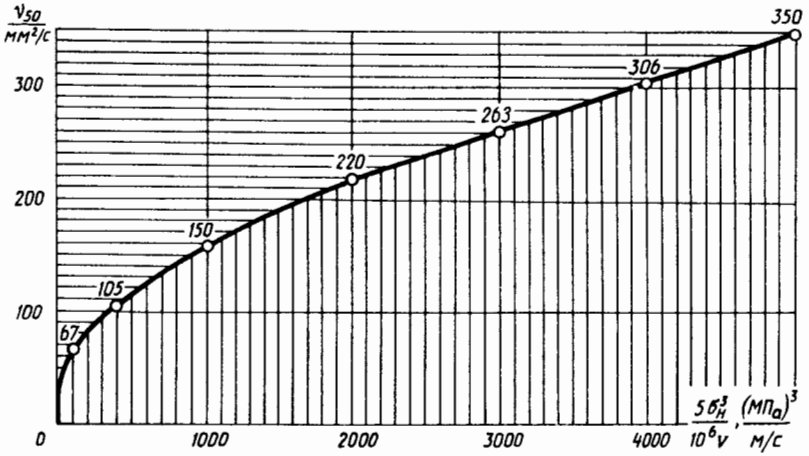


Рис. 2

Основные марки масел для смазывания приведены на листе 465.

Выбор масел для смазывания зубчатых передач общего назначения	Лист 468

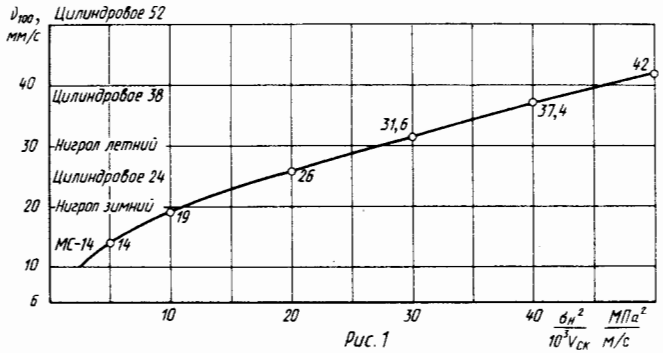


Рис. 1

Выбор вида смазывания

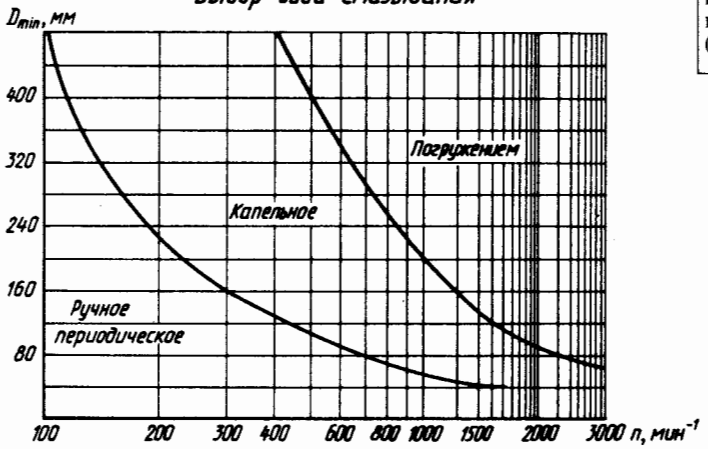


Рис. 2

1. ДЛЯ ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Скорость скольжения, м/с	Менее 0,8	0,8...2,5	2,0...4,0	3,5...6,0
Марки индустриальных масел ГОСТ 17479.4–87	И-Т-Д-680 И-Т-Д-460	И-Т-Д-460 И-Т-С-320	И-Т-С-320	И-Т-С-320 И-Г-С-220

Примечания:

1. Температура окружающего воздуха $-5...+25°$ С.
2. При температуре окружающего воздуха 25...50° С применяют масла вязкостью на одну ступень выше табличного.
3. При температуре окружающего воздуха до $-40°$ С применяют масло АСЗп-10 (ТУ 38.101267—72).
4. При неполной загрузке передачи (ПВ $\leqslant$ 85%) или отсутствии легированных масел применяют вязкие нелегированные масла, выбираемые по кинематической вязкости ν_{100} в зависимости от $10^{-3}\sigma_н^2/v_{ск}$ по графику (см. рис. 1).

2. ДЛЯ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Виды смазывания (рис. 2)	Скорость цепи, м/с	Марки масел при давлениях в шарнирах цепи, МПа			
		менее 10	10...20	20...30	более 30
Ручное или капельное	Менее 1	И-Г-С-46	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100	И-Т-Д-220
	1...5	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100
Погружением	Менее 5	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Т-Д-68	И-Т-Д-100
	5...10	И-Л-С-22	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Т-Д-68
	Более 10	И-Л-С-10	И-Л-С-22	И-Г-С-32	И-Г-С-46

Примечание. Условия работы — см. описание листа.

3. ДЛЯ ПЕРЕДАЧ ВИНТ — ГАЙКА СКОЛЬЖЕНИЯ

Скорость скольжения, м/с	Марки масел при давлении на рабочей поверхности, МПа				
	менее 3	3...6	6...9	9...12	12...15
Менее 0,8	И-Г-С-100 (ТМ-4-9)	И-Г-С-150 (ТМ-4-18)	И-Г-С-220 (ТМ-4-34)	И-Т-С-320	И-Т-Д-460
0,8...2,5	И-Г-С-68 (ТМ-3-9)	И-Г-С-100 (ТМ-3-18)	И-Г-С-150 (ТМ-4-18)	И-Г-С-220	И-Т-С-320
2,0...4,0	И-Г-С-46	И-Г-С-68	И-Г-С-100	И-Г-С-150	И-Г-С-220
3,5...6,0	И-Г-С-32	И-Г-С-46	И-Г-С-68	И-Г-С-100	И-Г-С-100

Примечание. Марки масел в скобках для гаек из чугуна.

4. ДЛЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКОЛЬЖЕНИЯ (ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ)

Давление (наибольшее), МПа	Менее 1	1...2	2...3	Более 3
Марки индустриальных масел	И-Л-С-10 И-Л-С-22 И-Г-С-32	И-Г-С-32 И-Г-С-46 И-Г-С-68	И-Т-Д-68 И-Т-Д-100 И-Т-Д-220	И-Т-Д-220 И-Т-Д-460 И-Т-Д-680

Примечания:

1. Установившаяся температура узла менее 60...80° С.
2. При медленном (до 0,2 м/мин) и точном движении применяют масла типа И-ГН-Е-32; И-ГН-Е-40.
3. При фитильной или капельной подаче масла ограничивают его вязкость $\nu_{50} \leqslant 20$ мм^2/с.
4. Направляющие из черных металлов можно смазывать трансмиссионными маслами.

5. ДЛЯ ВОЛНОВЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Нагруженность зацепления		Нормативно-техническая документация	Диаметр гибкого колеса	
			$\leqslant$ 80 мм	$\leqslant$ 160 мм
$\sigma_н$, МПа	$\leqslant$ 800	ГОСТ 17479.4—85	И-Г-А-68	
	$\leqslant$ 1600		И-Т-Д-68	И-Т-Д-100

6. СМАЗЫВАНИЕ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Подшипники скольжения жидкостной смазки смазывают при температуре до 60...80° С маловязкими маслами: Авиационное МС-8п, Турбинное Тп-22, И-Г-А-32 и т. п.

Для муфт компенсирующих или подвижных (зубчатых, цепных, крестовых и др.) применяют масла типа ТСп-14, Нигрол.

В смазываемых вариаторах применяют маловязкие масла типа И-ГН-Е-32 или И-ГН-Е-40; в цепных вариаторах типа PIV используют масла по рекомендациям для цепных передач.

Смазывание трехступенчатого цилиндрического редуктора погружением колес Z_K в масляную ванну

Уровень масла

Z_K

Заполнить ПСМ

Уплотнение манжетное (см. лист 496; 500)

d_{a2}

δ

ΔR

$H_Б$

$H_Т$

$H_Д$

Пробка сливная (см. лист 477)

Пробка контрольная (см. лист 478)

$H_Д \geq (2...4)\delta$; $\Delta R \geq (1...2)\delta$;

δ – толщина стенки корпуса

При $v_Б \cdot \nu_t \leq 600$ (м/с)(мм²/с): $H_Б = (2...5)m$;

$H_Т \leq d_{a2}/6$, но не более 100 мм

Рис. 1

Смазывание быстроходной ступени планетарного редуктора маслоразбрызгивающим диском при $v_Т \cdot \nu_t \leq 60...80$ (м/с)(мм²/с)

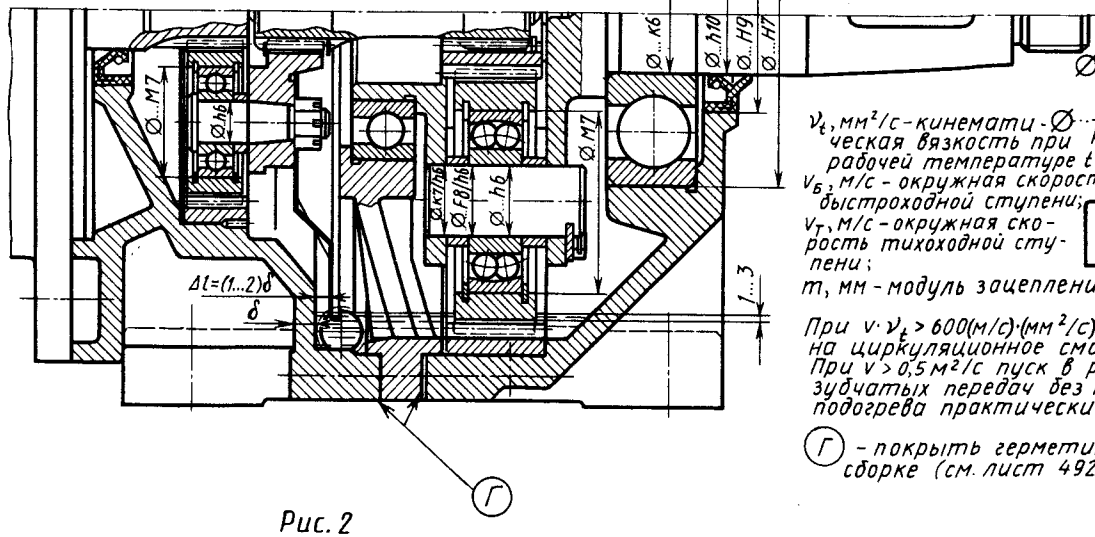


Рис. 2

ν_t, мм²/с – кинематическая вязкость при рабочей температуре t;

$v_Б$, м/с – окружная скорость быстроходной ступени;

$v_Т$, м/с – окружная скорость тихоходной ступени;

m, мм – модуль зацепления

При $v \cdot \nu_t > 600$(м/с)·(мм²/с) переходят на циркуляционное смазывание.

При $v > 0{,}5$ м²/с пуск в работу зубчатых передач без предварительного подогрева практически невозможен.

Г – покрыть герметиком при сборке (см. лист 492)

Смазывание соосного цилиндрического редуктора разбрызгиванием при $v_Б \cdot \nu_t \geq 120...180$ (м/с)(мм²/с)

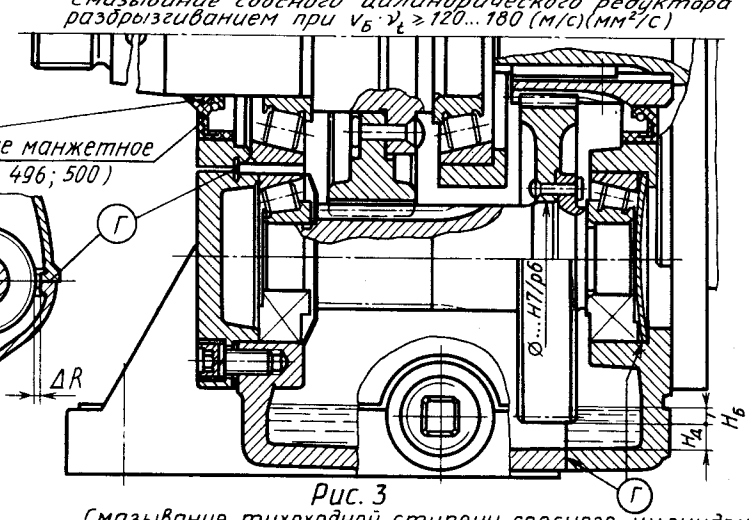


Рис. 3

Смазывание тихоходной ступени соосного цилиндрического редуктора вспомогательной шестерней при $v_Б \cdot \nu_t \leq 60...80$ (м/с)(мм²/с)

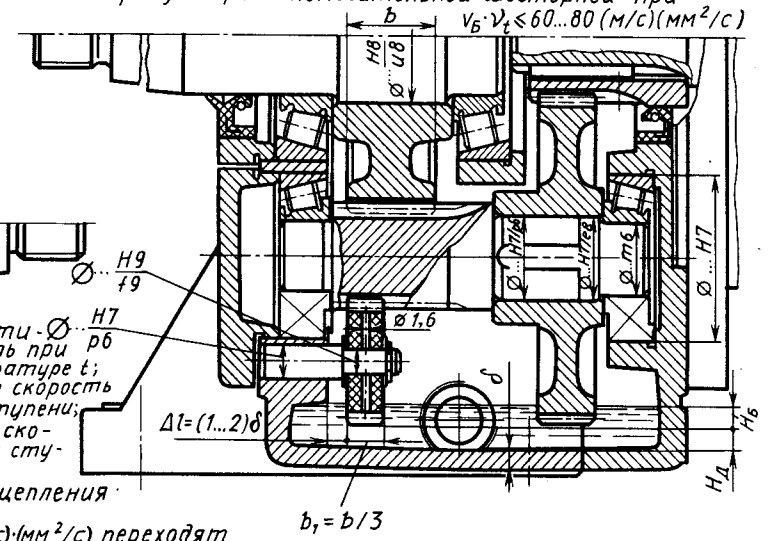


Рис. 4

Смазывание погружением цилиндрических передач	Лист 470

Смазывание конического зацепления полным погружением зубьев колеса в масляную ванну

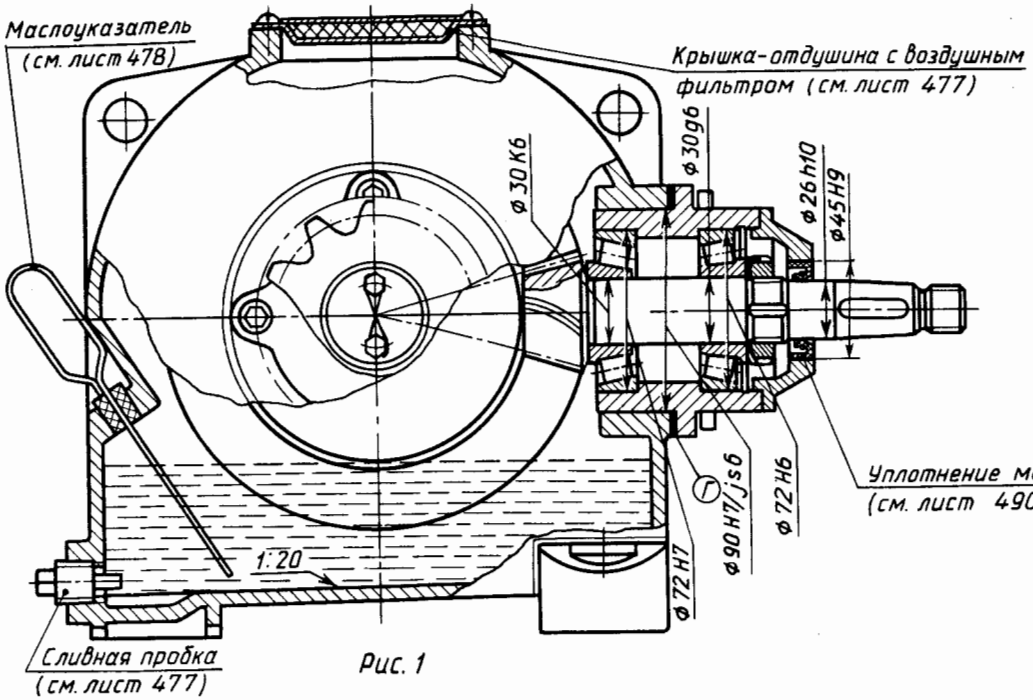


Рис. 1

Подача масла по каналам корпуса к дальнему от консольной шестерни подшипнику

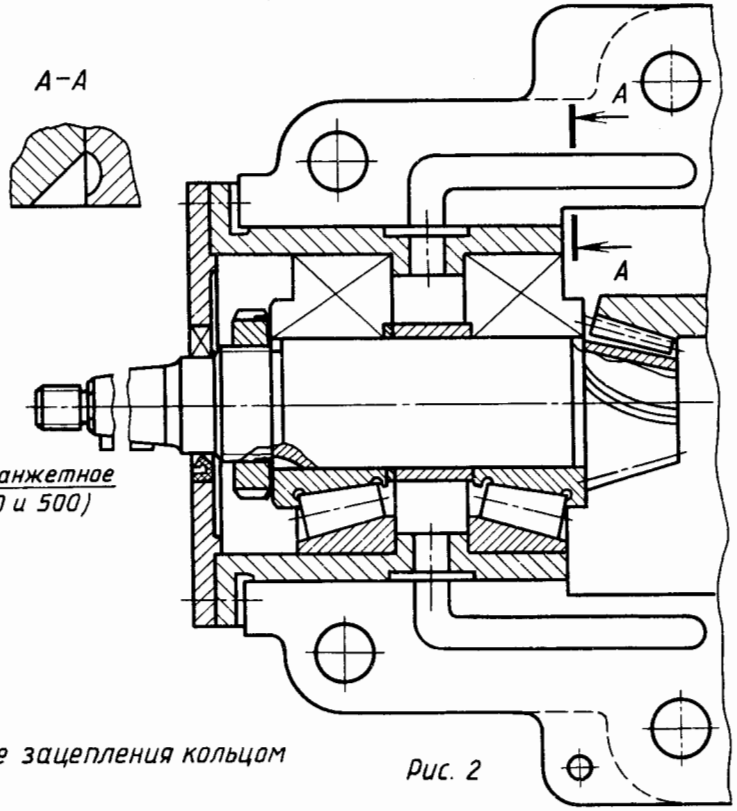


Рис. 2

Раздельное смазывание зубчатых колес

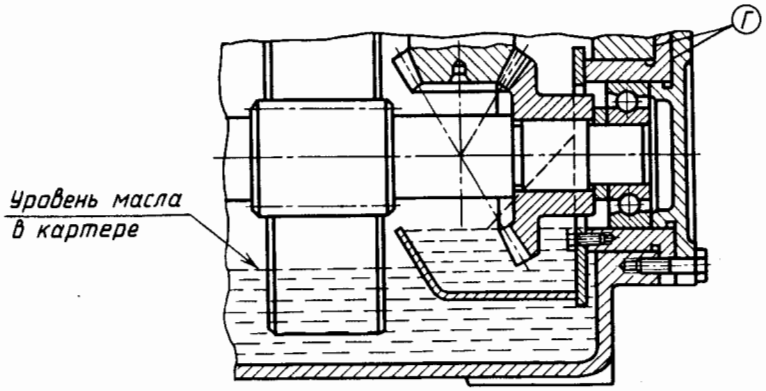


Рис. 3

Смазывание зацепления кольцом

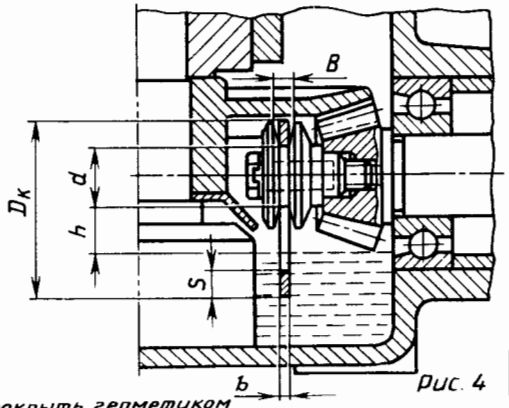


Рис. 4

$D_K \simeq 2d$; $b \simeq 0{,}2d$;

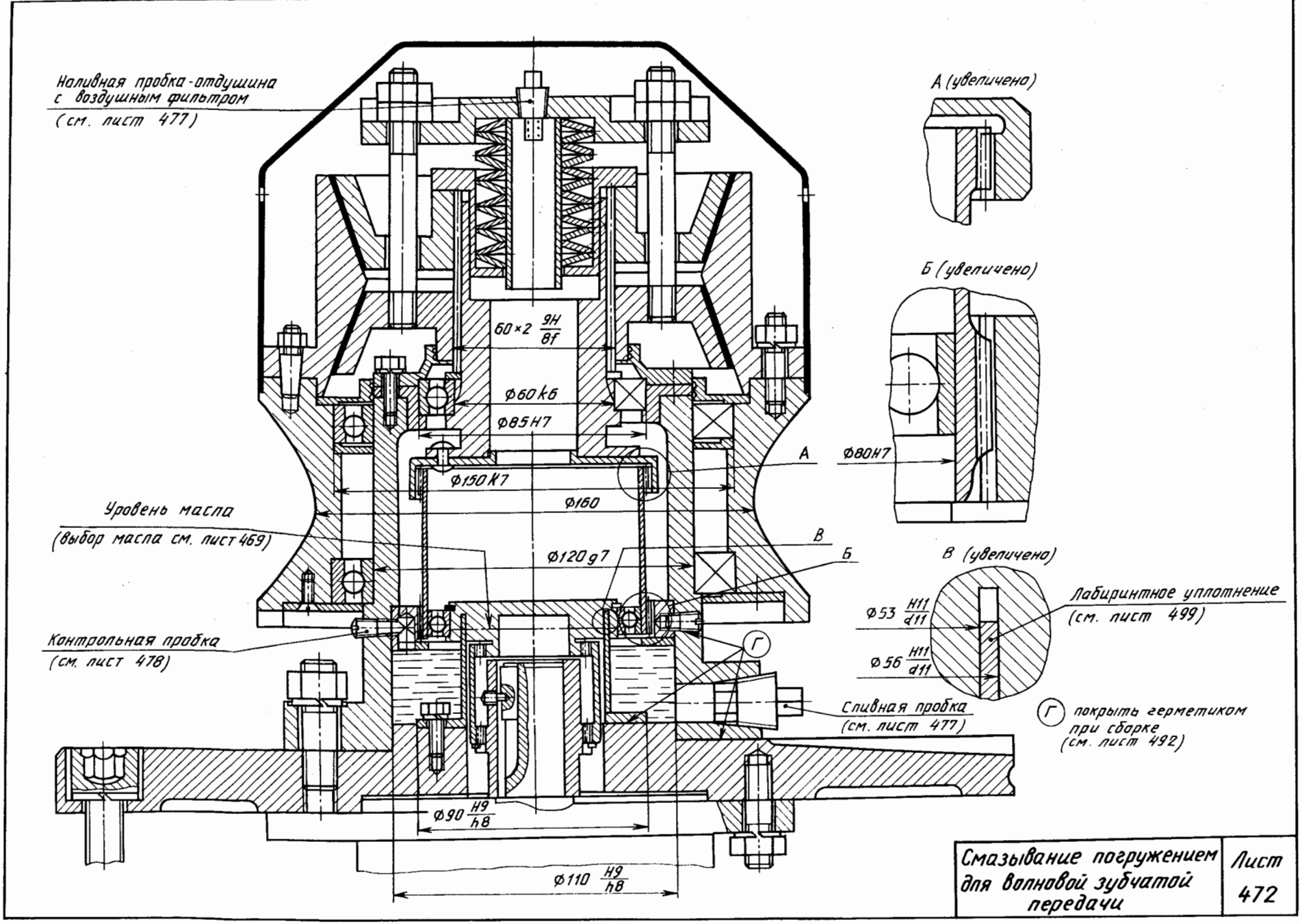
$B = 6 + (1...3)$ мм;

$S \simeq 0{,}3b$;

$h = (0{,}5...0{,}6)\,d$.

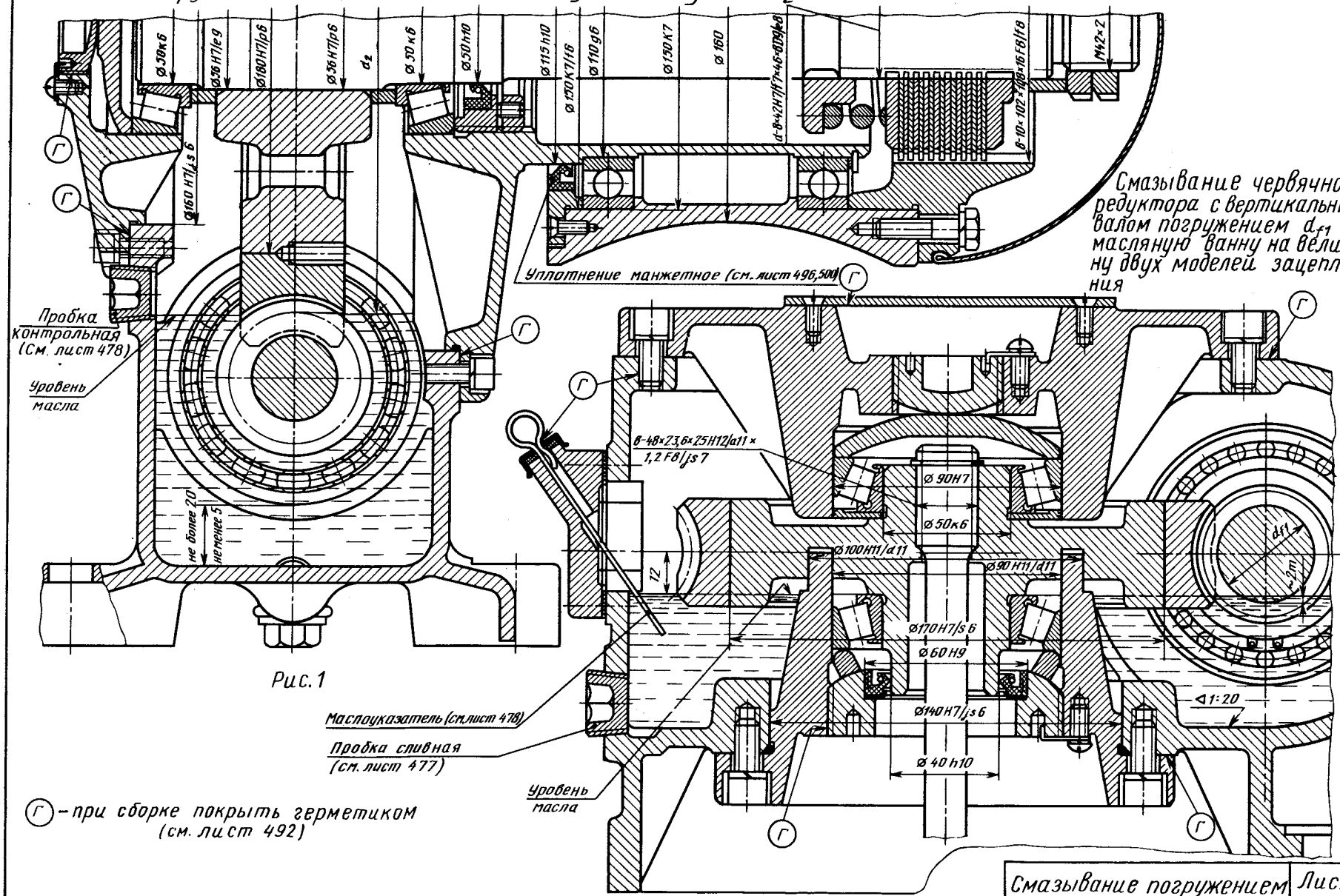
Г – При сборке покрыть герметиком (см. лист 492)

Смазывание конического зацепления	Лист 471



Смазывание погружением для волновой зубчатой передачи	Лист 472

Смазывание червячного редуктора с нижним расположением червяка погружением зацепления в масляную ванну до d_2



Смазывание погружением червячного зацепления

Лист 473

Смазывание двуступенчатого червячного редуктора погружением в масляную ванну быстроходного червяка до d_1

Смазывание червячного редуктора погружением червяка в масляную ванну до d_1

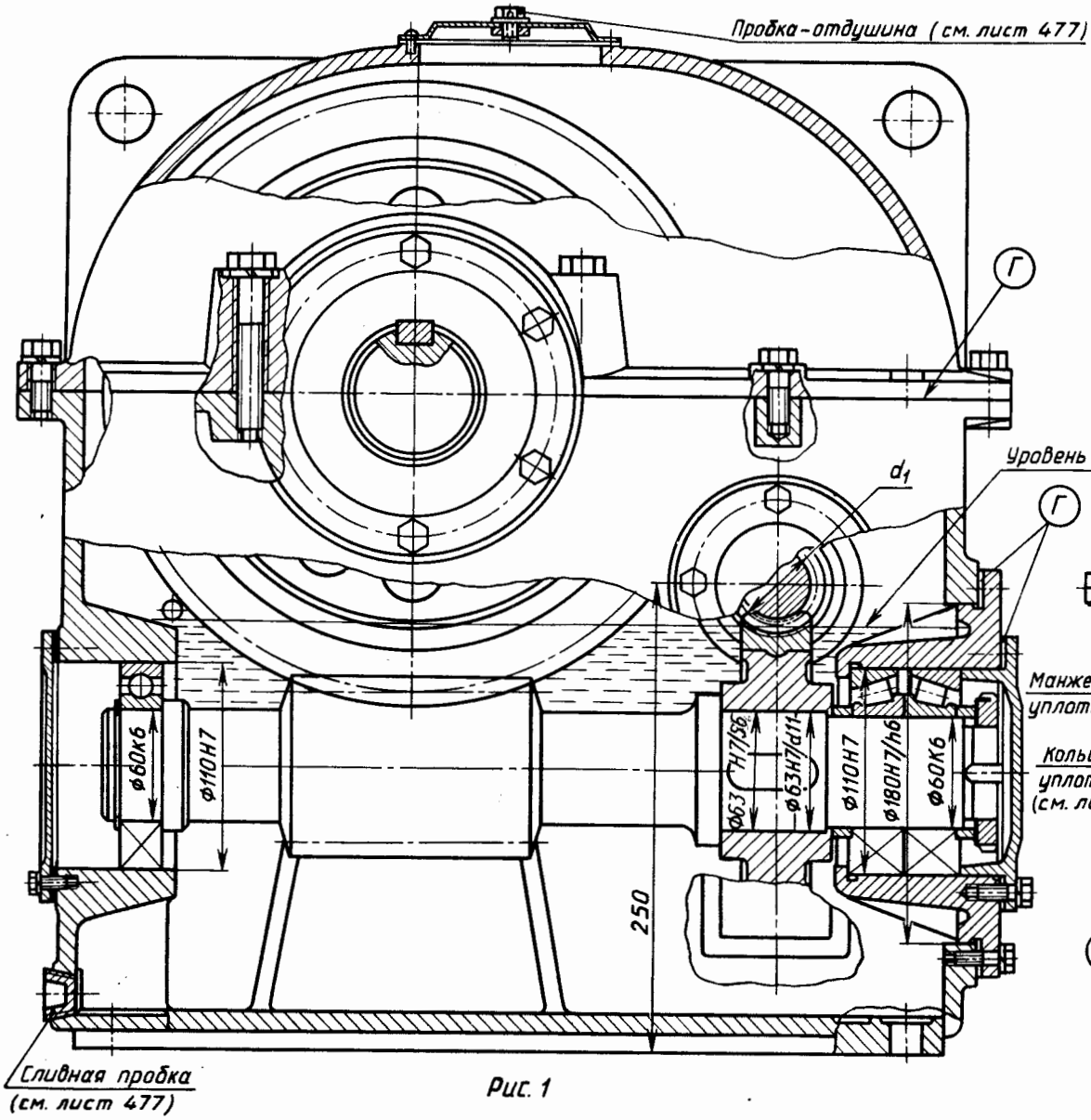


Рис. 1

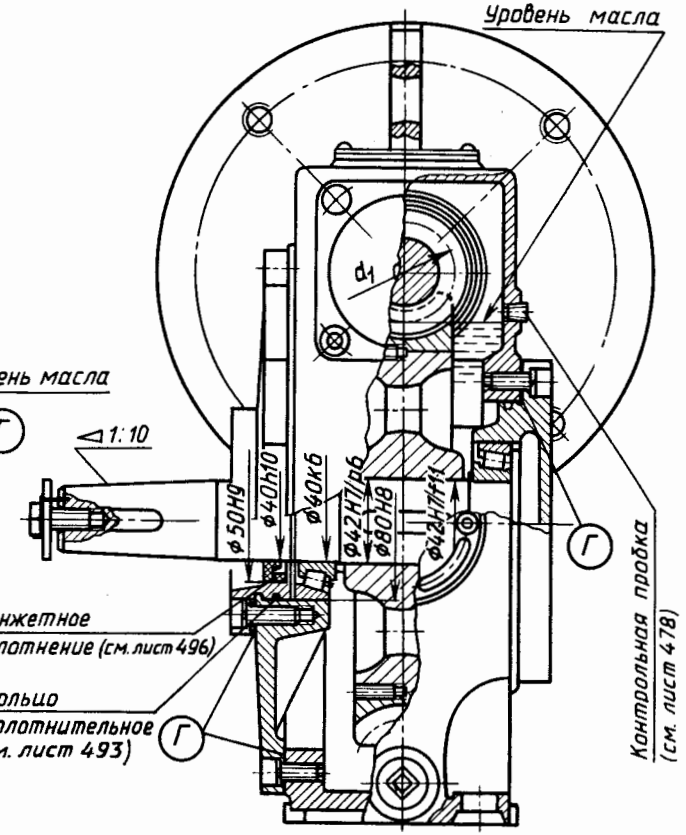


Рис. 2

Г – При сборке покрыть герметиком (см лист 492)

Смазывание погружением редукторов с верхним расположением червяка	Лист 474

Капельное смазывание с помощью инжекции

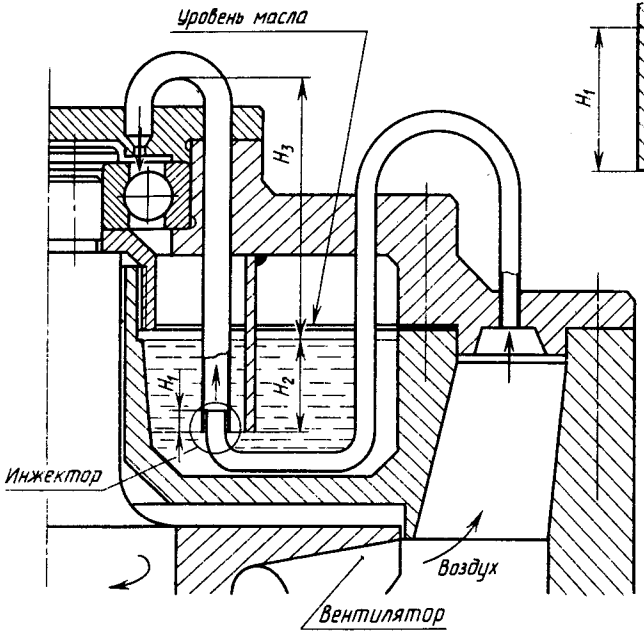
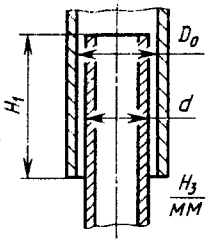


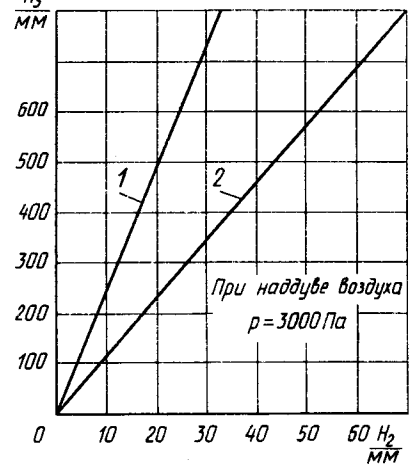
Рис. 1

Инжектор (увеличено)



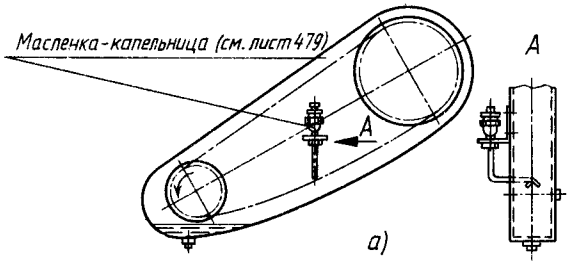
Размеры инжектора

Кривая (см. ниже)		1	2
D_0	мм	4	5,5
d		3	4,5
H_1		5	10

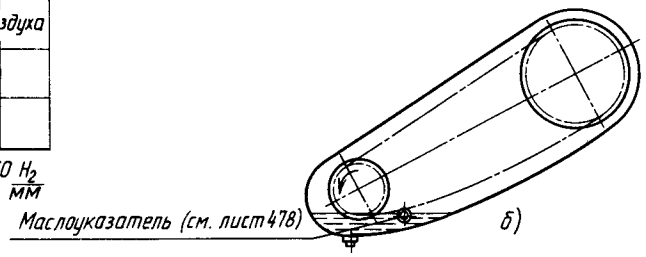


Смазывание цепных передач

капельное фитильной масленкой



погружение цепи в масляную ванну



циркуляционное масляным насосом

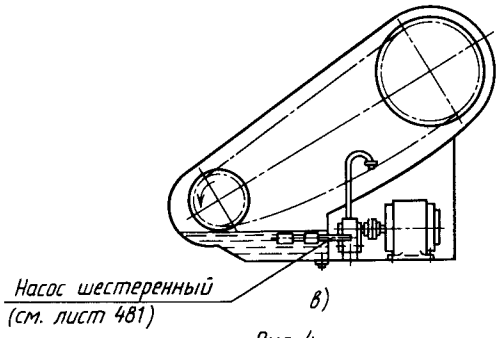


Рис. 4

Ротапринтное смазывание направляющих

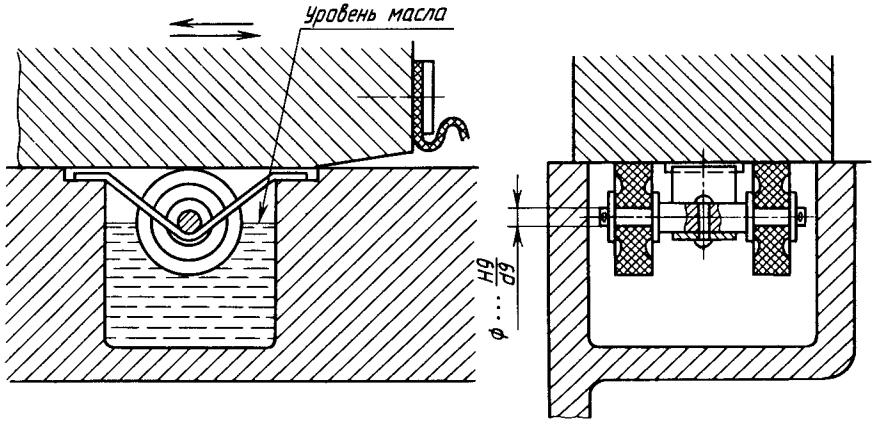


Рис. 2

Фитильное смазывание подшипника скольжения

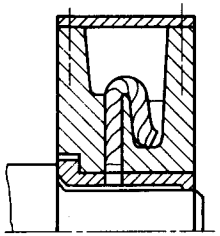


Рис. 3

Смазывание различных узлов	Лист 475

Винтовой канавкой

Циркуляционное смазывание самоподъемом масла при вращении вертикального вала

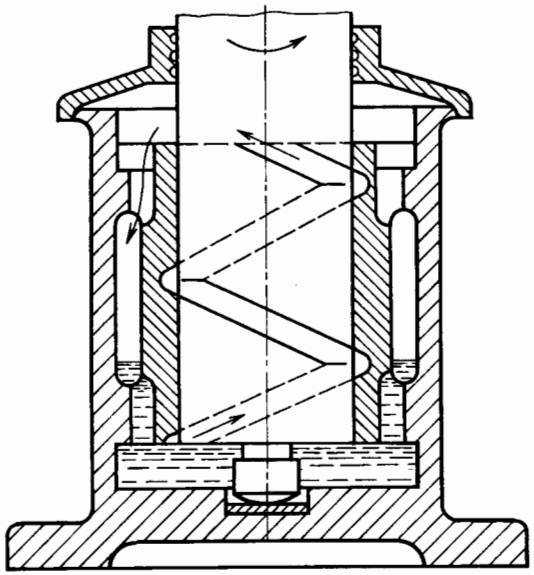


Рис. 1

Вращ ейся конической насадкой

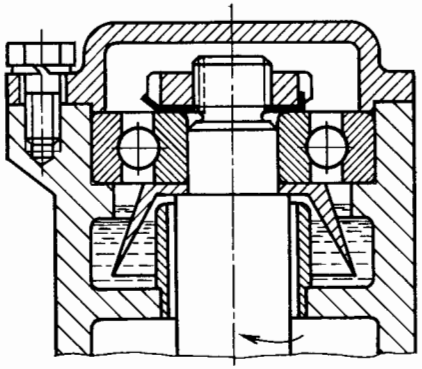


Рис. 3

Трубками Пито

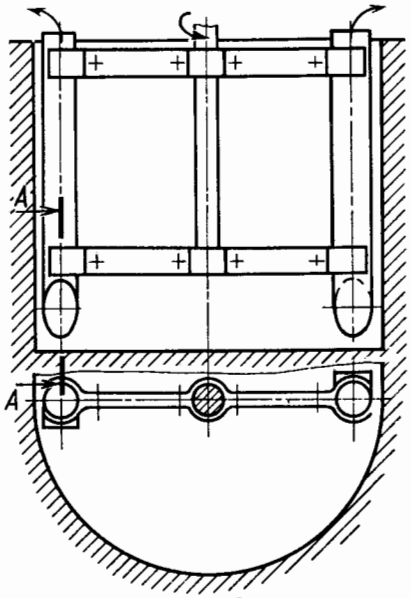
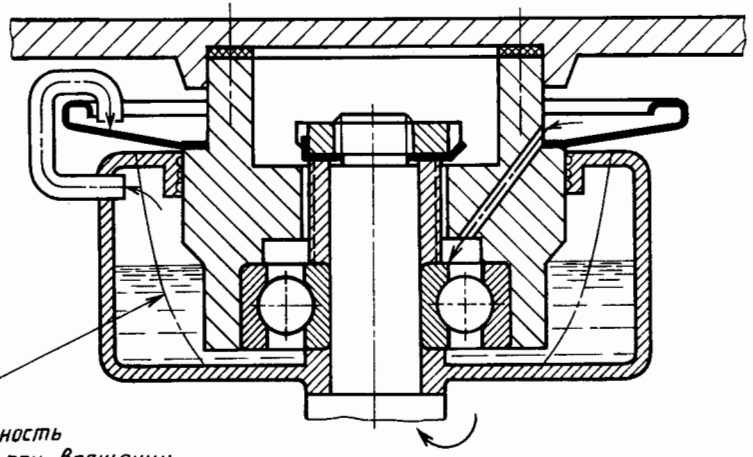


Рис. 2

А–А (увеличено)

Вращающимся резервуаром с маслом



Поверхность масла при вращении

Рис. 4

Смазывание узлов вертикальных валов	Лист 476

Магнитная пробка с конической резьбой для маслоспускного отверстия

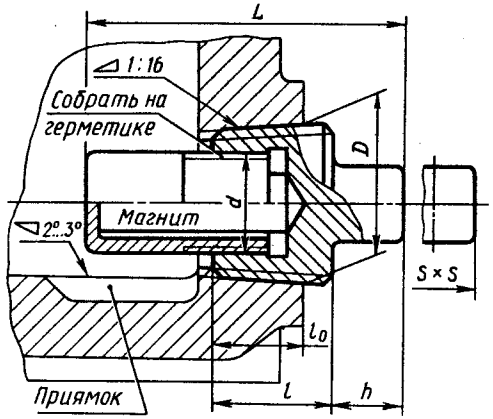


Рис. 1

Размеры, мм

D резьбы, ГОСТ 6111-52	L	l	l_0	d резьбы	h	S×S
К 3/4" (26,6мм)	42	14	8,6	М16×1	10	14×14
К 1" (33,2мм)	48	17,5	10,2	М20×1	12	17×17

Магнитная пробка с цилиндрической резьбой для маслоспускного отверстия:

с плоской медной прокладкой — с плоской неметаллической прокладкой — с резиновым кольцом круглого сечения (ГОСТ 9833-73)

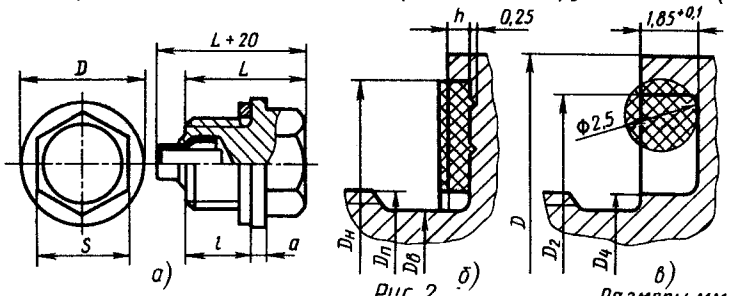


Рис. 2

Размеры, мм

d резьбы	D	L	l	a	S	Плоская прокладка: Канавка $D_н$	$D_в$	h	Размер прокладки см. лист 494	Кольцо резиновое: Канавка D_2	d_4	Условное обозначение
М20×1,5	30	28	12	4	22	26	18	1,25		25	18	021-025-25
М24×1,5	34	28	12	4	22	30	22			29	22	025-029-25
М27×2	38	34	16	4	27	32	24			31	24	027-031-25
М30×2	42	36	16	4	32	36	27	1,75		34	27	030-034-25
М33×2	45	36	16	4	32	40	31			38	31	034-038-25
М36×3	50	45	24	5	36	43	33			40	33	036-040-25
М42×3	55	47	24	5	41	49	38			45	38	041-045-25

Заливная коническая пробка-отдушина с воздушным фильтром

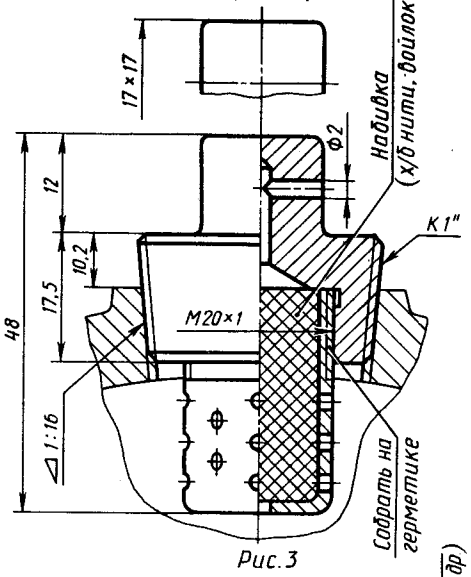


Рис. 3

Крышка-отдушина для смотрового (заливного) лючка:

плоская с проушиной — тонкостенная штампованная с воздушным фильтром

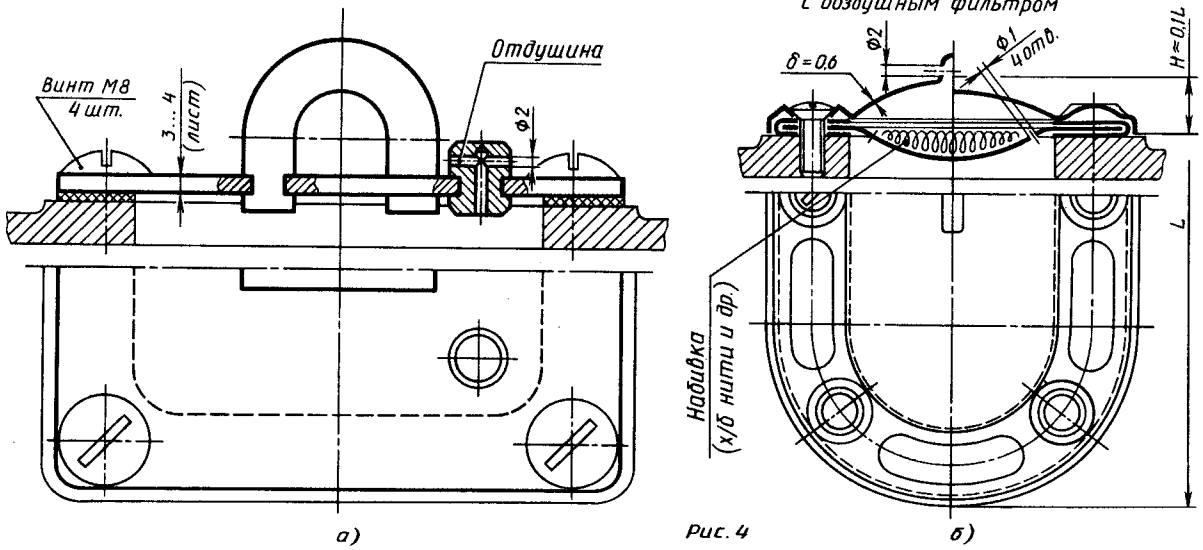


Рис. 4

Заливная цилиндрическая пробка-отдушина с воздушным фильтром

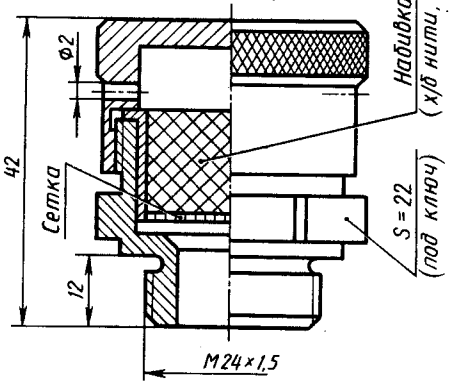
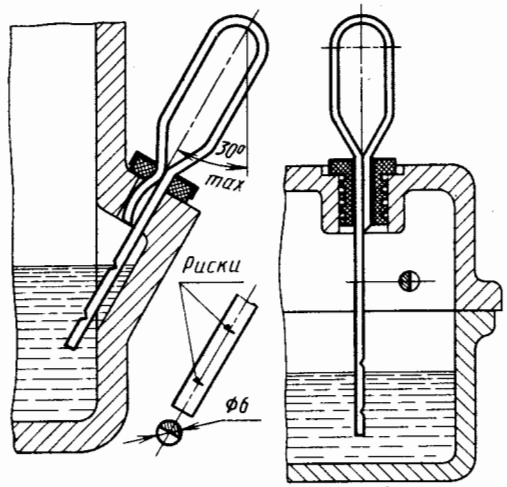


Рис. 5

Пробки и крышки-отдушины	Лист 477

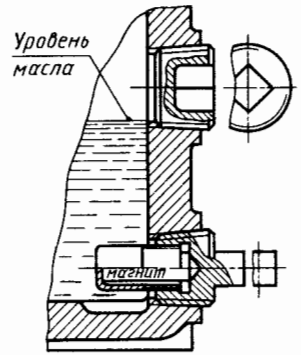
Маслоуказатели жезловые



а) Рис.1 б)

Маслоуказатели пробочные

с одной пробкой



а)

с двумя пробками

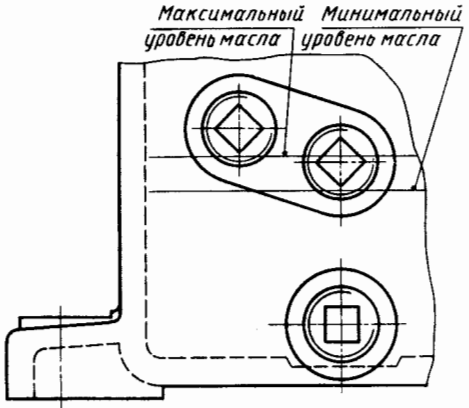
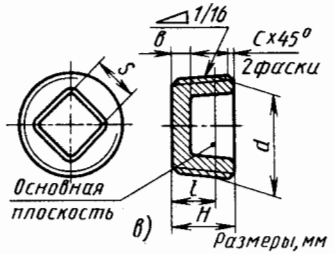


Рис.2 б)

размеры конических пробок



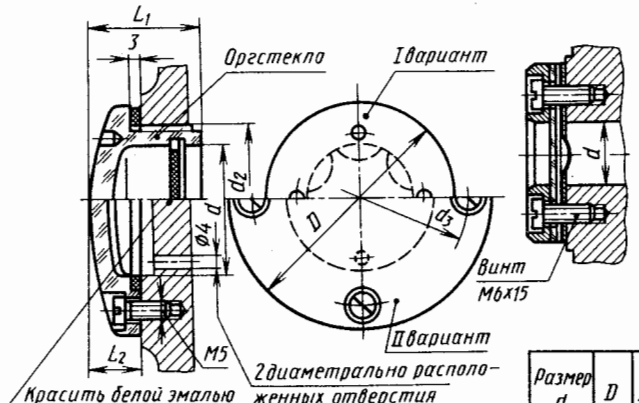
в)

Размеры, мм

Резьба коническая ГОСТ 6111-52	d	L	H	b	C	S
К 1/2"	21,2	8,13	13,5	4	1,6	8
К 3/4"	26,6	8,61	14,0	4,5	1,6	12
К 1"	33,2	10,16	17,5	5	2,0	14

Маслоуказатели фонарные

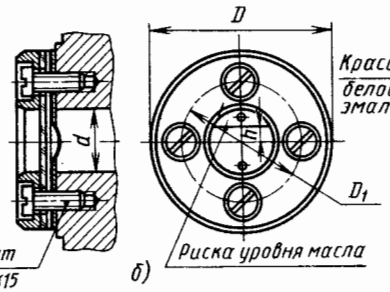
Круглый с охранным кольцом



а)

Размеры, мм

d	D	d_2 резьбы	d_3	L_1	L_2
16	30	M22x1,5	—	20	—
20	40	M27x1,5	—	22	—
32	50	M39x1,5	—	26	—
50	70	M60x2	—	32	—
32	60	—	49	—	12
50	80	—	69	—	16



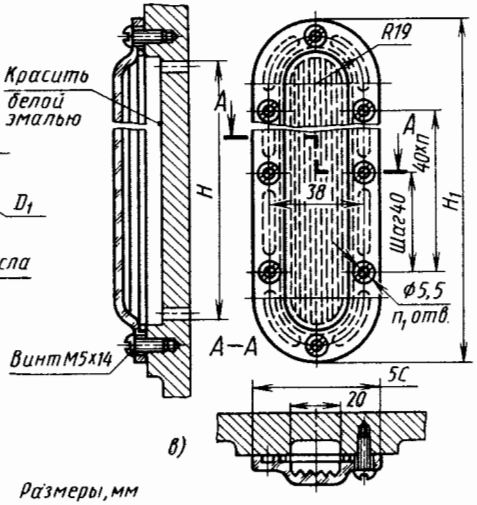
б)

Размеры, мм

Размер d	D	$D_1 \pm 0,2$	h	Число винтов
20	55	40	6	4
32	70	53	8	4
50	90	72	12	8

Рис.3

Удлиненный



в)

Размеры, мм

H	H_1	Число шагов n	Число отверстий n_1
82	112	1	6
122	152	2	8
162	192	3	10

Маслоуказатель — краник

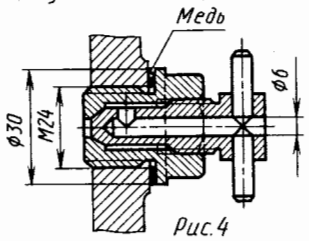


Рис.4

Маслоуказатель поплавковый

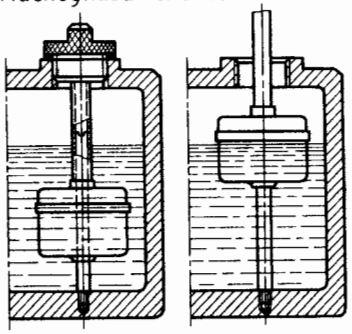


Рис.5

Маслоуказатели	Лист 478

Масленка наливная капельная с запорной иглой

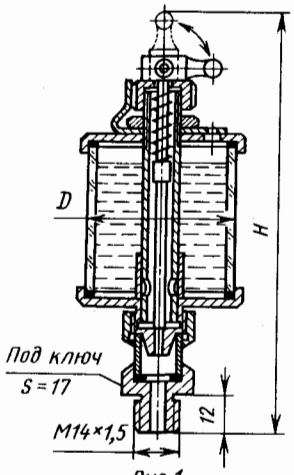


Рис.1

№ масленки	Объем, см³	H, мм	D мм
16	16	115	35
25	25	115	40
50	50	125	45
100	100	145	50

Масленка фитильная

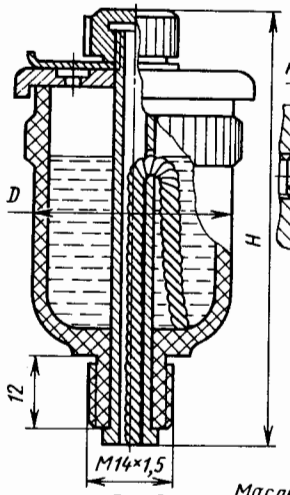
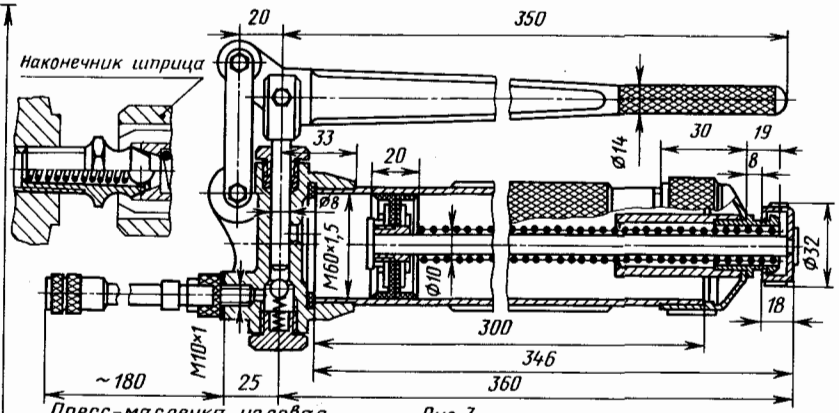


Рис.2

№ масленки	Объем, см³	H, мм	D, мм
12	12	62	28
25	25	70	38
50	50	80	48

Шприц плунжерный



Пресс-масленка угловая
Тип 2 по ГОСТ 19853-74

Рис.3

Масленка мембранная

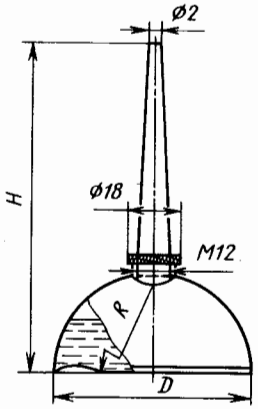
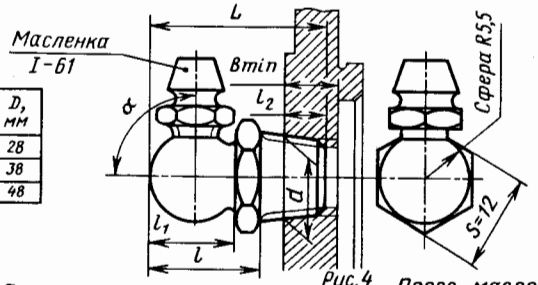


Рис.8

Размеры, мм

Объем, л	D±1	H±5	R±1
0,05	60	100	200
0,10	75	110	250
0,15	85	130	300
0,20	95	135	300



Пресс-масленка прямая
Тип 1 по ГОСТ 19853-74

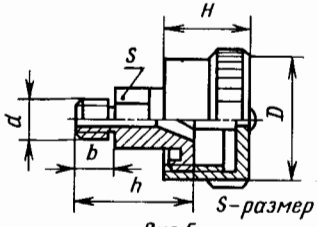
Рис.4

Пресс-масленка под запрессовку
(только для жидкого масла)
Тип 3 по ГОСТ 19853-74

Размеры, мм

Груп-па	d резьбы	L	l	L_1	l_2
А	К1/8"-10,272	22	14	10,5	4,572
Б	М6×1 коническ.	20	13	10,5	4
В	М10×1	22	14	10,5	—

Масленка колпачковая по ГОСТ 20905-75



S-размер под ключ

Рис.5

Размеры, мм

№ масленки	Объем, см³	d резьбы	b	h	H	D	S
1,6	1,6	M10×1	10	14	14	18	12
3,2	3,2			15	15	22	
6,3	6,3			18	17	31	
12,5	12,5	M14×1,5	12	20	20	38	17
25	25			26	24	48	
50	50			32	30	58	
100	100			40	38	68	
200	200	M20×1,5	15	47	48	85	22
400	400			60	60	110	

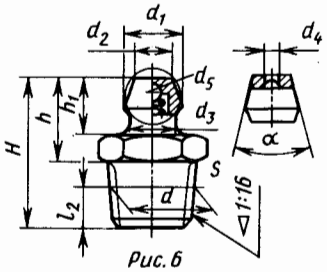


Рис.6

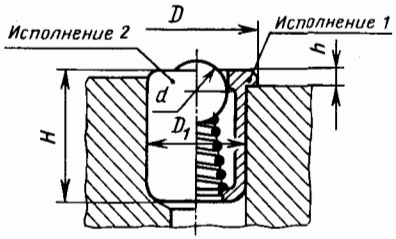


Рис.7

Размеры, мм

№ масленки	H	D	D_1(f8)	h	d
1	6	8	6	1	3
2	12	12	10	1,5	6
3	20	18	16	2	11
4	30	28	25	3,5	18

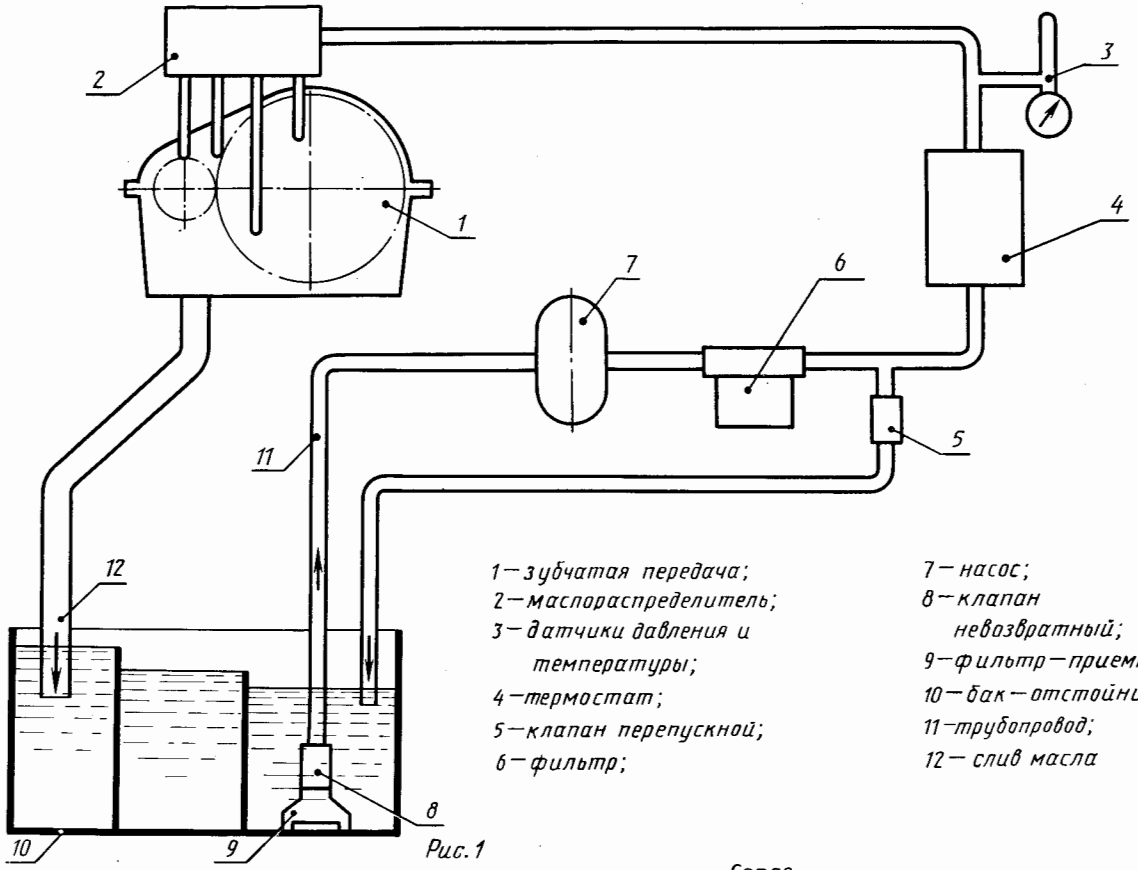
Размеры, мм

Груп-па	№ мас-ленки	d резьбы	H	h	h_1	d_1	d_2	d_3	d_4	α	l_2	S	d_5
А	1	К1/8"-10,272	18	10	7	6,7	4,5	5,8	2	48°	4,572	12	2,5
	2	К1/4"-13,572	28	16	11,5	10	5,2	8	4,5	60°	5,08	14	5
Б	1	М6×1 коническ.	13	8	6	6,7	4,5	5,8	2	48°	2	8	2,5
	2	М6×1 коническ.	18	8	6	6,7	4,5	5,8	2	48°	4	8	2,5
В	—	М10×1	18	10	7	6,7	4,5	5,8	2	48°	—	11	2,5

Масленки

Лист 479

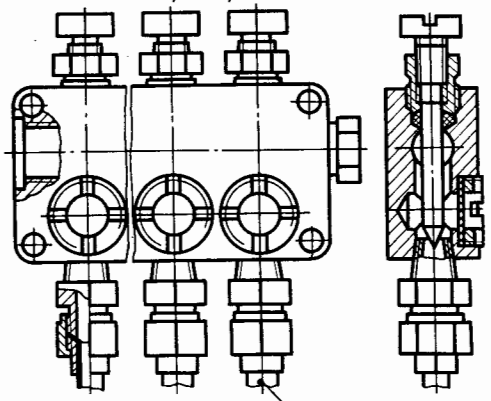
Схема циркуляционной смазочной системы



1 — зубчатая передача;
2 — маслораспределитель;
3 — датчики давления и температуры;
4 — термостат;
5 — клапан перепускной;
6 — фильтр;
7 — насос;
8 — клапан невозвратный;
9 — фильтр — приемник;
10 — бак — отстойник;
11 — трубопровод;
12 — слив масла

Рис. 1

Маслораспределитель



Число отводов 2—4—6

Рис. 2

Фильтр — приемник

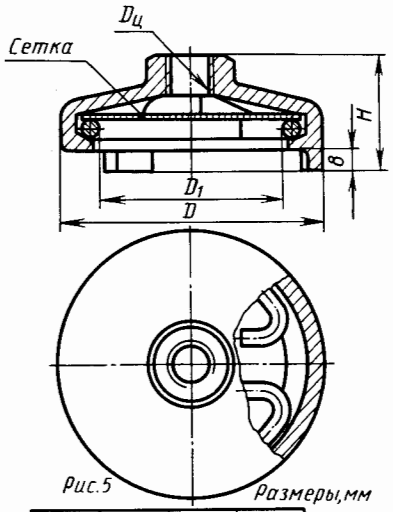
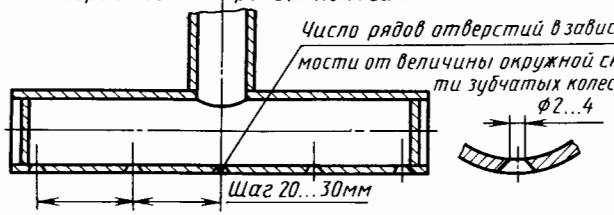


Рис. 5

Размеры, мм

$D_ц^*$	D	D_1	H
G1/2—A	120	107	42
G3/4—A	150	132	52

Коллектор для подачи жидких смазочных материалов к широким колесам



Длина и форма - конструктивно.

Рис. 3

Сопло

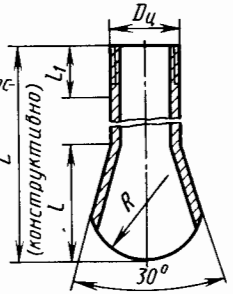


Рис. 4

Размеры, мм

$D_ц^*$	l_1	l	R	b
G1/4—A	11	22	10	0,4
G3/8—A	13	25	12	0,5
G1/2—A	16	32	16	0,6
G3/4—A	19	40	22	0,8

* $D_ц$ — трубная цилиндрическая резьба по ГОСТ 6357—61

Циркуляционная смазочная система	Лист 480

Присоединение насосов типа ВГ11-11, ВГ11-11А к корпусу

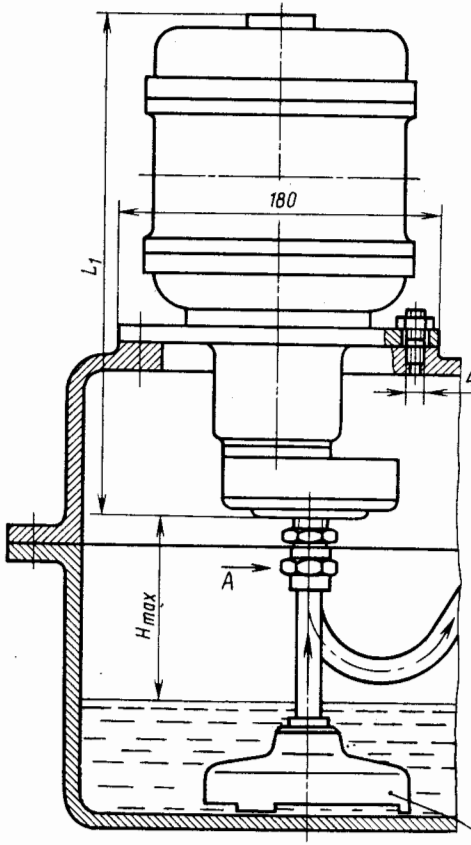
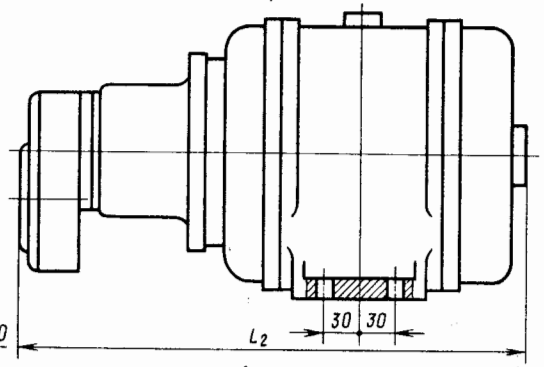
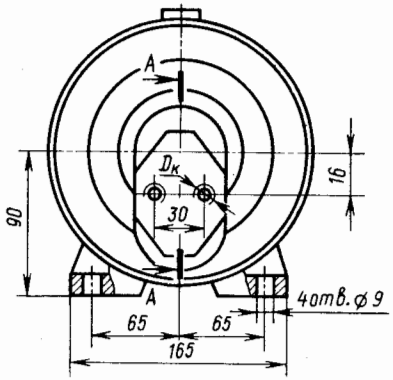


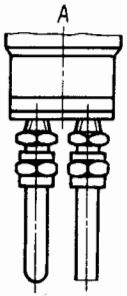
Рис.1

Насос шестеренный с электродвигателем

Насос типа БГ-11 и БГ11-11А
Рабочее давление p_p 0,5 МПа, мощность двигателя 0,25 кВт

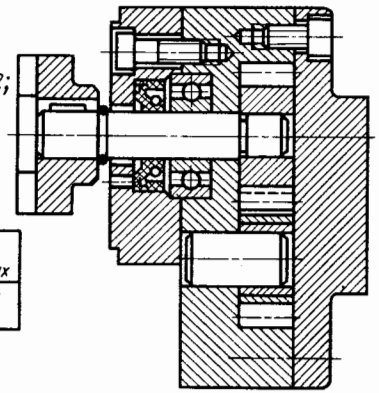






P – потребляемая мощность, кВт;
n – наибольшая частота вращения, $мин^{-1}$;
Q – производительность насоса, л/мин;
H_{max} – высота всасывания, м;
$D_к$ – резьба коническая дюймовая по ГОСТ 6111-52;
d – резьба трубная цилиндрическая по ГОСТ 6357-81

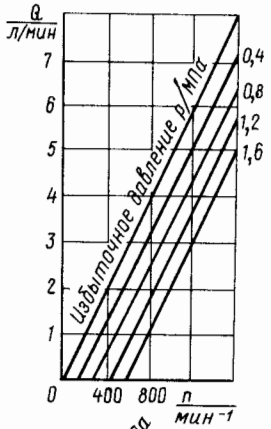
A–A



Тип насоса	Размеры, мм			$D_к$	H_{max}
	Q	L_1	L_2		
БГ11-11, ВГ11-11	8	344	344	К3/8"	0,5
БГ11-11А, ВГ11-11А	5	340	340	К1/4"	

Рис.2

Характеристики насосов типа С11



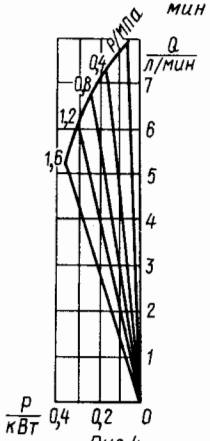


Рис 4

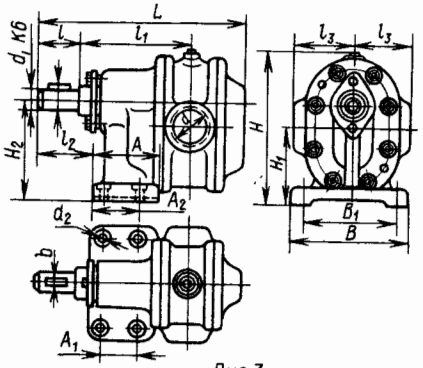
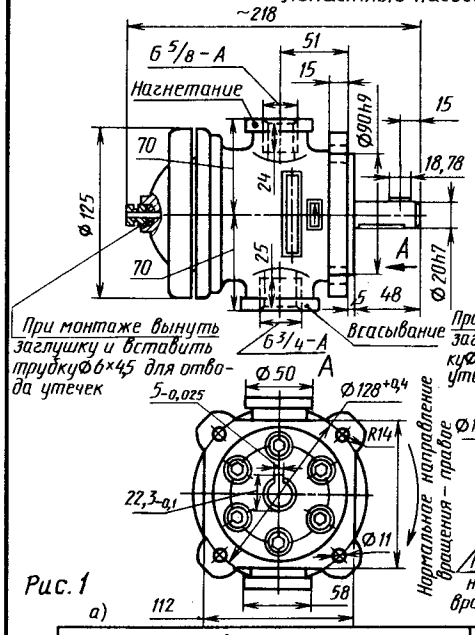


Рис 3

Шестеренный насос конструкции ЭНИМС

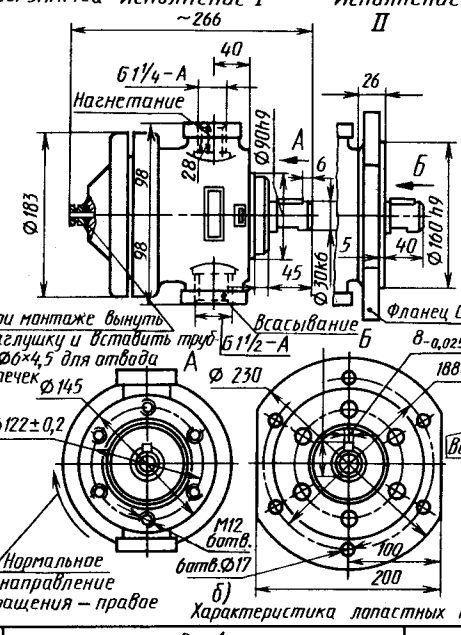
Марка насоса	d	Размеры, мм																	n, $мин^{-1}$	Q, л/мин
		d_1	d_2	H	H_1	H_2	L	l	l_1	l_2	l_3	A	A_1	A_2	B	B_1	b	t		
С11-12	G1/2-A	12	8	90	47	60	125	23	62	26	35	40	–	20	70	50	4	13,5	1500	15
С11-14	G3/4-A	14	10	110	59	75	150	25	75	30	40	48	–	25	80	55	4	15,6		30
С11-16	G1-A	16	12	130	70	90	180	30	94	35	50	58	–	30	95	70	5	18,0	1000	40
С11-17	G1 1/4-A	20	14	170	89	115	215	35	110	40	65	70	32	45	115	90	6	22,5		80

Лопастные насосы ЭНИМСа Исполнение I

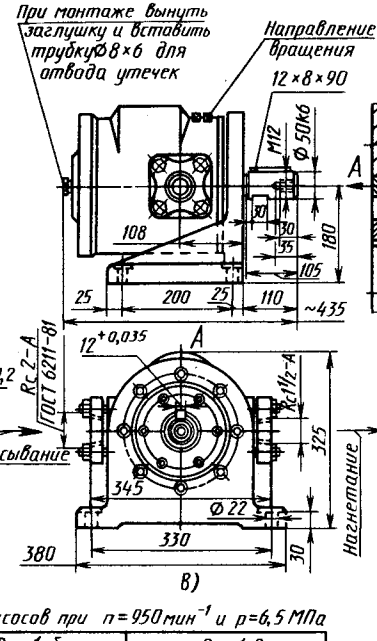


а)

Исполнение II

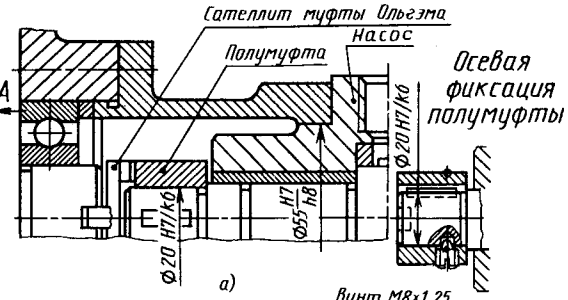


б)

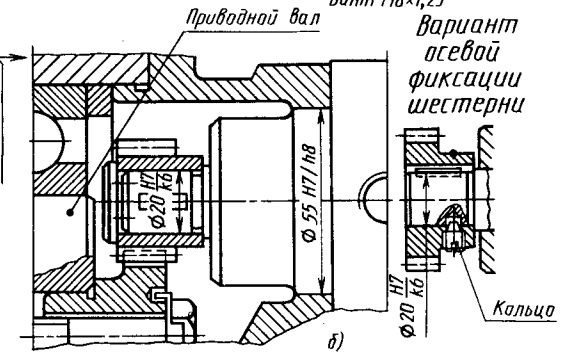


в)

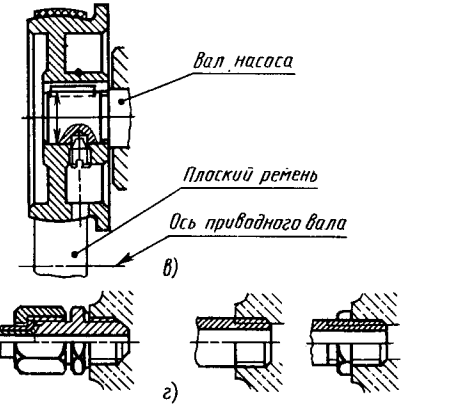
Присоединение насоса С12-12



а)



б)



в)

г)

Рис. 3

Рис. 1

Характеристика лопастных насосов при $n = 950\ мин^{-1}$ и $p = 6{,}5$ МПа

Наименование показателей	Рис. 1, а						Рис. 1, б			Рис. 1, в		
Производительность, л/мин	5	8	12	18	25	35	50	70	100	150	170	200
Приводная мощность, квт	1,12	1,5	2,0	2,8	3,6	4,65	7,4	9,6	12,9	21,2	24,0	28,0
Объемный к.п.д. η_0	0,62	0,71	0,77	0,79	0,85	0,88	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93	0,93
Эффективный к.п.д. η	0,46	0,50	0,63	0,67	0,73	0,79	0,71	0,76	0,81	—	—	—
Высота всасывания, м, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	—	—	—	—

Лопастной насос С12-12 и его характеристики

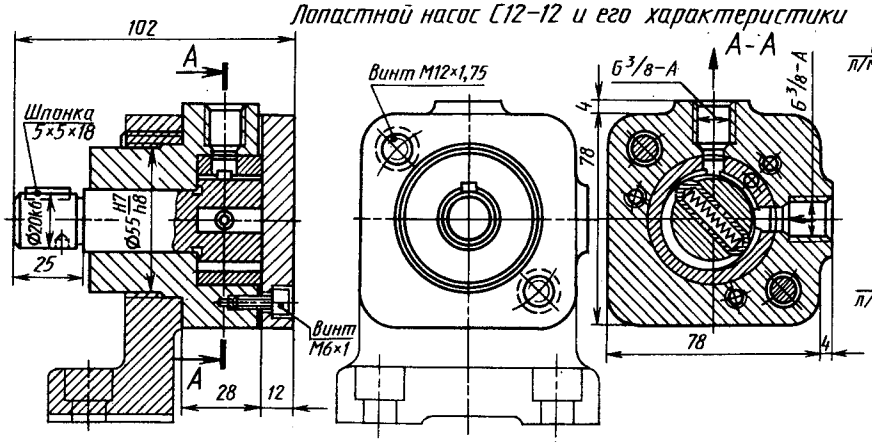
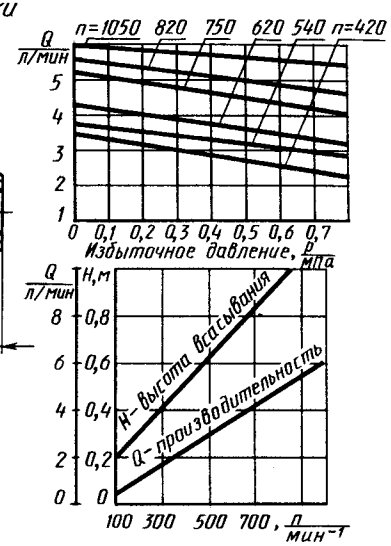


Рис. 2



Насосы лопастные (шиберные)	Лист 482

Плунжерный насос типа 1
С13-11, С13-12, С13-13, С13-14

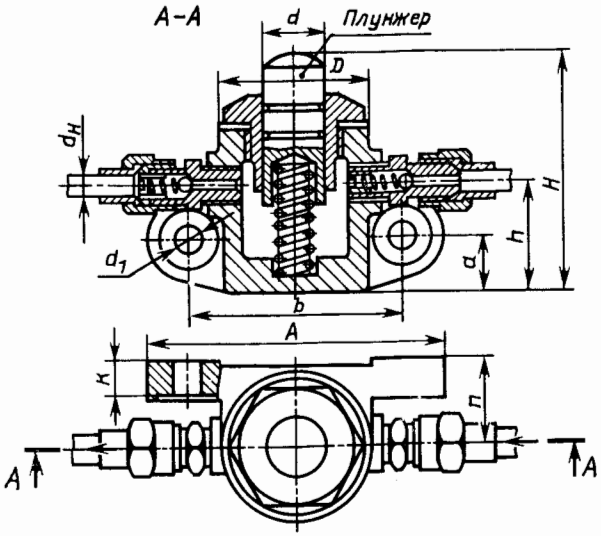


Рис. 1

Плунжерный насос типа 2
ШС13-11, ШС13-12, ШС13-13, ШС13-14

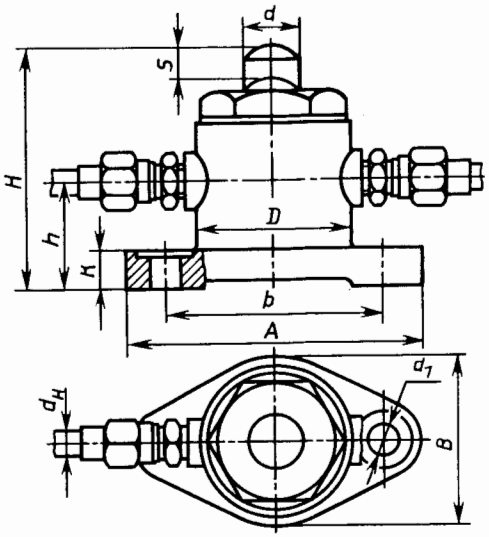


Рис. 2

График для определения производительности насосов

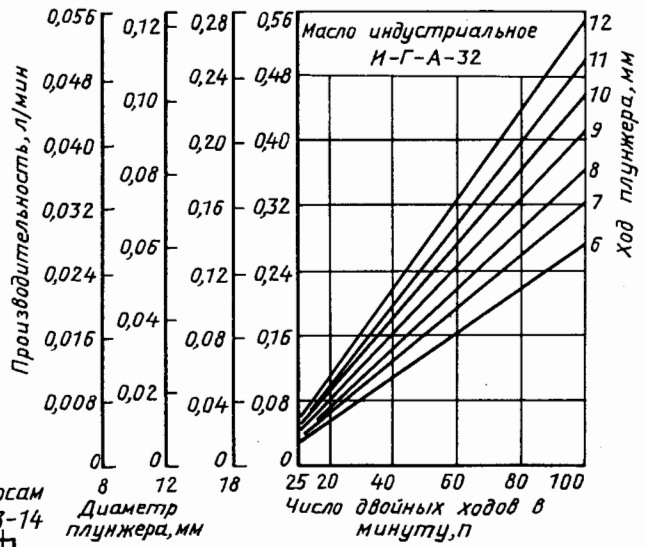


Рис. 4

Присоединение насосов к корпусу

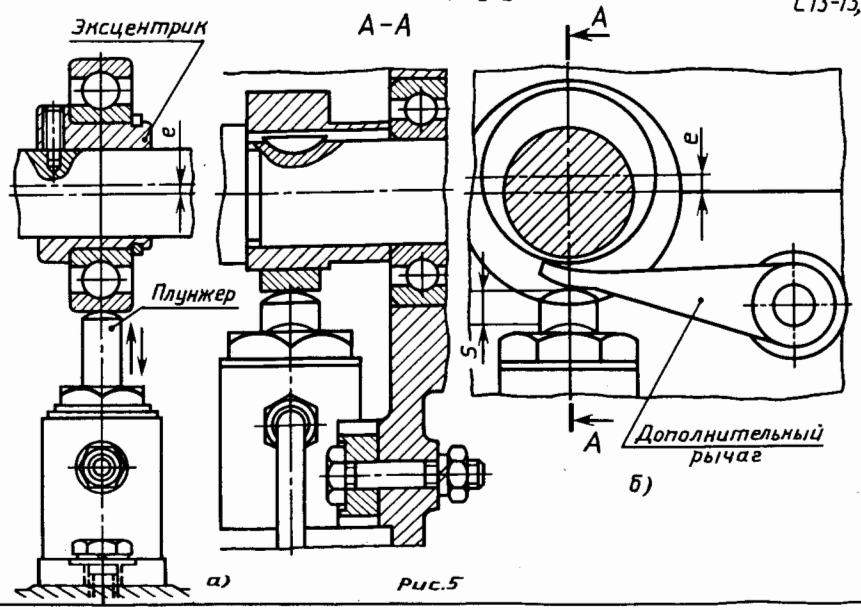


Рис. 5

Плунжер с роликом к насосам
С13-13, ШС13-13, С13-14, ШС13-14

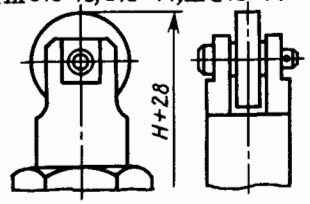


Рис. 3

Q – производительность насоса;
$n_{пр}$ – предельное число двойных ходов плунжера в минуту

Таблица к рис. 1 и 2

Тип насоса	Размеры, мм												$n_{пр}$, ход/мин	Q, л/мин
	d	$d_н$	H	A	a	b	d_1	D	h	n	K	B		
С13-11 ШС13-11	8	8	80	78	15	56	9	32	38	20	10	35	500	См. рис. 4
С13-12 ШС13-12	12													
С13-13 ШС13-13	18	8	90	100	20	76	11	48	45	30	12	55	400	
С13-14 ШС13-14	25												300	

Насосы плунжерные	Лист 483

Соединение штуцером концевое

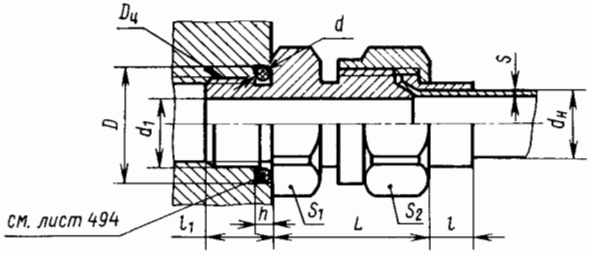


Рис. 1

Для медных труб $p \leq 6{,}3$ МПа
Для стальных труб $p \leq 12{,}5$ МПа

Соединение штуцером концевое

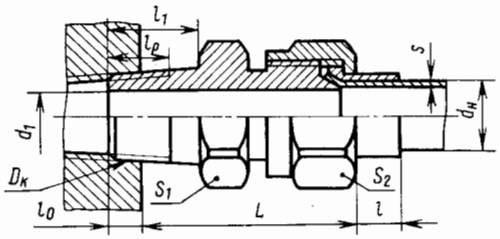


Рис. 2

Размеры, мм

Труба $d_н \times s$		$D_ц$*	d_1	L	l	l_1	Размер „под ключ"		d	D	h
медная	стальная										
4 × 0,5	—	G 1/8-A	2,5	23	7	8	14	12	1,9	13	1,4
6 × 0,8	6 × 0,6		4,0	26	8			14			
8 × 1,0	8 × 0,8	G 1/4-A	5,5	27	9	12	19	17	2,5	18	1,9
10 × 1,0	10 × 1,0		7,5		10			19			
12 × 1,0	12 × 1,0	G 3/8-A	9,5	31	11		24	22		22	
14 × 1,0	14 × 1,0		11	35	12			24			
18 × 1,0	18 × 1,0	G 1/2-A	14	40	13	14	30	30		26	

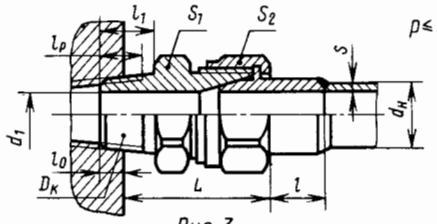
*$D_ц$ – резьба трубная по ГОСТ 6357-81

Размеры, мм

Труба $d_н \times s$		$D_к$*	d_1	L	l	l_1	Размер „под ключ"		l_p	l_0
медная	стальная									
4 × 0,5	—	K1/8"	2,5	26	7	9	12	12	7	4,6
6 × 0,8	6 × 0,6		4,0	29	8		14	14		
8 × 1,0	8 × 0,8	K1/4"	5,5	36	9	14	17	17	9,5	5,1
10 × 1,0	10 × 1,0		7,5	37	10			19		
12 × 1,0	12 × 1,0	K3/8"	9,5	38	11		19	22	10,5	6,1
14 × 1,0	14 × 1,0		11	43	12		24	24		
18 × 1,5	18 × 1,2	K1/2"	14	49	13	19	30	30	13,5	8,1

*$D_к$ – резьба коническая дюймовая по ГОСТ 6111-52

Соединение шаровое концевым штуцером



$p \leq 20$ МПа

Рис. 3

Размеры, мм

Труба $d_н \times s$ стальная ГОСТ 8734-75	$D_к$*	d_1	L	l	l_1	l_p	l_0	Размер „под ключ"	
								S_1	S_2
12 × 2	K 1/4"	8	39	15	14	9,5	5,1	19	22
14 × 2	K 3/8"	10	41	16	14	10,5	6,1	24	24
20 × 2,5	K 1/2"	14	48	19	19	13,5	8,1	30	30
25 × 3	K 3/4"	18	53	20	19	14,0	8,6	36	36
32 × 3,5	K 1"	23	58	22	24	17,5	10,2	41	46
40 × 4	K 1 1/4"	30	66	27	24	18,0	10,7	50	55
50 × 5	K 1 1/2"	36	73	35	26	18,5	10,7	60	65

*$D_к$ – резьба коническая дюймовая по ГОСТ 6111-52

Соединение штуцером проходное

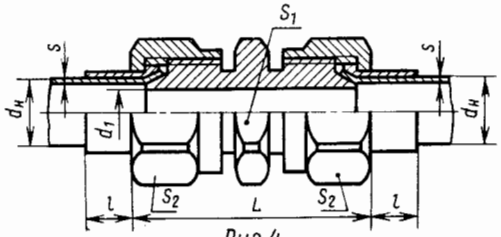


Рис. 4

Размеры, мм

Труба $d_н \times s$		d_1	L	l	Размер „под ключ"	
медная	стальная				S_1	S_2
4 × 0,5	—	2,5	38	7	12	12
6 × 0,8	6 × 0,6	4,0	42	8	14	14
8 × 1,0	8 × 0,8	5,5	44	9	17	17
10 × 1,0	10 × 1,0	7,5	46	10	17	19
12 × 1,0	12 × 1,0	9,5	52	11	19	22
14 × 1,0	14 × 1,0	11,0	59	12	24	24
18 × 1,5	18 × 1,2	14,0	64	13	30	30

Соединенение концевое без ниппеля

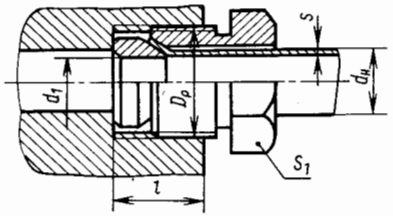


Рис. 5

Размеры, мм

Труба $d_н \times s$		D_p	d_1	l
медная	стальная			
4 × 0,5	—	M10 × 1,0	2,5	10
6 × 0,8	6 × 0,6	M12 × 1,25	4,0	12
8 × 1,0	8 × 0,8	M14 × 1,50	5,5	14
10 × 1,0	10 × 1,0	M16 × 1,50	7,5	16
12 × 1,0	12 × 1,0	M18 × 1,50	9,5	18

Соединения трубопроводов смазочных систем (прямые)

Лист 484

Соединение угловое концевое

Сварной вариант для труб $d_н \geq 12$ мм

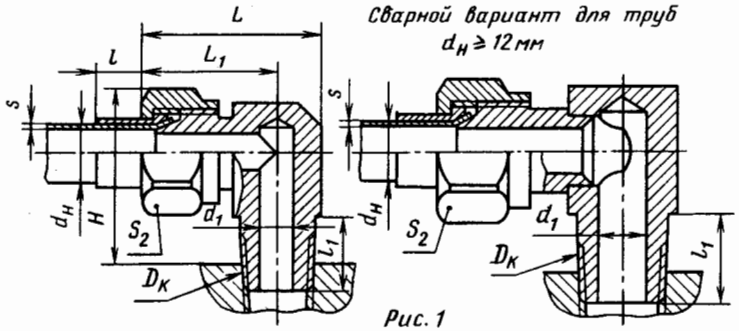


Рис. 1

Труба $d_н \times s$		D_K	d_1	L	L_1	l	l_1	H	Размер „под ключ" S_2
медная	стальная								
4 × 0,5	—	K 1/8"	2,5	32	25	7	9	25	12
6 × 0,8	6 × 0,6		4	33	26	8			14
8 × 1,0	8 × 0,8	K 1/4"	5,5	37	28	9	14	32	17
10 × 1,0	10 × 1,0		7,5	41	32	10		35	19
12 × 1,0	12 × 1,0	K 3/8"	9,5	50	38	11	20	40	22
14 × 1,0	14 × 1,0		11	55	43	12			24
18 × 1,5	18 × 1,2	K 1/2"	14	64	49	13	22	50	30

Соединение тройниковое концевое

Сварной вариант для труб $d_н \geq 10$ мин

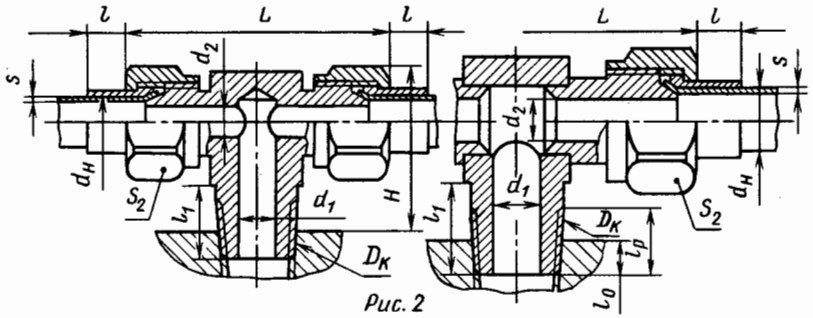


Рис. 2

Труба $d_н \times s$		D_K	d_1	d_2	L	l	l_1	H	Размер „под ключ" S_2	l_p	l_0
медная	стальная										
4 × 0,5	—	K 1/8"	4	2,5	51	7	14,5	21	12	7	4,6
6 × 0,8	6 × 0,6	K 1/4"	5,5	4	56	8		26	14	9,5	5,1
8 × 1,0	8 × 0,8		7,5	5,5	57	9		30	17		
10 × 1,0	10 × 1,0	K 3/8"	9,5	7,5	72	10	20	31	19	10,5	6,1
12 × 1,0	12 × 1,0	K 1/2"	11	9,5	76	11	22	35	22	13,5	8,1
14 × 1,0	14 × 1,0		14	11	92	12		39	24		
18 × 1,5	18 × 1,2	K 3/4"	19	14	104	13	26	47	30	14	8,6

Соединение тройниковое проходное

Труба $d_н \times s$		Труба $d_{н1} \times s_1$		d_1	d_2	L	l	H	l_1	Размер „под ключ"	
медная	стальная	медная	стальная							S_2	S_3
4 × 0,5	—	4 × 0,5	—	2,5	2,5	48	7	30	7	12	12
6 × 0,8	6 × 0,6			4		51	8	32		14	
8 × 1,0	8 × 0,8	6 × 0,8	6 × 0,6	5,5	4	56	9	38	8	17	14
10 × 1,0	10 × 1,0	8 × 1,0	8 × 0,8	7,5	5,5	60	10	40	9	19	17
12 × 1,0	12 × 1,0	10 × 1,0	10 × 1,0	9,5	7,5	67	11	46	10	22	19
14 × 1,0	14 × 1,0	12 × 1,0	12 × 1,2	11	9,5	77	12	50	11	24	22
18 × 1,5	18 × 1,2	14 × 1,0	14 × 1,0	14	11	86	13	60	12	30	24

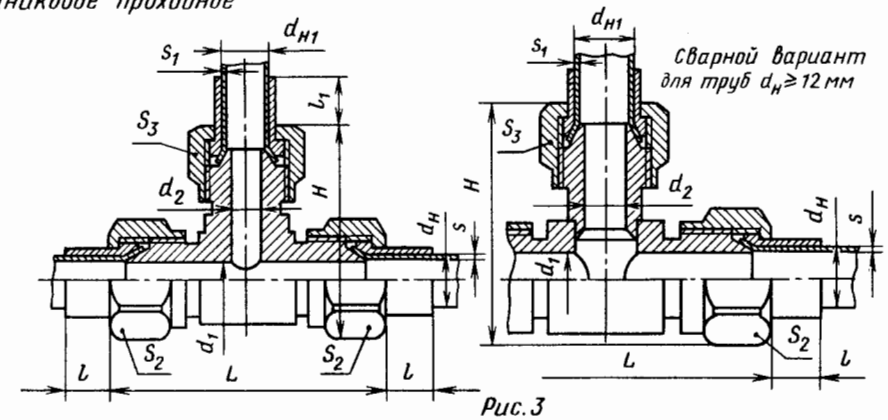


Рис. 3

Примечания:

1. Размеры, кроме $D_ц$ и D_K в мм.
2. $D_ц$ – резьба трубная цилиндрическая по ГОСТ 6357-81, D_K – резьба коническая дюймовая по ГОСТ 6111-52, D_p – резьба метрическая по ГОСТ 9150-81.
3. Трубы медные по ГОСТ 617-72, трубы стальные по ГОСТ 8734-75.

Соединения трубопроводов смазочных систем (угловые и тройниковые)	Лист 485

Пластинчатый фильтр по ГОСТ 21329-75

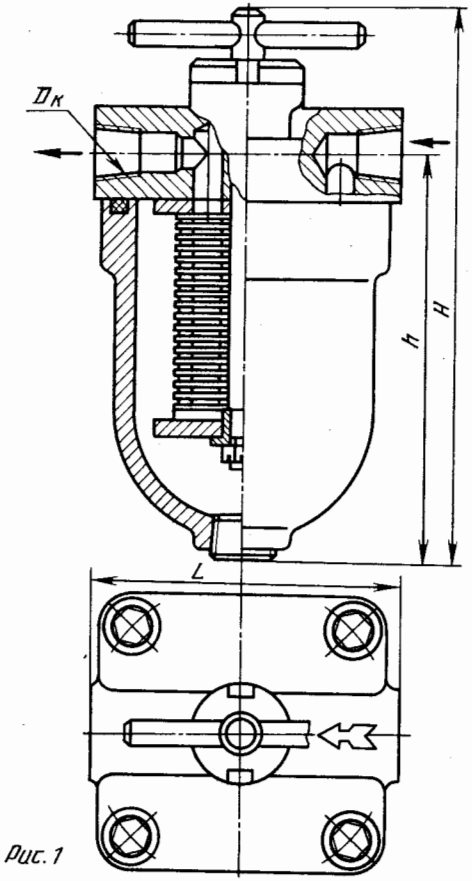


Рис. 1

Войлочный (тканевый) фильтр типа Г43

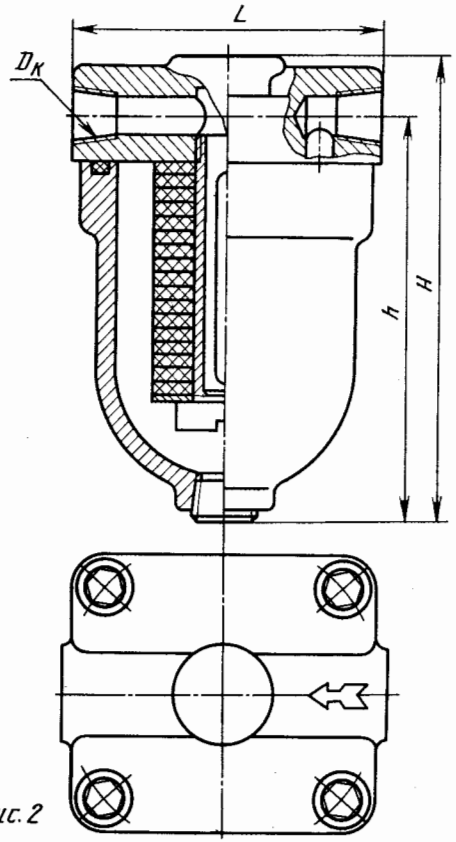


Рис. 2

Магнитно-пластинчатый фильтр типа ФМС

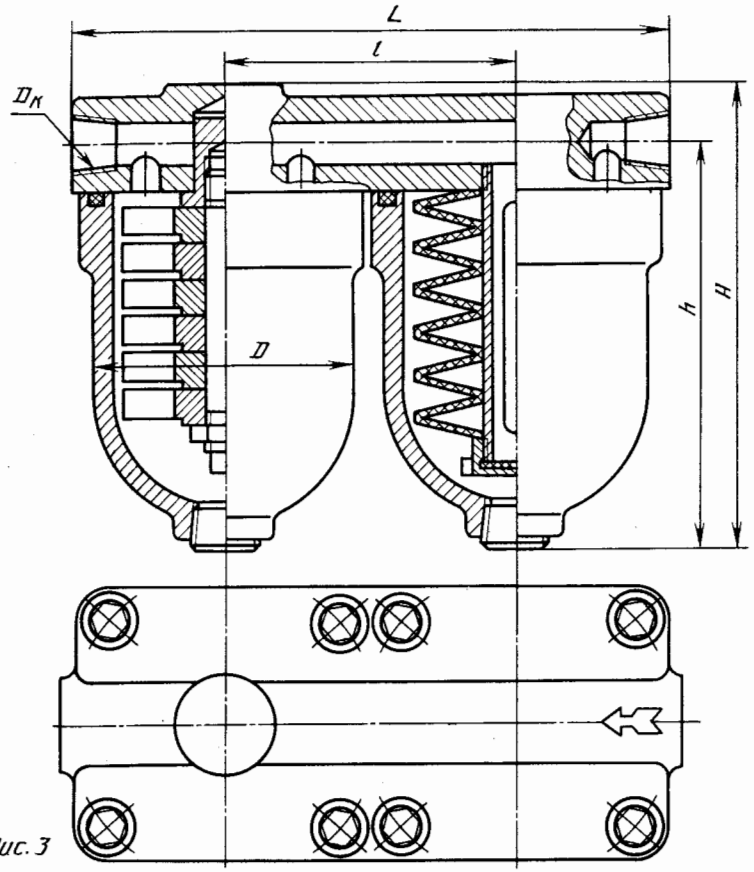


Рис. 3

Типоразмер	Q	P_p	Δp	δ_{min}	$D_к$	h	H	L
1	3,2	6,3	1	0,08	К 3/8"	110	170	90
2	8				К 1/2"	130	190	
3	16				К 3/4"	170	230	115

Q	P_p	Δp	δ_{min}	$D_к$	h	H	L
0,5...0,16	0,6	0,06	0,03...0,01	К 3/8"	110	135	90
1,6...0,5				К 1/2"	170	195	120
2,5...0,8				К 3/4"	205	230	120

Q	P_p	Δp	$\delta_{м\,min}$	δ_{min}	$D_к$	h	H	l	L	D
18	6	1	0,01...0,006	0,08...0,006	К 3/8"	130	160	110	220	100
35					К 1/2"	170	195			

Предохранительный клапан

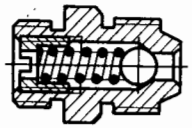


Рис. 4

Q – пропускная способность фильтра, л/мин
P_p – рабочее движение, мпа
Δp – перепад давлений, МПа
δ_{min} – наименьший размер пропускаемых частиц, мм
$\delta_{м\,min}$ – наименьший размер пропускаемых магнитных частиц, мм

Примечание: Все размеры, кроме $D_к$ – в мм; $D_к$ – дюймовая коническая резьба по ГОСТ 6111-52

Узлы смазочных систем (фильтры)	Лист 48б

Схема подачи масляного тумана к подшипникам

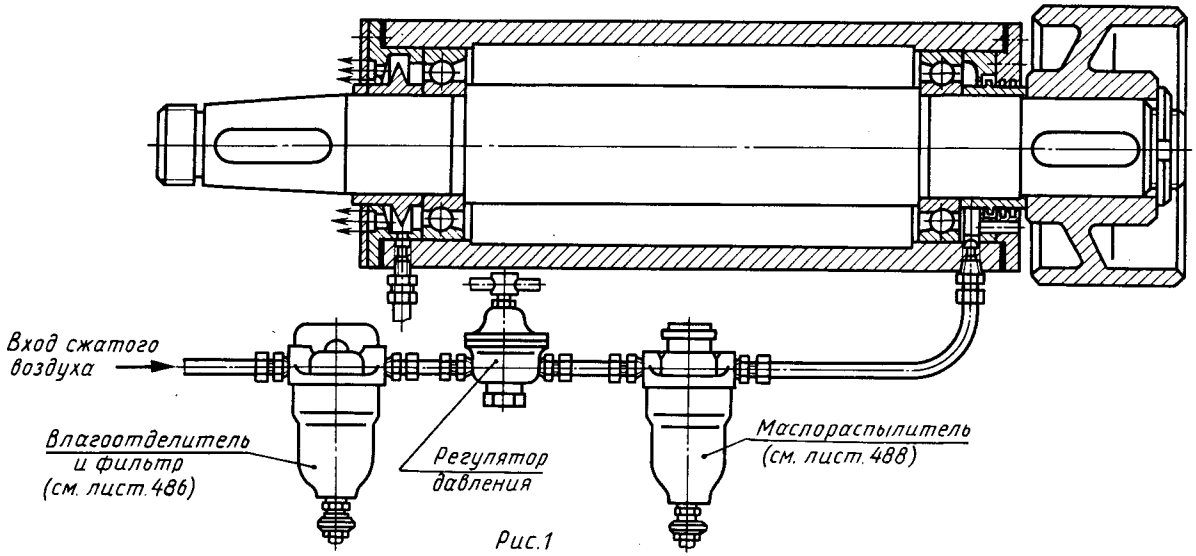


Рис.1

Регулятор давления

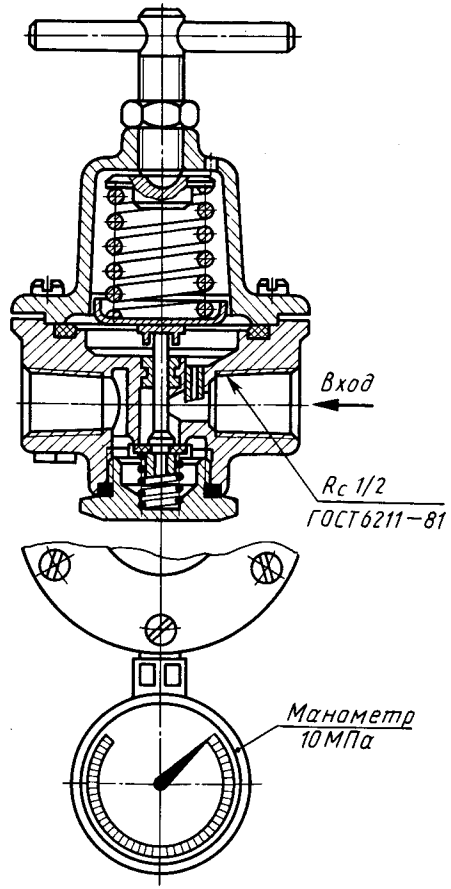


Рис.3

Схема смазывания подшипников бабки токарного станка масляным туманом

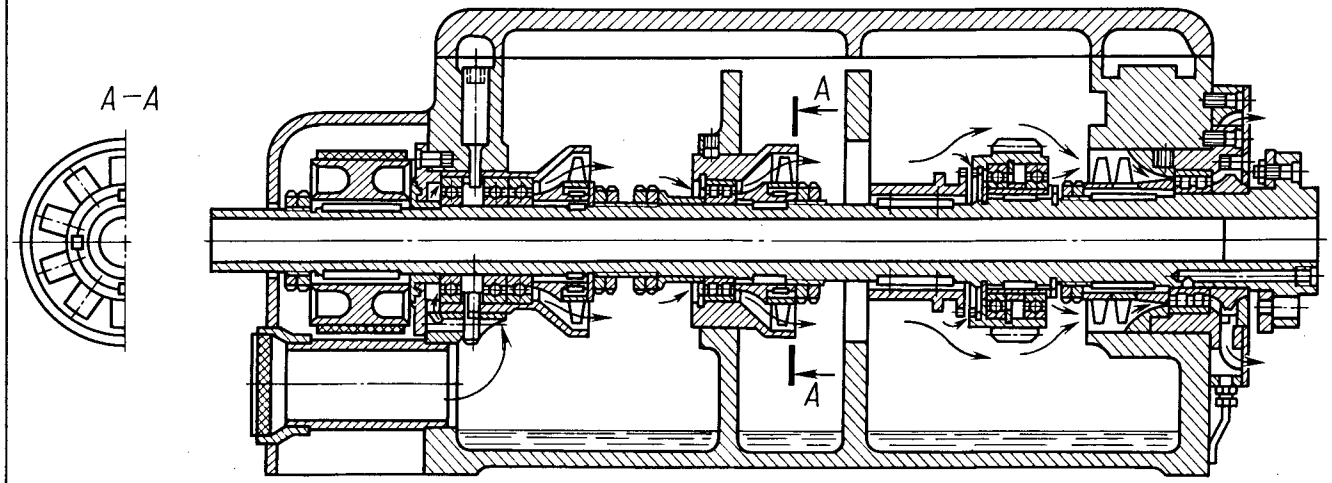


Рис.2

Смазывание подшипников качения масляным туманом	Лист 487

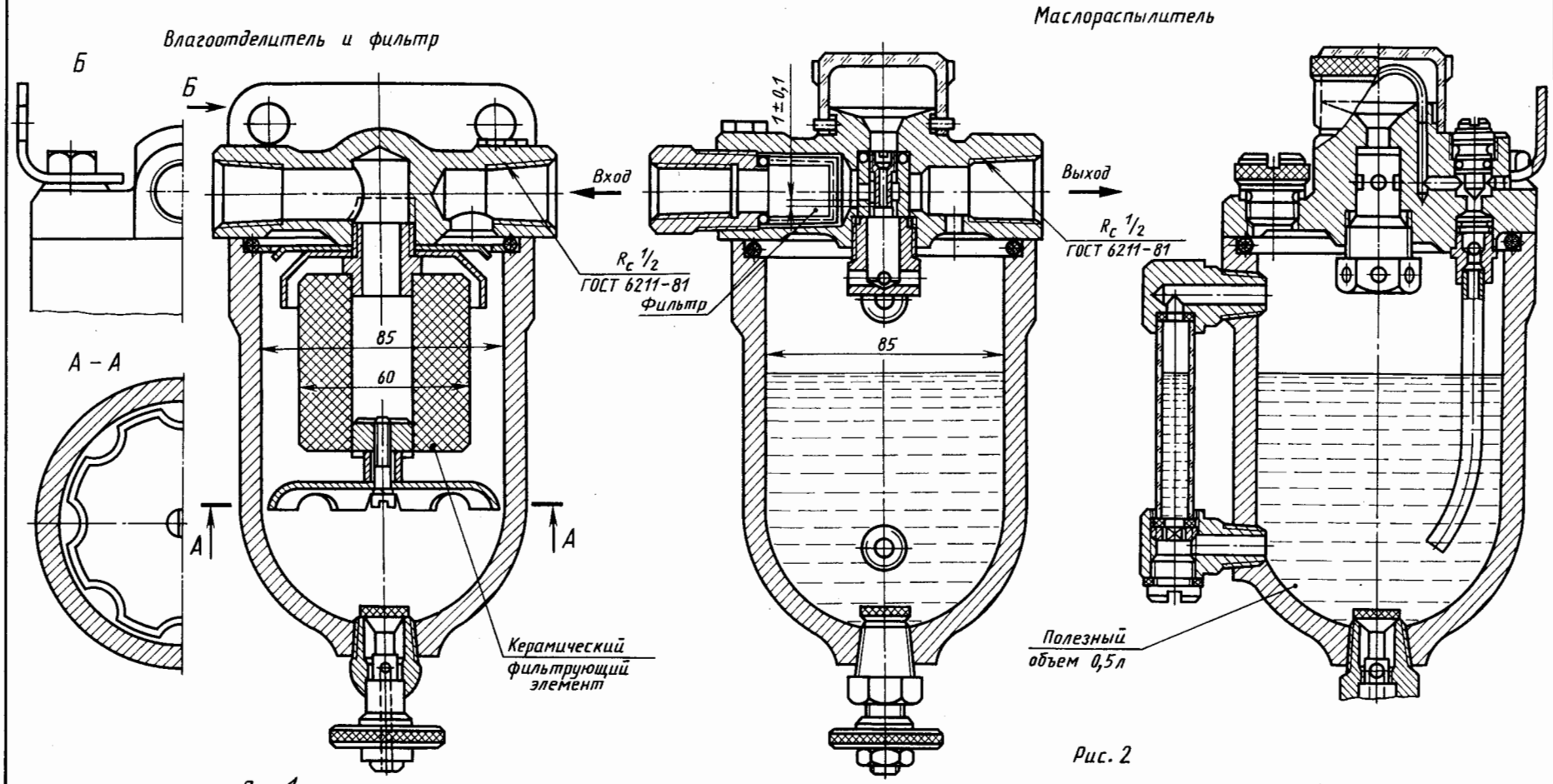
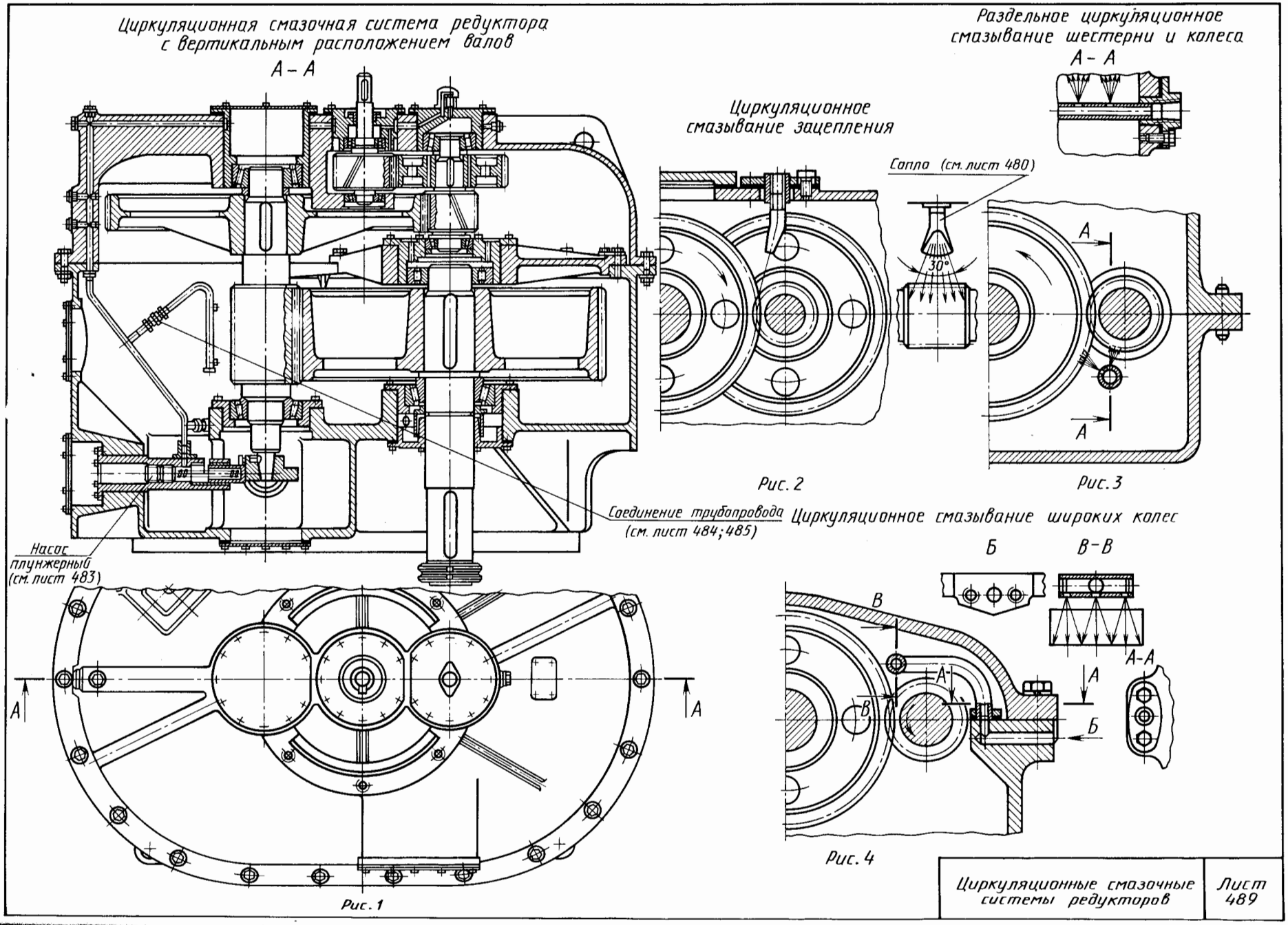
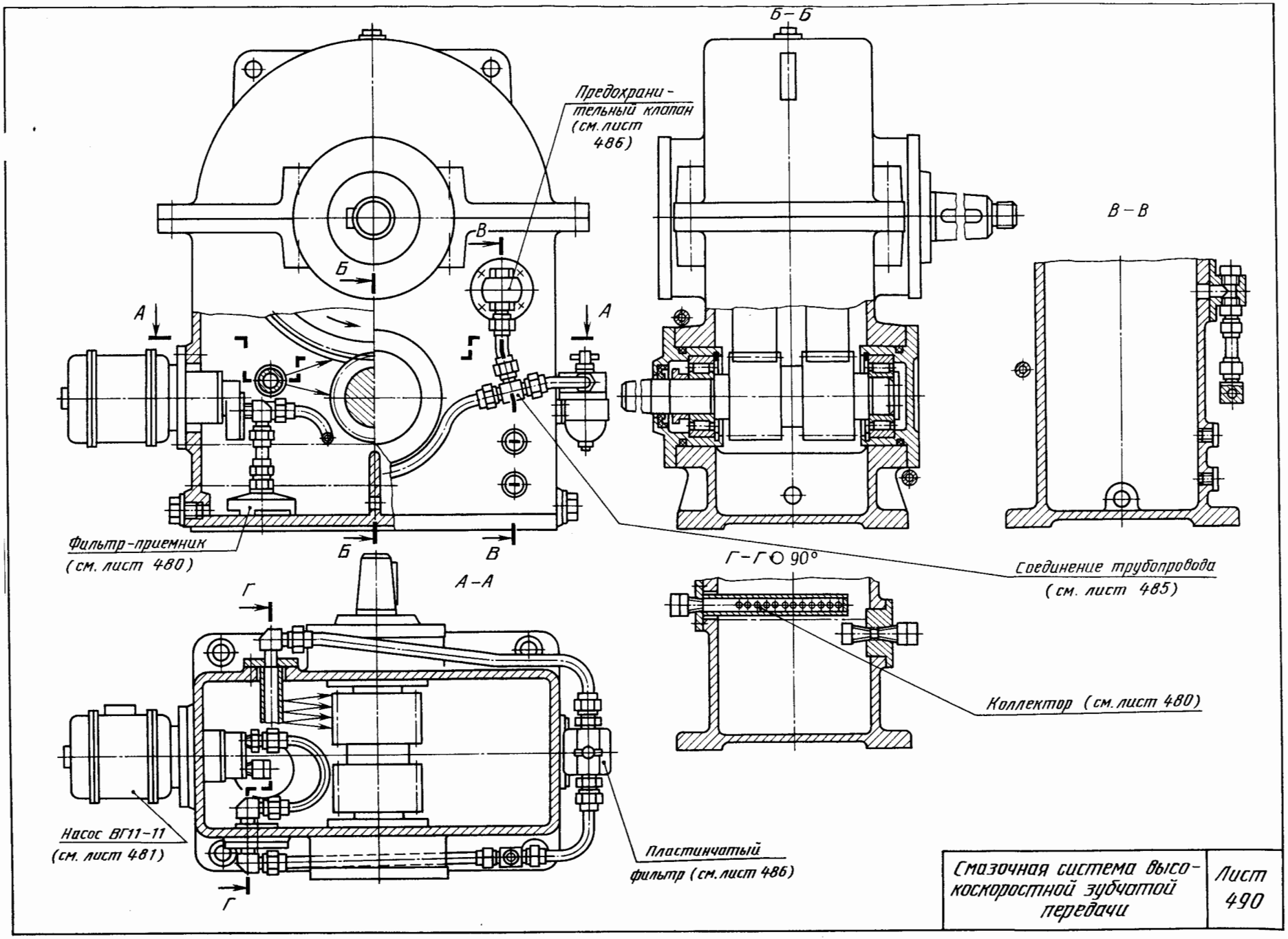


Рис. 1

Рис. 2

Элементы системы смазывания масляным туманом	Лист 488


Циркуляционная смазочная система редуктора с вертикальным расположением валов
А – А
Циркуляционное смазывание зацепления
Раздельное циркуляционное смазывание шестерни и колеса
А – А
Сопло (см. лист 480)
30°
А
А
Рис. 2
Рис. 3
Соединение трубопровода (см. лист 484; 485)
Циркуляционное смазывание широких колес
Насос плунжерный (см. лист 483)
Б
В-В
В
А-А
А
А
В
А
Б
А
А
Рис. 1
Рис. 4
Циркуляционные смазочные системы редукторов
Лист 489



Смазочная система высокоскоростной зубчатой передачи	Лист 490

Типы уплотнений и их условные индексы

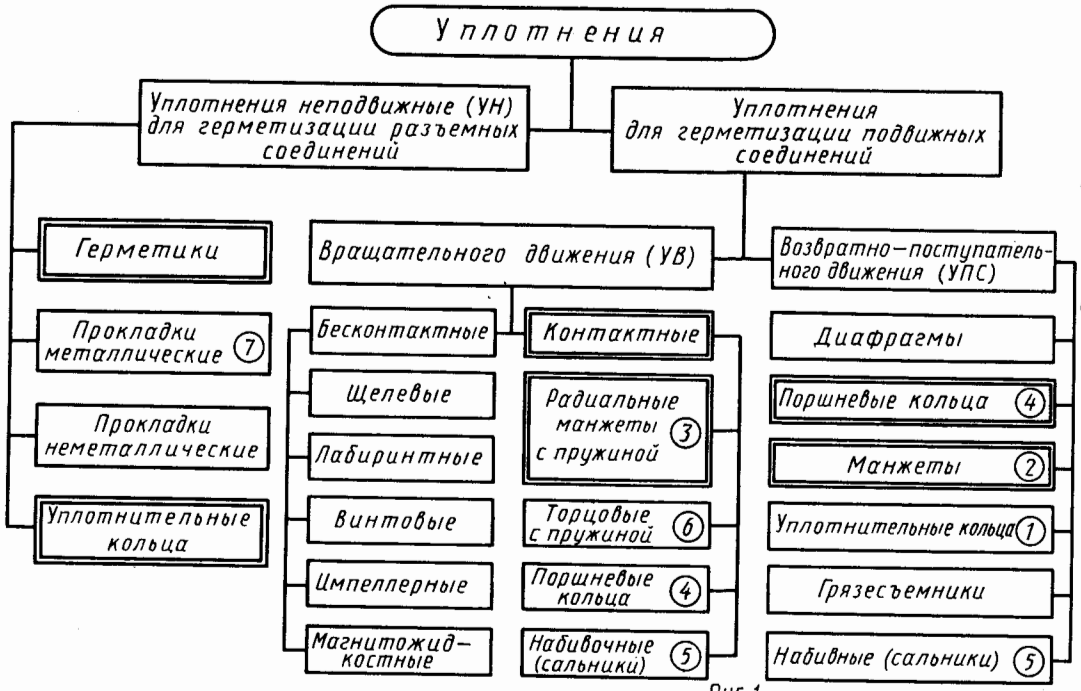


Рис.1

Функции распределения утечек для различных уплотнений

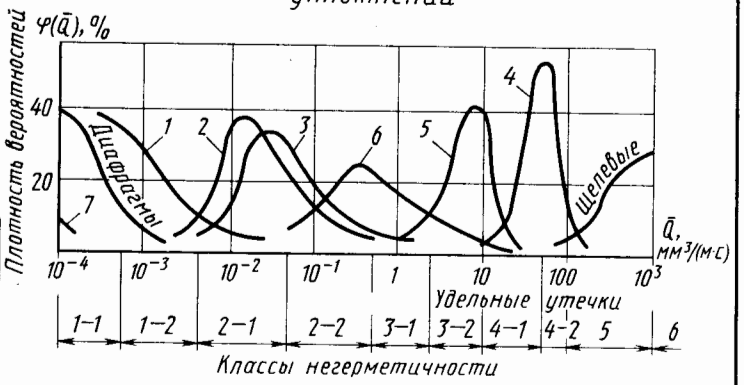
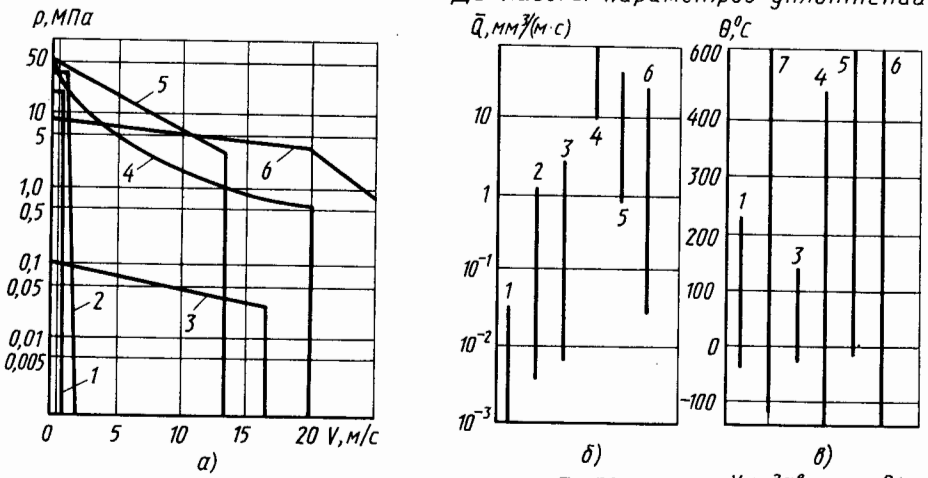


Рис.3

Диапазоны параметров уплотнений



а — по скорости V и давлению P;
б — по герметичности (q̄ — удельные утечки); в — по температуре. Индексы — см. рис.1

Рис. 2

4 Классы негерметичности

Классы	Удельные утечки q̄, мм³/(м·с)	Визуальные оценки	Характерные типы уплотнений
0—0	До 10^{-5}	Абсолютная герметичность	Сильфоны металлические, мембраны полимерные
0—1	10^{-5} ... 10^{-4}		
1—1	10^{-4} ... $5\cdot10^{-4}$	Визуально невидимое отпотевание	Мембраны резиновые, УН неметаллические
1—2	$5\cdot10^{-4}$ ... $5\cdot10^{-3}$		
2—1	$5\cdot10^{-3}$ ... $5\cdot10^{-2}$	Подтекание без каплеобразования	УН в тяжелых условиях, неметаллические УПС и УВ
2—2	$5\cdot10^{-2}$ ... $5\cdot10^{-1}$		
3—1	0,5 ... 2,5	Подтекание с каплеобразованием	УПС в тяжелых условиях, УВ манжетные высокоскоростные
3—2	2,5 ... 10		
4—1	10 ... 50	Капельные утечки	УВ торцовые, УПС и УВ набивочные
4—2	50 ... 100	Частые капли	
5	100 ... 1000	Непрерывные утечки	УПС и УВ бесконтактные
6	Св. 10^3		

Рис.4

— Имеют преимущественное применение

Классификация и основные характеристики уплотнений	Лист 491

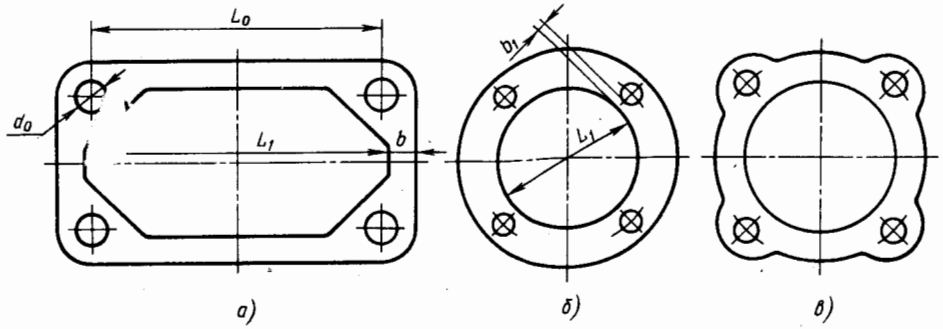


Рис. 1

1. ПЛОСКИЕ ПРОКЛАДКИ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Основные показатели

Материалы прокладок	Рабочие среды	E, МПа	ϑ, °С	p, МПа	Области применения (примеры)
Резины типа СКН	Нефтепродукты	6...20	−40...+100	4	Упругие прокладки применяют для герметизации стыков, имеющих макронеровности (волнистость, неплоскостность) и допускающих взаимные сближения контактирующих поверхностей под действием нормальных сил, или для недостаточно жестких фланцев
Фторопласт-4 ГОСТ 10007—80Е	Все жидкие и газообразные среды	450...850	(−269...+260 кратковременно); −195...+200	1,4 (при 250° С)	
Паронит:	Вода	$(2...4)\,10^4$	+250	6	
марка ПОН ГОСТ 481—80	Вода, воздух		−50...+100	1	
	Пар		+450	—	
марка ПНБ ГОСТ 481—80	Нефтепродукты		+200	2	
	Минеральные масла		+150	2,5	
Картон прокладочный ГОСТ 9347—74	Масла, бензин	$(5...6)\,10^4$	+100	4	
Фибра ГОСТ 14613—80Е	Керосин, бензин, спирт, ацетон	$(6...8)\cdot 10^4$	(+70 по Мартенсу)	4	
Алюминий (ГОСТ 21631—76)	Нефтепродукты	$7\cdot 10^4$	−253...+150	2	
Медь (ГОСТ 495—77)	Масла, криогенные жидкости	$12\cdot 10^4$	−253...+250	1	
Латунь (ГОСТ 15527—70)	Вода, воздух, пар	$11\cdot 10^4$	+250	2	
Свинец (ГОСТ 9559—75)	Агрессивные среды	$1{,}6\cdot 10^4$	−200...+100	1	
Сталь углеродистая (ГОСТ 1050—74)	Нефтепродукты, масла, водяной пар	$2{,}0\cdot 10^5$	−40...+550	6	
Сталь высоколегированная (ГОСТ 5632—72)	Вода, керосин, масла, воздух, конденсат, пар	$2{,}1\cdot 10^5$	−253...+600	10	

Примечания: 1. E — модуль упругости; ϑ — температура; p — давление рабочей среды. 2. С увеличением модуля упругости прокладки возрастает сила затяжки стыка.

2. ГЕРМЕТИКИ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Тип герметика		Марка герметика	Рабочая среда	Температурный диапазон, С	Область применения	Примечание
Самовулканизирующиеся	Тиоколовые: черный	У-30М ГОСТ 13489-79	Нефтепродукты, слабые кислоты, глицерин, этиленгликоль	−60... +130	Баки, корпусы резьбовые, фланцевые соединения, не подлежащие разборке	Герметики применяют для уплотнения стыков конструкций без существенного избыточного давления, не допускающих взаимного сближения контактирующих поверхностей под действием нормальных сил, а также для стопорения резьбовых соединений
	черный	У-30; МЭС-5 ТУ 38-1051386-80		−60... +150		
	коричневый	51 УТ-37 ТУ 38-105507-76		−40... +100	Судостроение	
	серый	УТ-32 ТУ 38-1051386-80		−60... +130	Авиация, судостроение (заклепочные соединения)	
	Силоксановые	УТ-34 ГОСТ 24285-80	Воздух, газы, пары, воды	−60... +250	Приборостроение (влагозащита)	
		Виксинг У-1-18 ОСТ 90058-85				
		Компаунд КЛТ-75Т ТУ 38.1051015-82				
	Уретановые	УГ-2	Вода, масла	−70... +70	Судостроение	
	Фторкаучуковые	51-Г-2 ТУ 38.1051015-82	Синтетические рабочие жидкости, топлива, нефтепродукты, горячие газы, воздух, вода	−20... +200	Авиация, химическая промышленность для неразъемных соединений	
		51-Г-9 ТУ 38.1051068-81				
	Фторсилоксановые	ВГФ-1; ВГФ-2 51-Г-15; 51-Г-16		−60... +200		

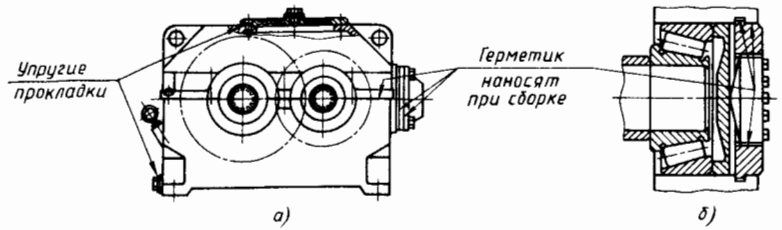


Рис. 2

Тип герметика		Марка герметика	Рабочая среда	Температурный диапазон, С	Область применения	Примечание
Невысыхающие (замазки)	Полиизобутиленовые замазки	Мастика невысыхающая 51-Г-6 ТУ 38.10553-73	Воздух, кислоты	−50... +70	Транспорт, авиация для неразъемных соединений (фланцевых, резьбовых и пр.)	Герметики применяют для уплотнения стыков конструкций без существенного избыточного давления, не допускающих взаимного сближения контактирующих поверхностей под действием нормальных сил, а также для стопорения резьбовых соединений
Анаэробные	Маловязкие: бесцветный	ТУ 6-01-1214-79 Анатерм-2 Анатерм-125Ц	Вода, масла, бензин; вибро-тропикостойкие	−40... +100	Соединение трубопроводов, судостроение. В резьбовых соединениях обеспечивают надежное стопорение	
	Вязкие: красный	ТУ 6-01-1215-79 Анатерм-6В		−100... +150		
	голубой	Анатерм-18		−60... +100		

Примечание. Для уплотнения жестких металлических стыков общемашиностроительного назначения применяют «Герметик — прокладка» ТУ 6-15-1049—77.

Установка колец для уплотнения неподвижных соединений

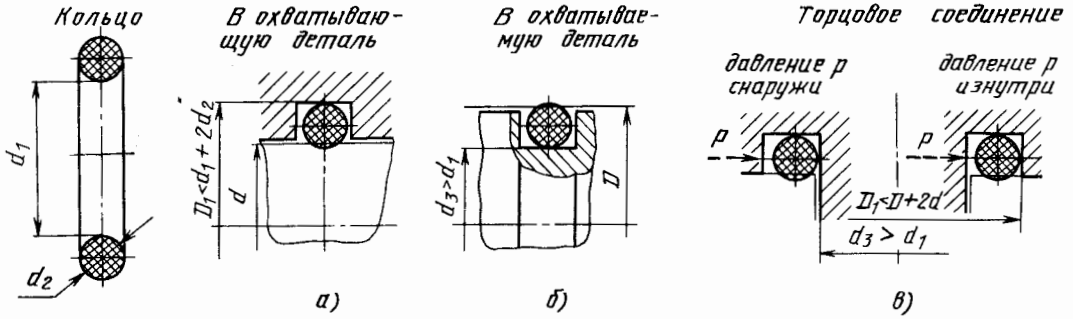


Рис. 1

Рис. 2

Пример ОБОЗНАЧЕНИЯ кольца для диаметра штока 20 мм, диаметра цилиндра 25 мм, диаметром сечения кольца 3 мм, группы точности 2 из группы резины 4:

КОЛЬЦО 020-025-30-2-4 ГОСТ 9833-73

Стандарт предусматривает:

Две группы точности колец (приведена нормальная). Семь групп резин (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6) на основе СК. Применение резиновых колец без защитных шайб при радиальном зазоре менее 0,02 мм, пульсирующем $p \leq 10$ МПа и постоянном $p \leq 20$ МПа.

КОЛЬЦА РЕЗИНОВЫЕ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ПО ГОСТ 9833—73

РАЗМЕРЫ, ММ

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
1,4	±0,1	2,8	3,8	1	−0,2
1,9		4,7	5,7		
		6,7	9,7		−0,3
		10,6	16,6		
		17,5	24,5		−0,4
2,5	+0,2 −0,1	4,7	5,7		−0,2
		6,7	9,7		−0,3
		10,6	16,6		
		17,5	24,5		−0,4
		25,5	29,5		−0,5
		33,0	37,0	2	−0,6
		39,0	44,0	1	−0,7
		45,0	49,0	2	−0,8
		50,0	—	—	
		53,0	55,0	1	−0,9

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
2,5	+0,2 −0,1	57,0	59,0	2	−1,0
		60,0	61,0	1	
		132,5	142,5	5	−2,2
		147,5	—	—	−2,4
3,0		21,5	24,5	1	−0,4
		26,5	27,5		−0,5
		31,0	32,0		−0,5
		34,0	36,0		
		39,0	44,0	2	−0,7
		49,0	50,0	1	−0,8
		54,0	55,0		−0,9
		58,0	59,0		−1,0
		63,5	64,5		−1,1
		68,5	69,5		
		83,5	88,5	5	−1,4

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
3,0	+0,2 −0,1	98,0	100,0	2	−1,6
		105,0	108,0	3	−1,7
		110,0	113,0	3	−1,8
		122,5	127,5	5	−2,0
		132,5	142,5		−2,2
3,6		13,6	16,6	1	−0,3
		17,5	24,5		−0,4
		25,5	29,5		−0,5
		31,0	33,0		−0,6
		34,0	35,0		

Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения по ГОСТ 9833-73 для гидравлических и пневматических устройств

Лист 493

Установка колец для уплотнения неподвижных соединений

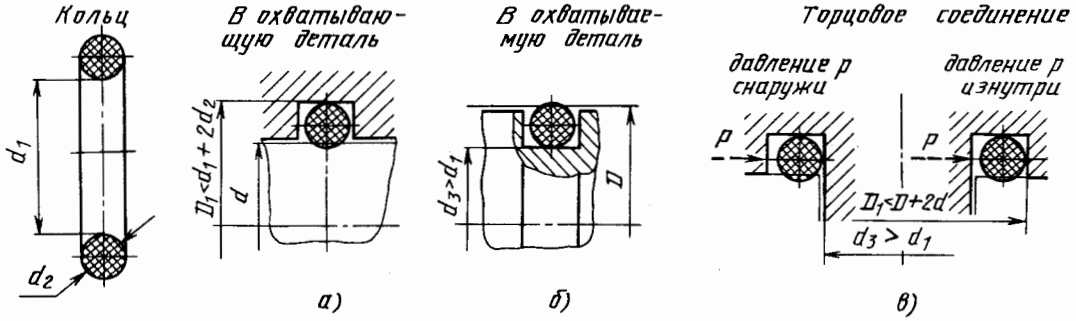


Рис. 1

Рис. 2

Пример ОБОЗНАЧЕНИЯ кольца для диаметра штока 20 мм, диаметра цилиндра 25 мм, диаметром сечения кольца 3 мм, группы точности 2 из группы резины 4:
КОЛЬЦО 020-025-30-2-4 ГОСТ 9833-73

Стандарт предусматривает:

Две группы точности колец (приведена нормальная).
Семь групп резин (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6) на основе СК.
Применение резиновых колец без защитных шайб при радиальном зазоре менее 0,02 мм, пульсирующем $p \leq 10$ МПа и постоянном $p \leq 20$ МПа.

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
3,6	+0,2	38,0	39,0	1	−0,7
	−0,1	41,0	43,0	2	
		45,0	47,0		−0,8
		48,0	49,0	1	
		51,0	53,0	2	−0,9
		54,0	56,0	1	
		57,0	59,0		−1,0
		61,0	62,0		
		63,5	64,5		−1,1
		66,5	69,5		
		70,5	72,5	2	−1,2

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
3,6	+0,2	73,5	74,5	1	−1,2
	−0,1	77,5	78,5		−1,3
		80,5	82,5	2	
		83,5	84,5	1	−1,4
		86,5	88,5		
		90,5	92,0	1,5	−1,5
		93,0	94,0	1	
		96,0	97,0		
		98,0	102,0	2	−1,6
		104,0	106,0		−1,7

Диаметр сечения d_2		Внутренний диаметр d_1			
Номинальный	Предельные отклонения	Номинальный		Интервал	Предельные отклонения
		От	До		
3,6	+0,2	107,0	108,0	1	−1,7
	−0,1	110,0	112,0	2	−1,8
		113,0	116,0	3	
		118,0	—	—	−1,9
		121,5	126,5	5	−2,0
		131,5	141,5		−2,2
		146,5	151,0	4,5	−2,4
		156,0	166,0	5	−2,6
		171,0	181,0		−2,8
		186,0	191,5	5,5	−3,0
		195,5	—	—	

Пример обозначения кольца для диаметра штока 20 мм, диаметра цилиндра 25 мм, диаметром сечения кольца 3 мм, группы точности 2 из группы резины 4:

КОЛЬЦО 020—025—30—2—4 ГОСТ 9833—73

Стандарт предусматривает:

Кольцо диаметром d: 1,4; 1,9; 2,5; 3,0; 3,6; 4,6; 5,8; 8,5 мм.
Две группы точности колец (приведена нормальная).
Семь групп резин (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6) на основе СК.
Применение резиновых колец без защитных шайб при радиальном зазоре менее 0,2 мм, при пульсирующем $p \leq 10$ МПа и постоянном $p \leq 20$ МПа.

Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения по ГОСТ 9833-73 для гидравлических и пневматических устройств

Лист 493

Посадочные места установки под кольца по ГОСТ 9833—73

• Уплотнение цилиндрических поверхностей

• Уплотнение плоских (торцевых) поверхностей

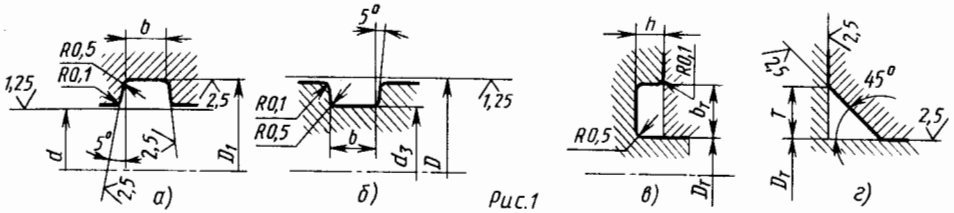


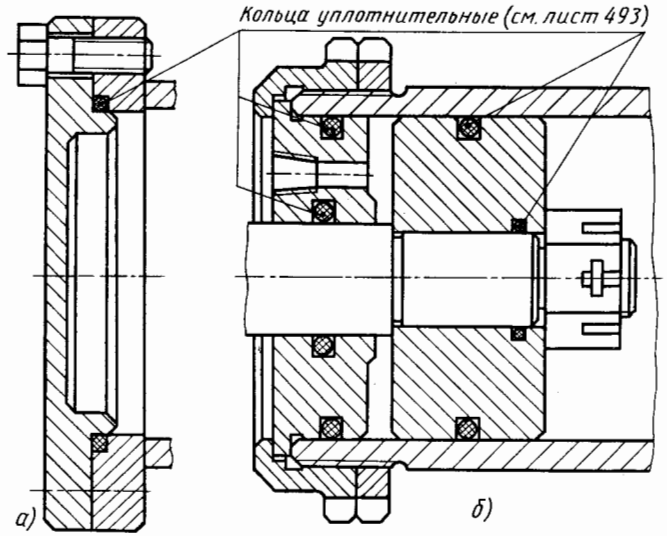
Рис.1

Диаметр сечения d	Цилиндрические поверхности			Плоские (торцевые) поверхности		
	Ширина b(H11)	Диаметр d_3(f9)	Диаметр D_1(H10)	Глубина h(+0,1)	Ширина b_T(H12)	Конусная фаска T(H12)
1,4	1,8	D—2	d+2	1,0	2,0	2,0
1,9	2,6	D—2,8	d+2,8	1,4	2,5	2,5
2,5	3,6	D—3,7	d+3,7	1,85	3,5	3,3
3,0	4,0	D—4,7	d+4,7	2,2	4,5	4,2
3,6	4,7	D—5,6	d+5,6	2,6	5,0	5,0
4,6	5,6	D—7,4	d+7,4	3,3	6,0	6,3
5,8	7,0	D—9,2	d+9,2	4,2	7,5	7,8
7,5	9,0	D—12,0	d+12,0	5,5	9,5	10,2
8,5	10,3	D—13,6	d+13,6	6,5	10,5	11,5

Уплотнение резиновым кольцом

плоского торца крышки

цилиндрических поверхностей



Крышки люка

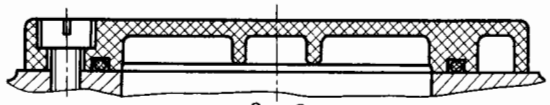


Рис.2

в)

Уплотнение трубопроводов плоскими прокладками

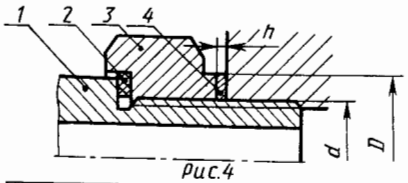


Рис.4

1 — штуцер;

2 — прокладка исполнения 1 (паронит; картон; фибра);

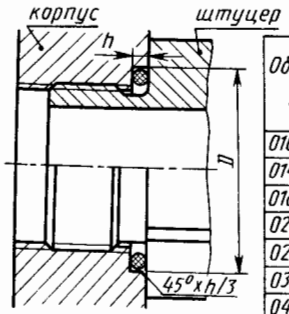
3 — гайка накидная ГОСТ 23353—78;

4 — прокладка исполнения 2 (медь, алюминий)

Размеры, мм

Резьба		d(H12)		D(h12)		h	
метрическая СТ СЭВ 182—75	трубная ГОСТ 6357—73	исполнение 1	исполнение 2	исполнение 1	исполнение 2	исполнение 1	исполнение 2
M8x1	—	8	8,1	12		1,0	2,5
M10x1	G 1/8—A	10	10,1	14			
M12x1,5	—	12	12,1	18	17	1,5	3,0
—	G 1/4—A	14	13,1	20	19		
M16x1,5	—	16	16,1	22	21		4,0
—	G 3/8—A	17	17,1	23	22		
M20x1,5	—	20	20,1	26	25		
—	G 1/2—A	21	21,1	26			
M27x2	G 3/4—A	27	27,1	32		2,0	5,0
—	G1—A	34	33,1	39			
M48x2	G1 1/4—A	42	42,1	49			
M48x2	G1 1/2—A	48	48,1	55			

Канавки под кольца в трубопроводах



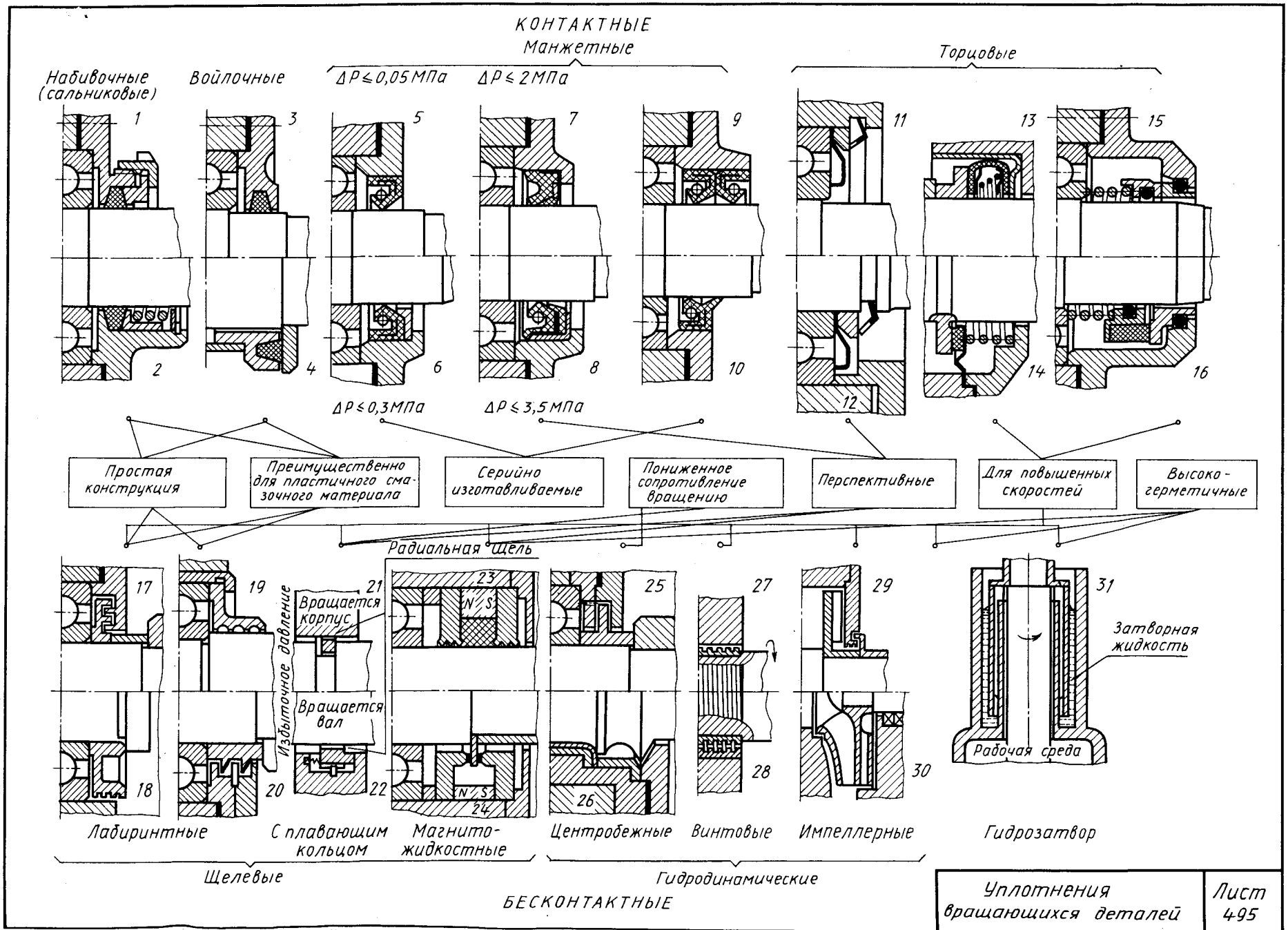
Примечание. Кольцо одевают на штуцер, закрыв резьбу тонкой втулкой и смазав пластичным смазочным материалом ЦИАТИМ—221

Рис.3

Обозначение кольца	Резьба трубная цилиндрическая ГОСТ 6357—73	D(H10) мм	h+0,1 мм
010—013—19	G 1/8—A	13	1,4
014—018—25	G 1/4—A	18	1,9
018—022—25	G 3/8—A	22	1,9
022—026—25	G 1/2—A	26	1,9
028—032—25	G 3/4—A	32	1,9
035—040—30	G1—A	40	2,2
045—050—30	G 1 1/4—A	50	2,2
05—055—30	G 1 1/2—A	55	2,2

Установка уплотнительных колец и прокладок

Лист 494


КОНТАКТНЫЕ
Манжетные
Торцовые
Набивочные (сальниковые)
Войлочные
ΔP ≤ 0,05 МПа
ΔP ≤ 2 МПа
ΔP ≤ 0,3 МПа
ΔP ≤ 3,5 МПа
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Простая конструкция
Преимущественно для пластичного смазочного материала
Серийно изготавливаемые
Пониженное сопротивление вращению
Перспективные
Для повышенных скоростей
Высоко-герметичные
Радиальная щель
Избыточное давление
Вращается корпус
Вращается вал
N S
Затворная жидкость
Рабочая среда
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
Лабиринтные
С плавающим кольцом
Магнито-жидкостные
Центробежные
Винтовые
Импеллерные
Гидрозатвор
Щелевые
Гидродинамические
БЕСКОНТАКТНЫЕ
Уплотнения вращающихся деталей
Лист 495

Резиновые армированные манжеты класса негерметичности от 2-1 до 3-1 (при V_{max})

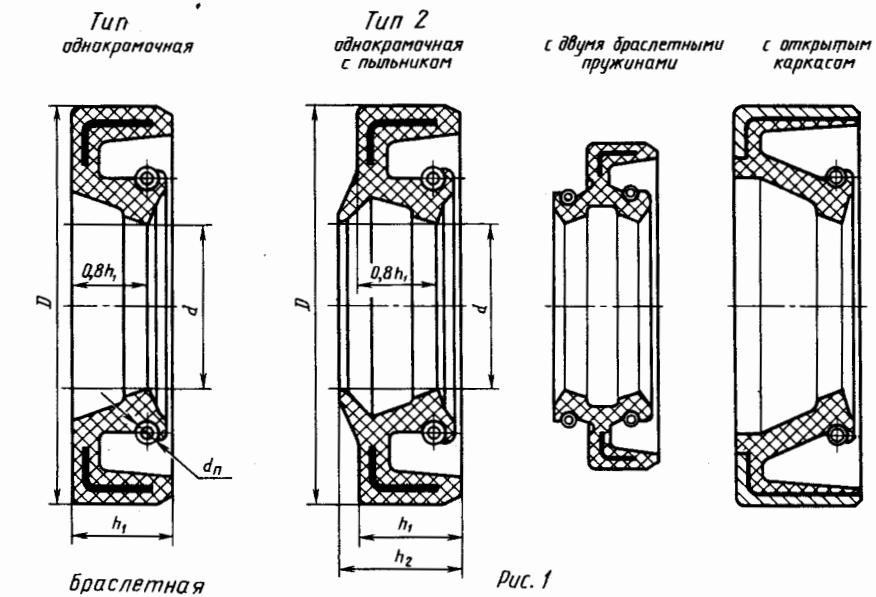


Рис. 1

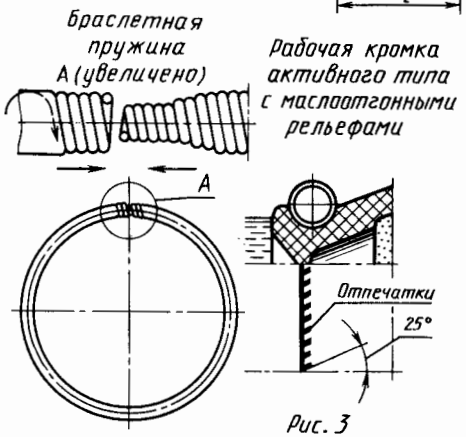


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 2. Браслетная пружина

Рис. 3. Губка манжеты активного типа с маслоотгонными рельефами

РЕЗИНОВЫЕ АРМИРОВАННЫЕ МАНЖЕТЫ ДЛЯ ВАЛОВ

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ РЕЗИНОВЫХ АРМИРОВАННЫХ МАНЖЕТ ГОСТ 8752—79

Таблица 1

Размеры, мм

d	D_1	h_1	h_2, не более
6	22	7	10
7			
8			
9			
10	26		
11			
12	28		
13			
14			
15	30		
16			
17	32		
18	35		
19			
20	40	10	14
21			
22			
24			
25	42		
26	45		
28	47		
30	52		
32	52	10	14
35	58		
36			
38			
40	60		
42	62		
45	65		
48	70		
50			
52	70		
55	80		
56			
58			
60	65		
63	90		
65			
70	95		
71			
75	100		
80	105		
85	110	12	16
90	120		
92	120	12	16
95			
100	125		
105	130		
110	135		
115	145		
120	150		
125	155		
130	160	15	20
140	170		
150	180		
160	190		
170	200		
180	220		
190	230		
200	240		
210	250		
220	260		
230	270		
240	280		
250	290		
260	300	18	23

Резиновые армированные манжеты для валов	Лист 496

Резиновые армированные манжеты класса негерметичности от 2-1 до 3-1 (при V_{max})

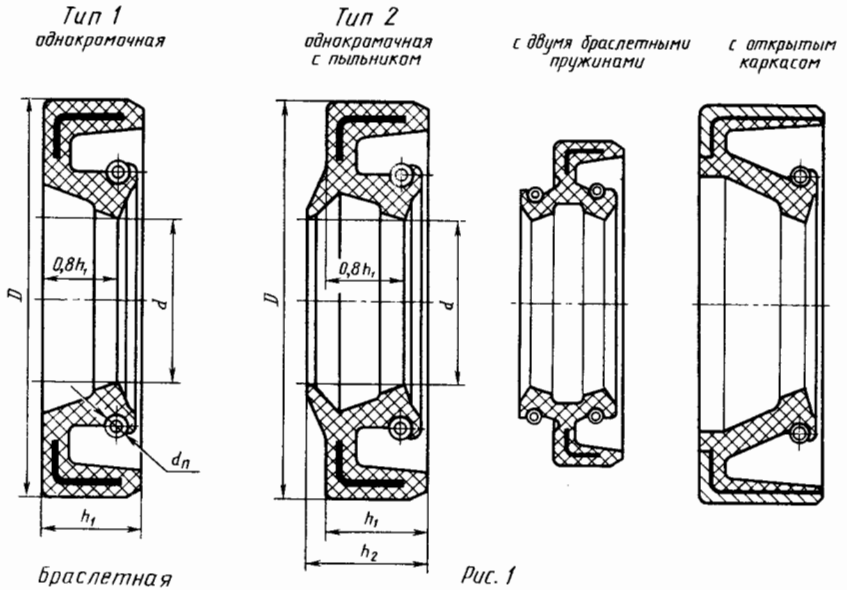


Рис. 1

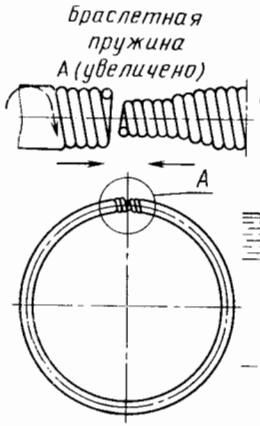


Рис. 2

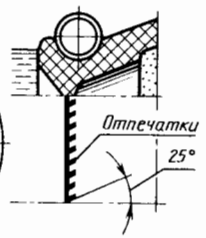


Рис. 3

Таблица 3

Диаметр вала, мм	ε, мм	Частота вращения, мин$^{-1}$	Δr, мм
До 55	0,10	До 1000	0,18
55...120	0,15	1000...2000	0,15
120...320	0,20	2000...3000	0,12
320...500	0,25	3000...4000	0,10

Пример условного обозначения манжеты типа 1 для вала диаметром 50 мм с наружным диаметром 70 мм из резины 3 группы:

Манжета 1—50×70—3
ГОСТ 8752—79

Таблица 2

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАНЖЕТ ПО ГОСТ 8752—79

Рабочая среда	ϑ_{max}, °С, для резин групп на основе					
	1 (СКН)	2 (СКН)	3 (СКН)	4 (СКФ)	5 (СКФ)	6 (СКТ)
Моторные масла	100	100	100	150	170	160
Трансмиссионные масла	100	100	100	150	170	130
Гипоидные масла	80	80	80	150	150	130
Соляровые масла	90	90	90	150	СГ	СГ
Нефтяные ПСМ	90	90	90	100	СГ	СГ
Дизельные топлива	Н	СГ	Н	150	Н	СГ
Вода техническая; морская	Н	СГ	Н	Н	90	Н
Тормозные жидкости	Н	Н	Н	Н	СГ	СГ
Нижний предел ϑ_{min}, °С	−45	−30	−60	−45	−20	−55
Допускаемая окружная скорость v_{max}, м/с	12	12	12	22	37	37

Рис. 1. Резиновые армированные манжеты класса негерметичности от 2—1 до 3—1 (при v_{max}).

Требования к установке манжет:

1. Избыточное давление рабочей среды 0,06...0,1 МПа.
2. Твердость поверхности стального вала при скорости скольжения $v \leqslant 4$ м/с—30 $HRC_э$, при $v > 4$ м/с—50 $HRC_э$, при наличии абразива—55 $HRC_э$.
3. Сопряженные с манжетой поверхности должны иметь параметры шероховатости по ГОСТ 2789—73: вал—$Ra = 0{,}32...0{,}63$ мкм при $v \leqslant 5$ м/с; $Ra = 0{,}16...0{,}32$ мкм при $v > 5$ м/с; $Ra = 1{,}25...2{,}5$ мкм при $v \leqslant 1$ м/с;отверстие в корпусе—$Ra = 2{,}5$ мкм.
4. Отклонение вала под контактной кромкой—$h10$, отверстие—$H9$.
5. Перед установкой в изделие манжету следует смазывать: для группы резин 1; 2; 3; 6—ПСМ 1—13 по ОСТ 38.01145—80 для группы 4; 5—«ЦИАТИМ 221» по ГОСТ 9433—80.
6. Условия эксплуатации манжет см. табл. 2.
7. Отклонения формы поверхности вала под манжетой см. табл. 3.
8. Браслетные пружины по ОСТ 23.1—77—71.

Принятые сокращения и обозначения:

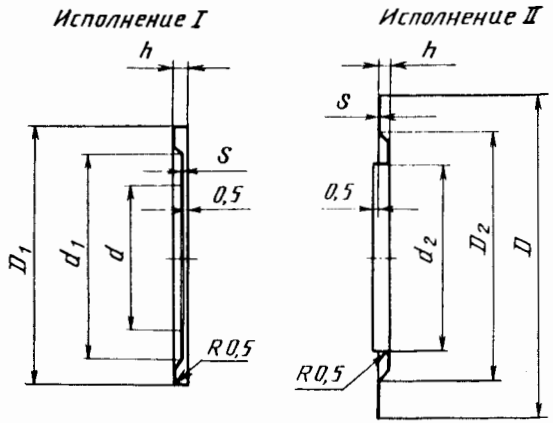
ϑ—температура; СКН, СКФ, СКТВ—синтетические каучуки нитрильные, фторосодержащие, силоксановые; Н—несовместима с рабочей средой; СГ—необходимо согласование.

Предельные радиальное биение Δr и несоосность ε посадочного места относительно оси вала для манжет по ГОСТ 8752—79.

Размеры, мм

Размеры подшипника		Размеры общие		Исполнение I		Исполнение II	
d	D	s	h	D_1	d_1	d_2	D_2
20	47	0,3	2,5	41,2	29	25,7	37
	52			44,8	33	27,2	40
25	52			47	36	31,5	42
	62			54,8	40	32,2	47
30	62			56,2	44	36,3	47
	72			64,8	48	37,2	56
35	72			64,8	48	43	56
	80			70,7	54	45	65
40	80		3	72,7	57	48	62
	90			80,5	60	51	70
45	85			77,8	61	53	68
	100			90,8	75	56	80
50	90			82,8	67	57,7	73
	110			98,9	80	62	86
55	100			90,8	75	64,5	80
	120			108	89	67	93
60	110			100,8	85	70	85
	130			117,5	95	73	102
65	120			110,5	90	74,5	95
	140	0,5	3,5	127,5	100	72,5	110
70	125	0,3		115,8	95	79,5	102
	150	0,5		137	110	82,6	120
75	130			120	100	85	105
	160			147	110	87,2	125

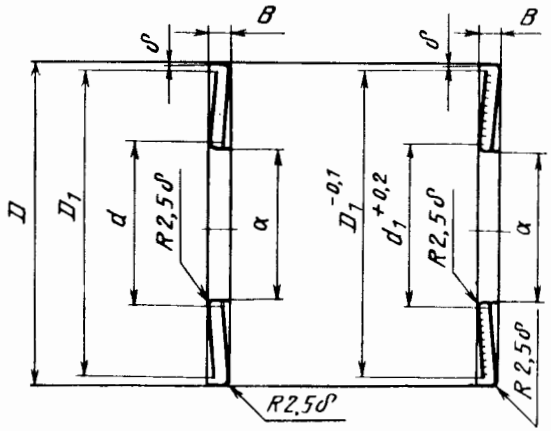
Контактные уплотнительные шайбы; $v \leq 6$ м/с.
(Класс негерметичности ... 4-1)



Бесконтактные уплотнительные шайбы
(класс негерметичности – 5)

Нормальное исполнение (негерметичность – класс 6)

Исполнение F (внутренняя шайба с ворсом)



$D_1 = D\ 2\delta - 0{,}3$ мм

$d_1 = d + 2\delta + 0{,}3$ мм

Отклонение отверстия корпуса:
в пределах – H7...N7
рекомендуемое – J8;
Отклонение вала:
в пределах – j6 ... g6
рекомендуемое – h7

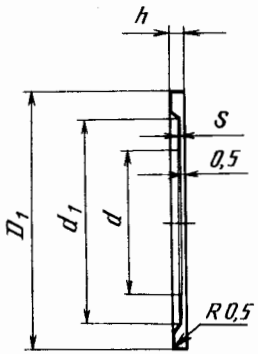
Рис. 2. Бесконтактные уплотнительные шайбы (класс негерметичности — 5)

Стальные уплотнительные шайбы	Лист 497

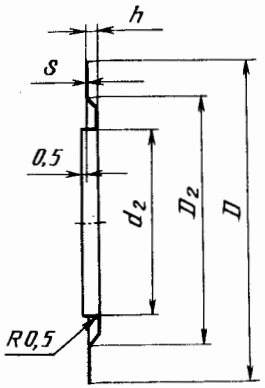
Размеры подшипника		Размеры общие		Исполнение I		Исполнение II	
d	D	B	δ	d	D	B	δ
10	26	4	1	35	72	6	1,5
	30				80		
12	28			40	68		
	32				80		
	37				90		
15	32			45	75		
	35				85		
	42	5	1,25		100		
17	35	4	1	50	80		
	40				90		
	47	5	1,25		110		
20	42			55	90		
	47				100	7	
	52			60	95	6	
25	47				110	7	
	52			65	100		
	62	6	1,5		120		
30	55	5	1,25	70	110		
	62	6	1,5		125		
	72			75	115		
35	62				130		
	72			80	140		

Контактные уплотнительные шайбы; $v \leq 6$ м/с.
(Класс негерметичности ... 4-1)

Исполнение I



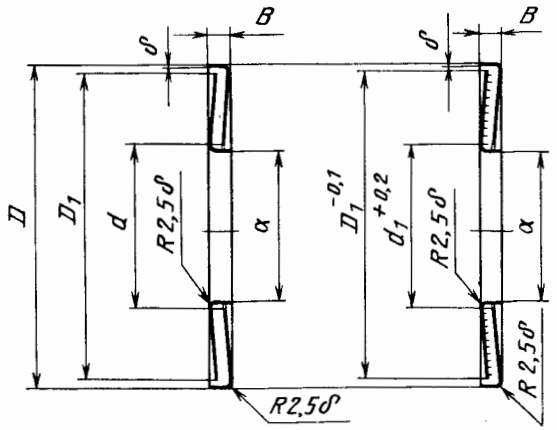
Исполнение II



Бесконтактные уплотнительные шайбы
(класс негерметичности – 5)

Нормальное исполнение (негерметичность – класс 6)

Исполнение F (внутренняя шайба с ворсом)



$D_1 = D\ 2\delta - 0{,}3$ мм

$d_1 = d + 2\delta + 0{,}3$ мм

Отклонение отверстия корпуса:
в пределах – H7...N7
рекомендуемое – J8;
Отклонение вала:
в пределах – j6 ... g6
рекомендуемое – h7

Рис. 2. Бесконтактные уплотнительные шайбы (класс негерметичности — 5)

Стальные уплотнительные шайбы	Лист 497

Размеры поршневых колец по ГОСТ 9515-81 (из чугуна)

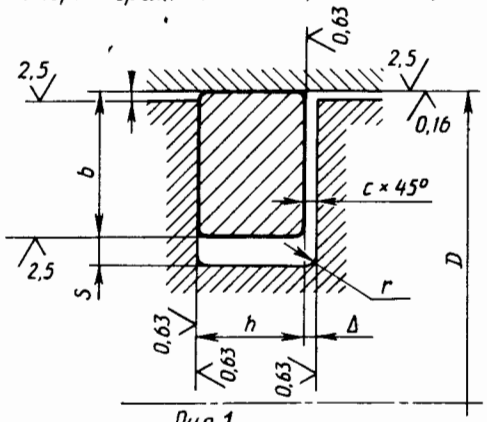


Рис. 1

Размеры, мм

Отверстие (цилиндр) D	Кольцо	
	b	h
20; 22; 24	1,5	2,0
25; 27; 28	1,6	
30; 32; 34; 35	1,7	
38; 40; 42; 45	1,7	2,5
48; 50	1,8	
55	2,0	
58	2,3	
60	2,4	
62; 65; 67; 70	2,5	
75	2,8	
80	3,0	
82	3,2	
85; 90	3,2	3,0
95	3,4	
100	3,5	
105	3,7	
110; 115	4,0	
120; 125	4,3	3,5
130; 135	4,5	
140	5,0	
145; 150	5,0	4,0
155; 160; 165	5,5	
170; 175	6,0	
180; 190	6,5	5,0
200	7,0	

Конструктивные соотношения:

$\Delta = (0{,}05 \ldots 0{,}1)\,h$; $\delta \cong \Delta/2$;

$S = (0{,}2 \ldots 0{,}25)\,b$; $r \cong c = 0{,}2 \ldots 0{,}5$ мм;

$t = (0{,}002 \ldots 0{,}005)\,D + \Delta t_{нагрева}$;

При $D < 60$ мм принимают бо́льшие числовые значения коэффициентов;

D_0 – наружный диаметр разрезного кольца, в свободном состоянии $D_0 = (1{,}02 \ldots 1{,}03)\,D$;
Материал колец: чугун, бронза, углеграфит;
Покрытие: хром, медь, олово, свинец.

Условия эксплуатации поршневых колец:

Температура уплотнения – −150°С ... +450°С
Давление рабочей среды – не более 50 МПа
Скорость окружная – не более 20 м/с
Негерметичность класса 4-2 или 5
Число колец – 2...3

Основные типы разрезов (замков) поршневых колец

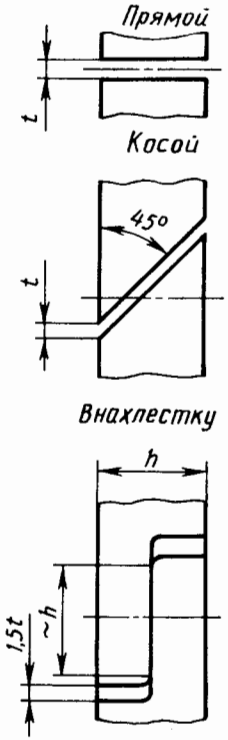
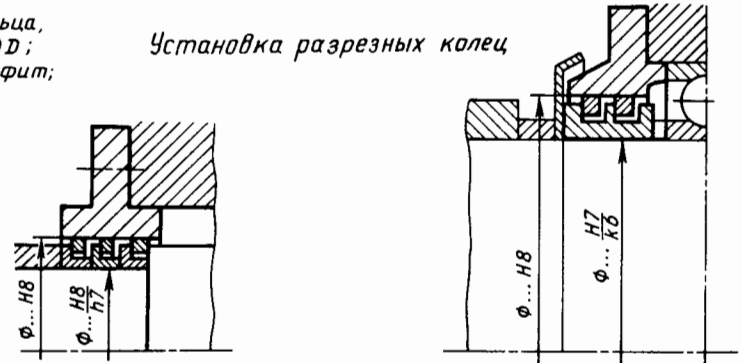


Рис. 2

Установка разрезных колец



При $b/D > 0{,}05$ монтаж поршневых колец на съёмных шайбах а)

При $b/D \leq 0{,}05$ монтаж поршневых колец в стальную втулку $HRC_э \geq 45$; твёрдость стальной крышки $HRC_э \geq 56$ б)

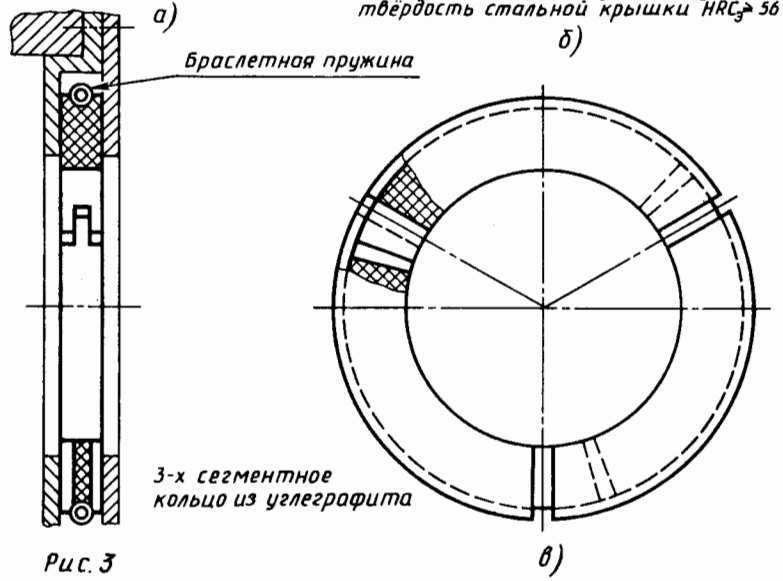


Рис. 3

в)

Уплотнение валов разрезными кольцами	Лист 498

Уплотнение войлочными кольцами

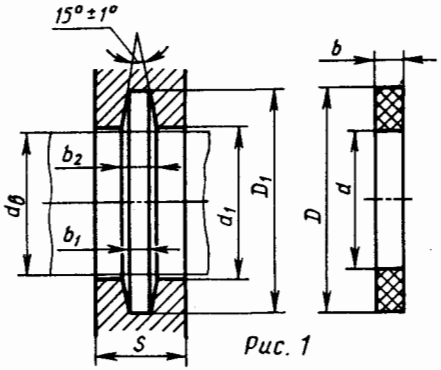


Рис. 1

Материал кольца:

при $v \leq 2$ м/с – войлок ГОСТ 6308-71;

при $v \leq 5$ м/с – войлок ГОСТ 288-72;

пропитка – ПСМ „Графитная" ГОСТ 3333-80.

Вал:

твердость не менее $HRC_3 45$;

радиальное биение не более 0,1 мм;

отклонение – h10;

шероховатость – $Ra \leq 1{,}25$ мкм.

Рабочая температура не более 90°С.

Шероховатость поверхностей канавки не более Ra = 20 мкм.

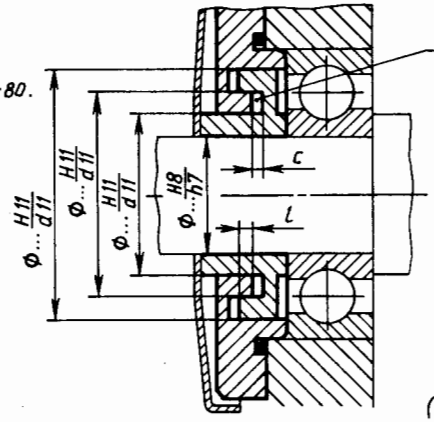
Класс негерметичности – 4-2.

Перепад давления сред не допускается.

Размеры, мм

$d_в$ вала	Кольцо			Канавка					
								Smin	
	d	D	b	D_1	d_1	b_1	b_2	Сталь	Чугун
10	9	18	2,5	19	11	2	3	9	12
12	11	20		21	13				
14	13	22		23	15				
15	14	23		24	16				
16	15	26	3,5	27	17	3	4,3	10	13
17	16	27		28	18				
18	17	28		29	19				
20	19	30		31	21				
22	21	32		33	23				
25	24	37	5	38	26	4	5,5	12	15
28	27	40		41	29				
30	29	41		43	31				
32	31	44		45	33				
35	34	47		48	36				
36	35	48		49	37				
38	37	50		51	39				
40	39	52		53	41				
42	41	54		55	43				
45	44	57		58	46				
48	47	60		61	49				
50	49	66	6	67	51	5	7,1		
52	51	68		69	53				
53	54	71		72	56				
58	57	74		75	59				
60	59	76		77	61				
65	64	81		82	66				
70	69	88	7	89	71	6	8,3	15	18
75	74	93		94	76				
80	79	98		99	81				
85	84	103		104	86				
90	89	110	8,5	111	91	7	9,6	16	20
95	94	115		116	96				
100	99	124	9,5	125	101	8	11,1	18	22
105	104	129		130	106				
110	109	134		135	111				
115	114	139		140	116				

Лабиринтное уплотнение



При сборке заполнить ПСМ

$c \approx 5\delta_{ср}$

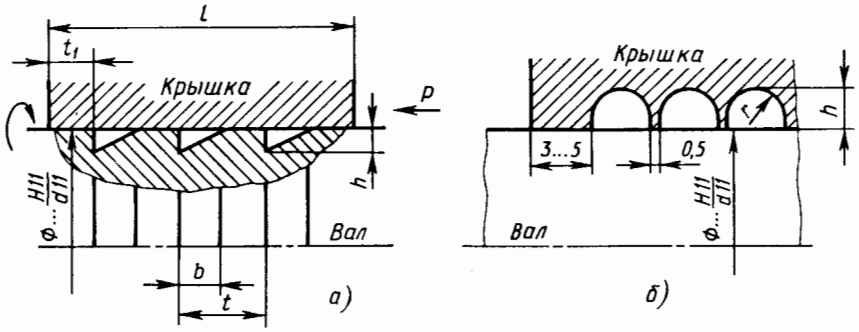
$c \approx 7\delta_{ср}$ – при подшипниках с коническими роликами

$\delta_{ср}$ – средний зазор посадки $\frac{H11}{d11}$ наибольшего сопряжения

Класс негерметичности – 5

Рис. 2

Щелевое уплотнение (класс негерметичности-6)



δ – средний зазор посадки $\frac{H11}{d11}$

Материал вкладыша крышки – чугун, бронза, графит.

Радиальное биение вала и несоосность крышки – не более $0{,}25\delta$

$h \approx 5\delta$ $b \approx 3{,}5\delta$ $r \approx 7\delta$ $h \approx 10\delta$

$l \approx 70\delta$ $t \approx 7\delta$ $t_1 \approx 3{,}5\delta$

Диаметр вала, мм	≤ 45	50...95	≥ 100
Минимальное число канавок	3	4	5

Рис. 3

а – для уменьшения утечки жидкостей (масел);

б – для уменьшения перетоков газов.

Уплотнения войлочные, лабиринтные и щелевые	Лист 499

Установка манжет

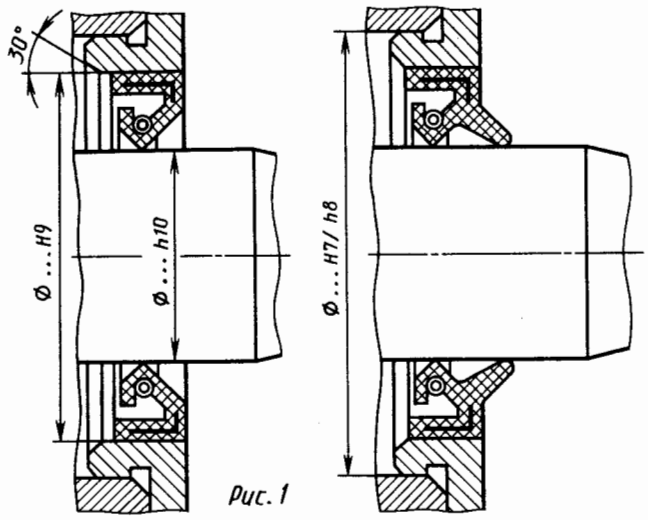


Рис. 1

Уплотнение манжетами вертикального вала

Установка сдвоенных манжет

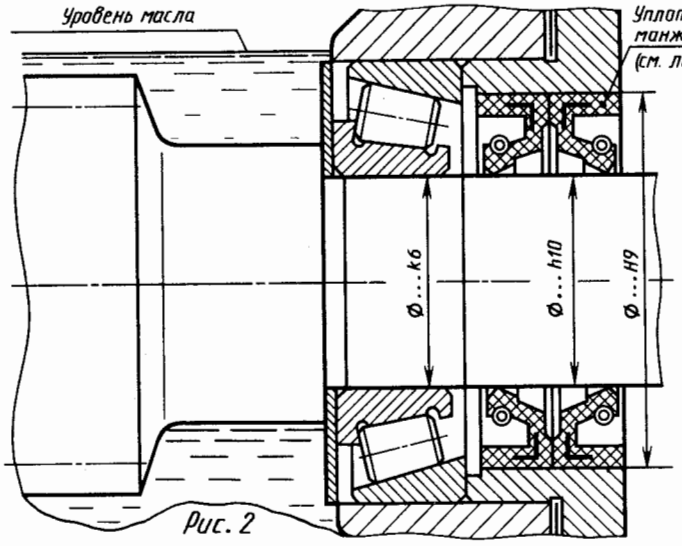


Рис. 2

Уплотнение манжетное открытое

При сборке покрыть герметиком

Уплотнение манжетное, поставленное в корпус

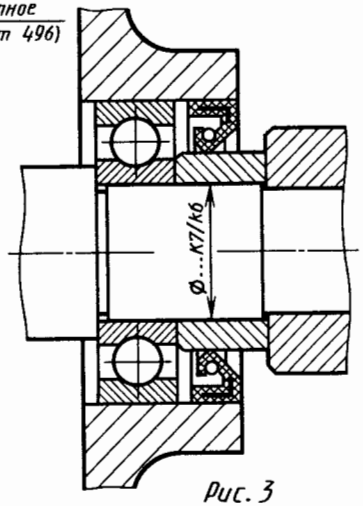


Рис. 3

Манжета, установленная в регулирующее устройство

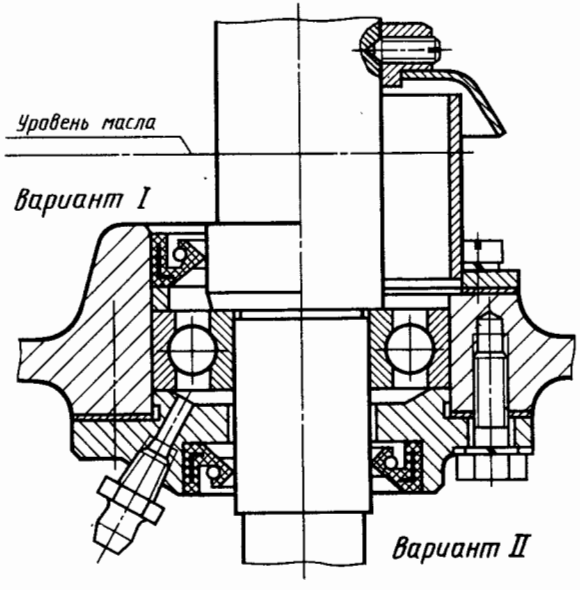


Рис. 4

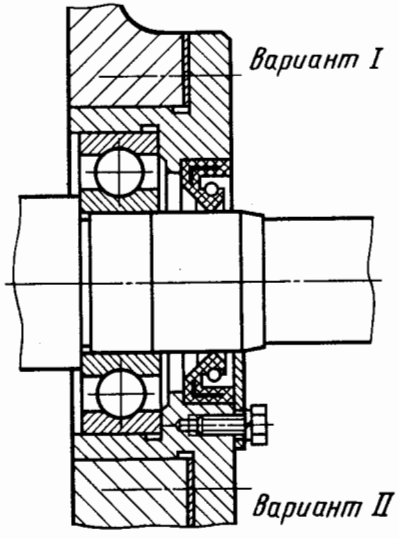


Рис. 5

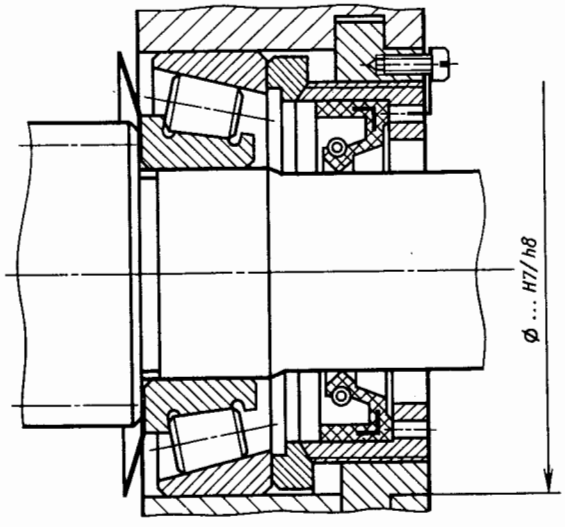


Рис. 6

Установка манжетных уплотнений	Лист 500

Набивочное уплотнение

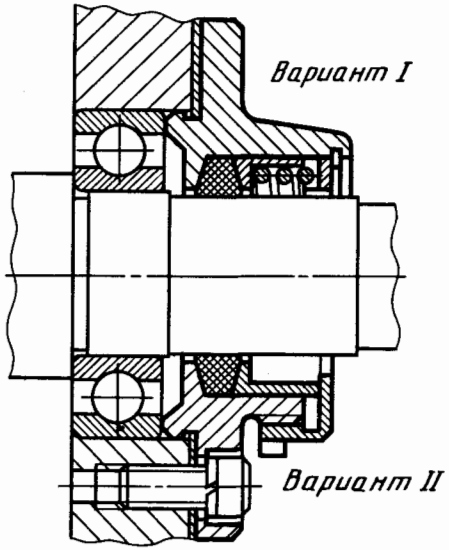


Рис.1

Уплотнение фетровое

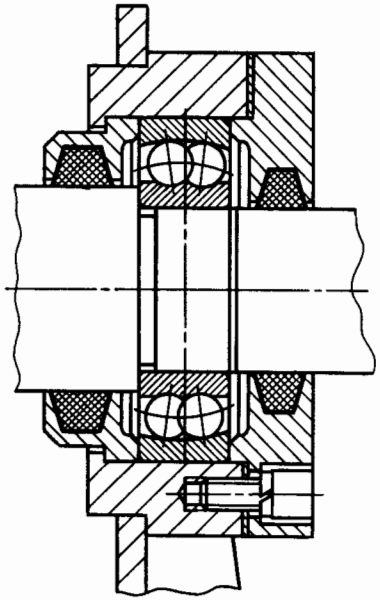


Рис. 2

Стальная уплотнительная шайба

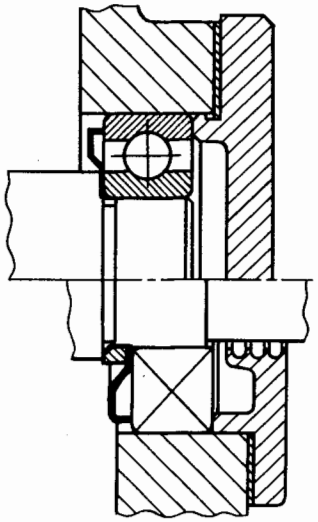


Рис.3

Маслоотражатель

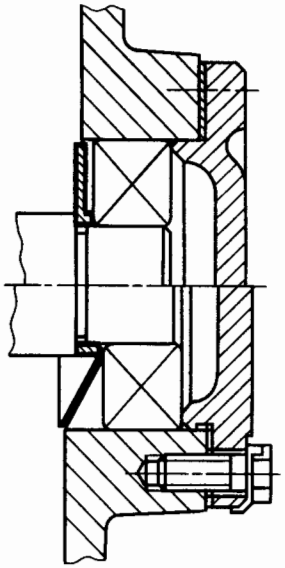


Рис.4

Уплотнение вертикального вала

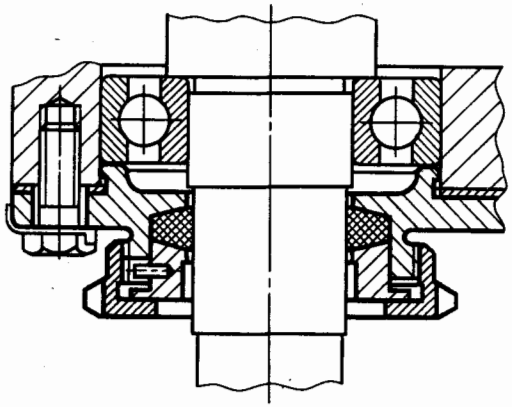
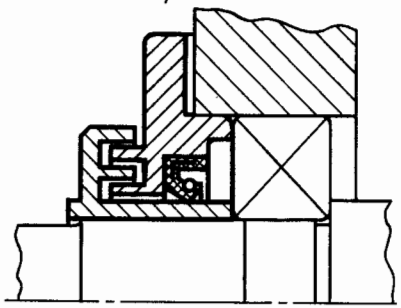


Рис.5

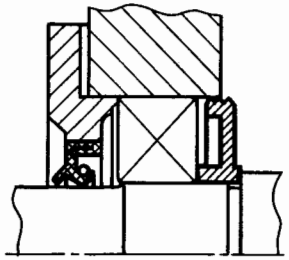
Уплотнение при значительном загрязнении окружающей среды

комбинированное



а)

манжета с пыльником



б)

Рис. 6

Щелевое уплотнение

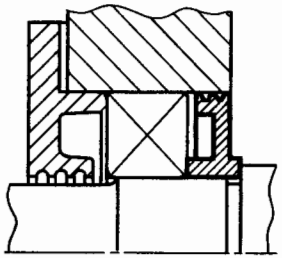


Рис. 7

Примеры уплотнений подшипников	Лист 501

Уплотнение винтовой канавкой

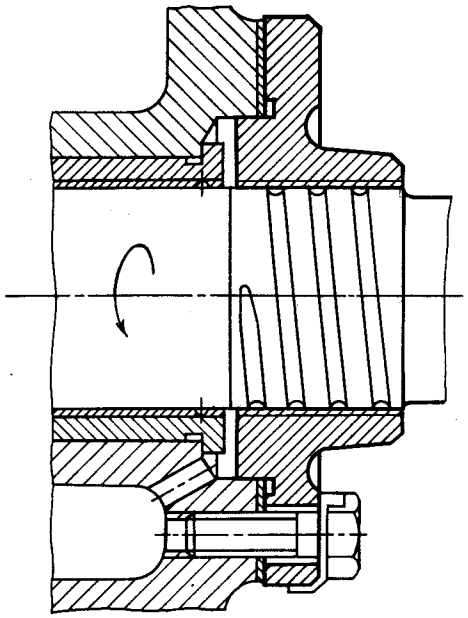


Рис.1

Уплотнения центробежные

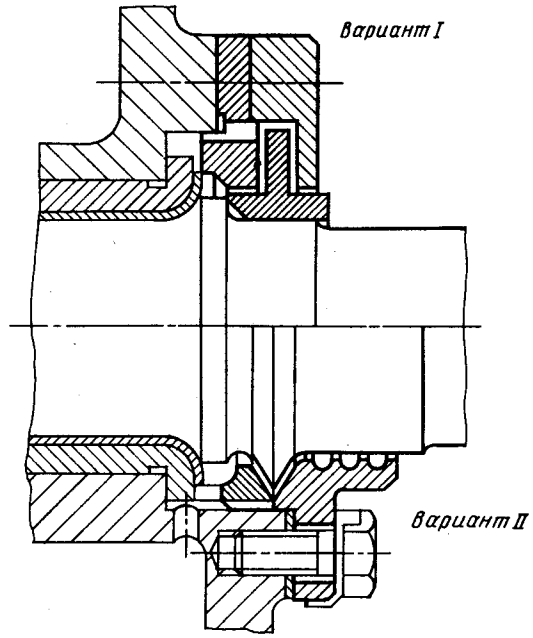


Рис.2

Уплотнение комбинированное центробежное

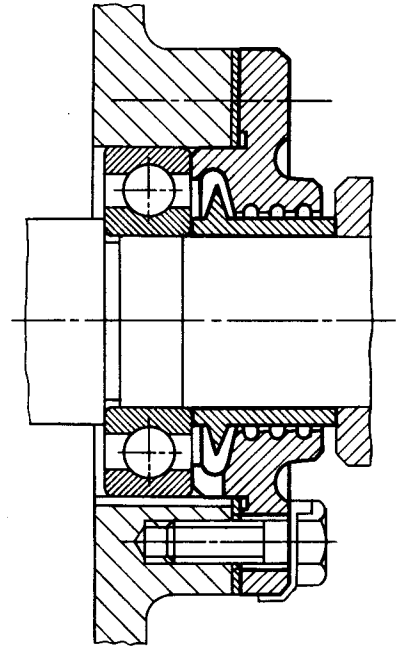


Рис.3

Лабиринтно–щелевое уплотнение

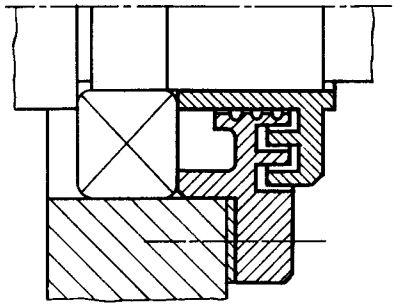


Рис.4

Уплотнение радиальное лабиринтное уплотнительными шайбами

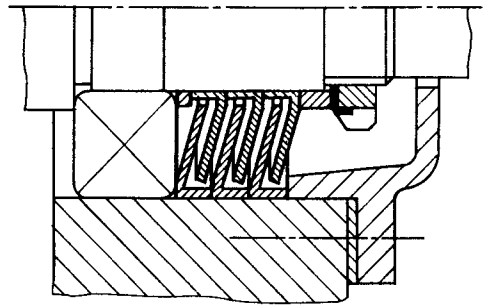


Рис.5

Комбинированное лабиринтное уплотнение

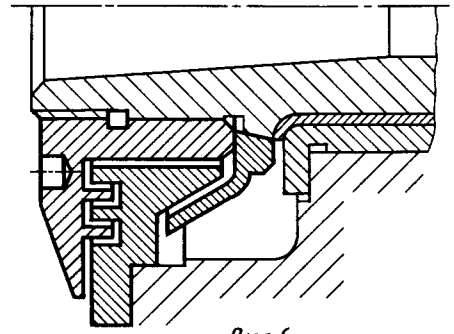
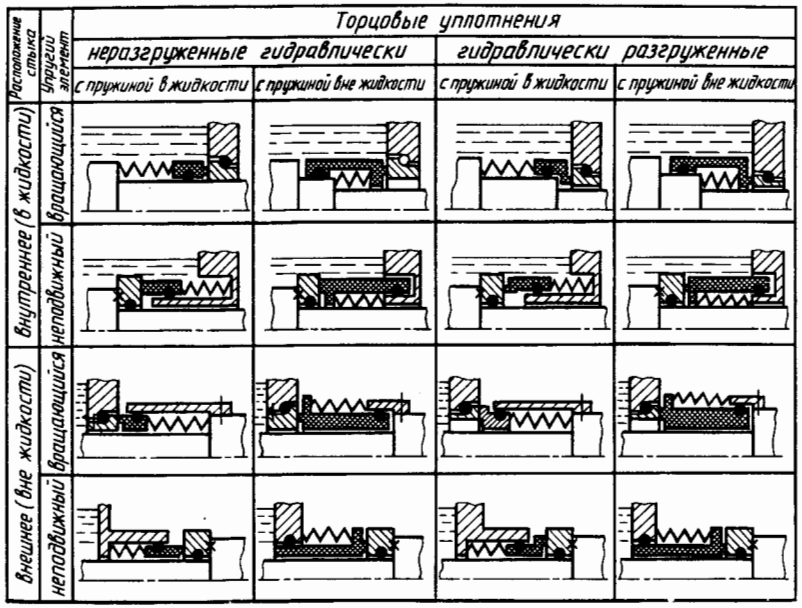


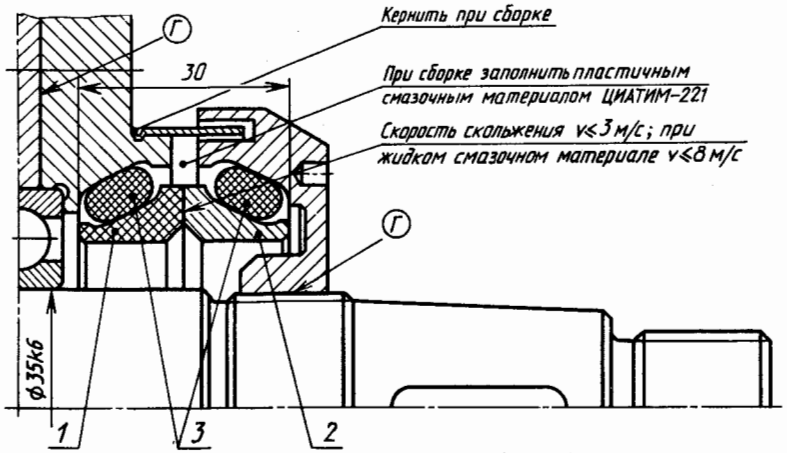
Рис.6

Примеры уплотнений подшипников	Лист 502

Конструктивные схемы одинарных торцовых уплотнений



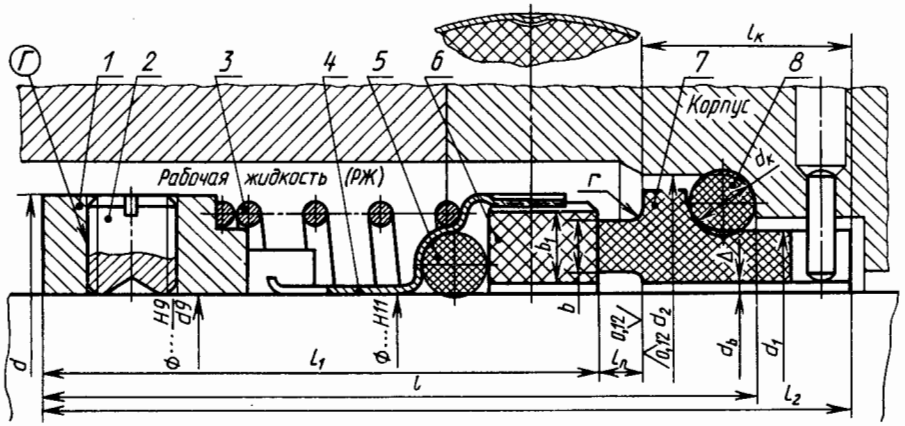
Торцовое уплотнение ведущего вала редуктора



1 – неподвижное кольцо (углеграфит 2П-1000Ф); 2 – вращающееся кольцо (сталь 95×18, 55HRC$_э$); 3 – уплотнительные резиновые кольца круглого сечения 050-060-58 по ГОСТ 9833-73; для их деформирования осевое перемещение гайки составляет 3 . . . 4 мм.

Рис. 1

Торцовое уплотнение типа 211 (ВНИИгидромаш)



1 – втулка упругого элемента; 2 – винт установочный; 3 – пружина центральная; 4 – поводок-обойма; 5 – уплотнительное резиновое кольцо (вторичное уплотнение); 6 – вращающееся кольцо пары трения, установленное упруго; 7 – неподвижное кольцо, установленное свободно для компенсаций биений стыка пары трения; 8 – уплотнительное резиновое кольцо (5 и 8 по ГОСТ 9833-73)

Рис. 2

Основные размеры, мм, уплотнений типа 211

d_b*	d	d_1	d_2*	l	l_1	l_2
30	44	39	46	49,5	38,5	56
40	56	52	60	55	40,5	61,5
48	64	58	68	60	46,5	66,5

* В соответствии с ИСО 3069-74

Конструктивные соотношения

d_b, мм	10...20	20...40	40...80	80...150
b, мм	2...3	3...4	4...5	5...7
$d_к$, мм	4,6		5,8	
δ, мм	0,5...0,7		0,7...1,3	1,3...2

Условия эксплуатации:

1. Преимущественное применение для насосов
2. Давление нейтральной РЖ . . . . . $p \leq 1{,}6$ МПа
3. Скорость скольжения . . . . . $v \leq 20$ м/с
4. Параметр . . . . . $pv \leq 50$ МПа·м/с
5. Давление от пружины на поверхности пары трения . . . . . не более 0,5 МПа
6. Материал пары трения . . . . . ГАКК 55/40
7. Класс негерметичности 2-2

δ – деформация сжатия уплотнительного кольца

$b_1 = b + (1 \ldots 4)$ мм; $l_п \leq b$;

$l_к \geq (1{,}5 \ldots 2{,}2)\, l_п$;

$r = 1 \ldots 3$ мм; $\Delta = 0{,}5 \ldots 1$ мм

Примечание.

ГАКК – силицированный графит (алюмокарбидкремниевый);

Г – собрать с герметиком марки Анатерм-6 по ТУ 6-01-1215-79

Уплотнения торцовые	Лист 503

1. РАЗМЕРЫ РЕЗИНОВЫХ МАНЖЕТ ПО ГОСТ 14896—84, мм

D	d	b	H	d_1	d_2	b_1	b_2	H_1	H_2	h	h_1
25	15	$8^{\pm 0,3}$	$7^{\pm 0,2}$	15,3	12	$4,5^{\pm 0,2}$	$4,7^{\pm 0,2}$	$4,3^{\pm 0,2}$	$3,5^{\pm 0,2}$	8,5	10,5
28	18			18,3	15						
32	22			22,3	19						
36	26			26,3	23						
40	30			30,3	27						
45	35			35,3	32						
50	40			40,3	37						
56	46			46,3	43						
60	50			50,3	47						
70	55	$10,5^{\pm 0,6}$	$9^{\pm 0,3}$	55,5	51	$5,5^{\pm 0,3}$	$7^{\pm 0,2}$	$5,3^{\pm 0,2}$	$4,5^{\pm 0,2}$	11,0	13,5
80	65			65,5	62						
90	75			75,5	72						
100	80	$14^{\pm 0,5}$	$10^{\pm 0,3}$	80,5	76	$9,5^{\pm 0,5}$	$8^{\pm 0,3}$	$5,5^{\pm 0,3}$	$4,7^{\pm 0,3}$	12,0	14,0
110	90			90,5	86						
125	105			105,5	101						
140	120			120,5	116						
160	140			140,5	136						
180	160			160,5	156						
200	180			180,5	176						
220	200			200,5	196						
250	230			230,5	226						
280	260			260,5	256						
320	300			300,5	296						

2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗИНОВЫХ МАНЖЕТ ПО ГОСТ 14896—84

Группы резин	0	1	2	4	3	5	6
Типы каучуков	СКФ-26	СКФ-32	СКН-40	СКН-26	СКН-40–ПВХ-30	СКН-26+ +СКН-18	СКН-18
Рабочая среда	Масла, топлива, рабочие жидкости, агрессивные жидкости (кислоты, щелочи, спирты и др.)		Масла, топлива, рабочие жидкости		Масла, водные эмульсии	Вода, вода морская, конденсат	Масла, топлива
Давление p_{max}, МПа	32		50	32	63	20	10
Скорость v, м/с	$\leqslant 0,5$						0,2
Диапазон температур, С	−10...+200	−10...+150	−20...+100	−30...+100	−2...+70	−2...+70	−60...+100
Истираемость, см³/(кВт·ч)	225		300	385	300	460	600

Размеры манжеты

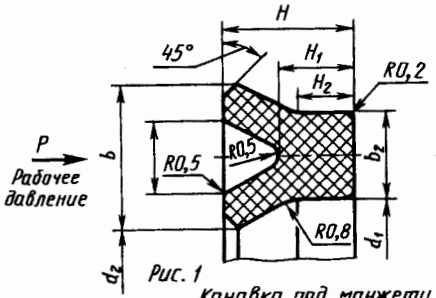


Рис. 1

Канавка под манжету в штоке для уплотнения цилиндра

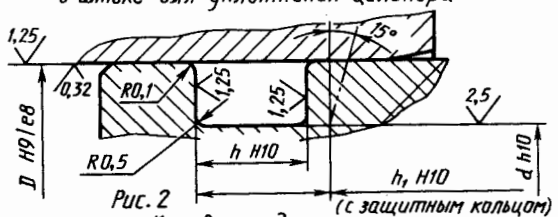


Рис. 2

Канавка под манжету в цилиндре для уплотнения штока

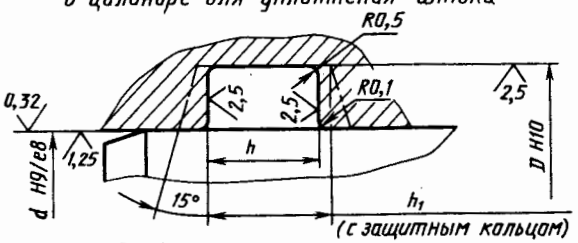


Рис. 3

Уплотнения гидравлических устройств

Лист 504

Размещение манжет на штоке

Тип 1 – уплотнение цилиндров

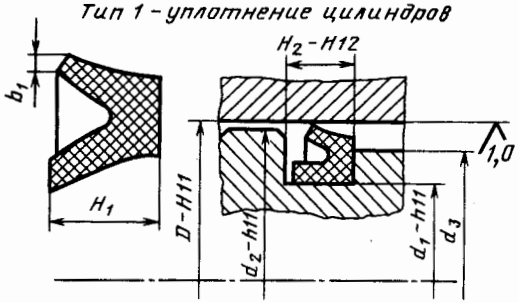


Рис.1

Пример обозначения манжеты типа 1 для диаметра цилиндра D=25 мм из резины группы 3: манжета 1-025-3 ГОСТ 6678-72

Размещение манжет в отверстии

Тип 2 – уплотнение штоков

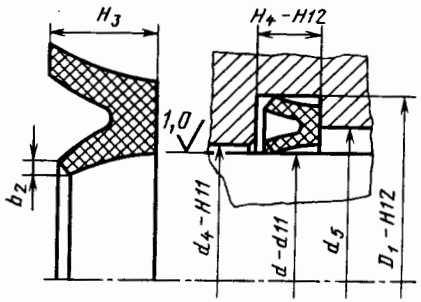


Рис.2

Пример обозначения манжеты типа 2 для диаметра штока d=10 мм из резины группы 1: манжета 2-010-1 ГОСТ 6678-72

1. РАЗМЕРЫ РЕЗИНОВЫХ МАНЖЕТ ПО ГОСТ 6678—72 ДЛЯ ПНЕВМОУСТРОЙСТВ, мм

Тип 1							Тип 2						
D	H_1	b_1	d_1	d_2	d_3	H_2	d	H_3	b_2	D_1	d_4	d_5	H_4
20	4	1,0	11,5	19,4	14,5	4,4	12	5	1	22	12,4	19	5,5
22			13,5	21,4	16,5		14			24	14,4	21	
25	5	1,5	15	24,4	19,5	5,5	16	6	1,5	28	16,4	23,7	6,6
28			18	27,4	22,3		18			30	18,4	25,7	
32			22	31,4	26,3		20			32	20,4	27,7	
36	6		24	35,4	28,3	6,6	22			34	22,4	29,7	
40			28	39,3	32,3		25			37	25,4	32,7	
45			33	44,3	37,3		28			40	28,4	35,7	
50	6,5	2,0	37	49,3	42,5	7,2	32			44	32,4	39,7	
56			43	55,3	48,5		36			48	36,4	43	
60			47	59,3	52,5		40			52	40,4	47	
63			50	62,3	55,5		45	7	2,0	59	45,8	54	7,7
70			57	69,3	62,5		50			64	50,8	59	
80			67	79,3	72,5		56			70	56,8	65	
90			77	89,3	82,5		60			74	60,8	69	
100			87	99,3	92,5		63			77	63,8	72	
110	7		96	109	101,5	7,7	70			84	70,8	79	
125			111	124	116,5		80			94	80,8	89	
140			126	139	131,5		90			104	90,8	99	
160			146	159	151,5		100			114	100,8	109	
180			166	179	171,5		110			124	110,8	119	
200			186	199	191,5		125			139	125,8	124	
220	8		204	218,8	209,5	8,8	140			154	140,8	149	
250			234	248,8	239,5		160			174	160,8	169	
280			264	278,8	269,5		180			194	180,8	189	
320			304	318,8	309,5		200			214	200,8	209	

2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗИНОВЫХ МАНЖЕТ ПО ГОСТ 6678—72

Группа	Тип каучуков	Рабочая среда	Температура рабочей среды, °С	Скорость, м/с	Давление, МПа
1	СКН-18 или СКН-26	Воздух или воздух с парами масел или топлив	−55...+50	≤ 1	0,005...1
2	СКФ-26		−20...+150		
3	СКН-40		−30...+100		
4	СКМС-10		−65...+100		

Уплотнения пневматических устройств

Лист 505

Шевронные резинотканевые уплотнения по ГОСТ 22704-77 для гидроустройств (для штоков)

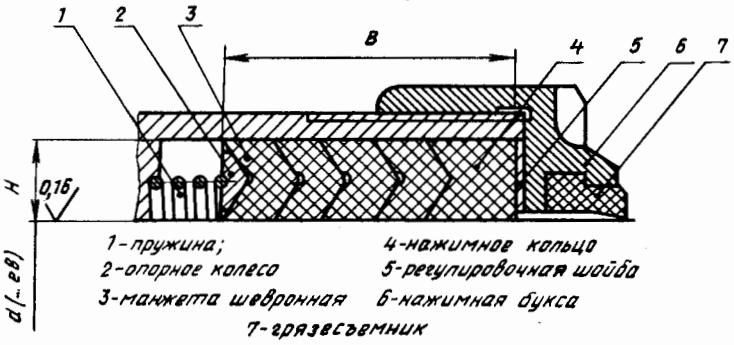


Рис.1

РАЗМЕРЫ ШЕВРОННЫХ РЕЗИНОТКАНЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПО ГОСТ 22704—77 ДЛЯ ШТОКОВ ГИДРОУСТРОЙСТВ

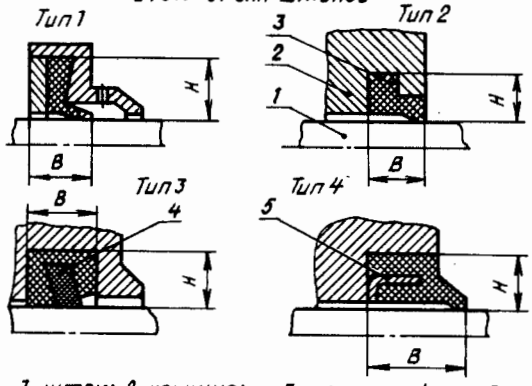
Диаметр штока *d*, мм	Высота манжеты *H*, мм	При давлении рабочей среды, МПа											
		6,3		10		20		32		40		63	
		n	*B*, мм	*n*	*B*, мм	*n*	*B*, мм	*n*	*B*, мм	*n*	*B*, мм	*n*	*B*, мм
От 10 до 30	5,0	3	18	4	21	4	21	4	21	5	24	6	27
	6,0			3	18	3	18			4	21	5	24
	7,5		22,5		22,5		22,5		26		26		29,5
	10,0		28,75		28,75		28,75		33,5		33,5		38,25
Св. 30 до 60	6,0	4	21	4	21	5	24	6	27	6	27	7	30
	7,5	3	22,5		26	4	26	5	29,5	5	29,5	5	29,5
	10,0		28,75	3	28,75	3	28,75	4	33,5	4	33,5	5	38,25
	12,5		35,75		35,75		35,75		41,5		41,5		47,25
Св. 60 до 100	7,5	4	26	4	26	5	29,5	6	33	7	36,5	8	40
	10,0	3	28,75		33,5	4	33,5	5	38,25	6	43	7	47,75
	15,0		43,15	3	43,15	3	43,15	4	50,3	5	57,45	6	46,6
Св. 100 до 220	7,5	4	26	5	29,5	6	33	7	36,5	8	40	9	43,5
	10,0		28,75	4	33,5	5	38,25	6	43	7	47,75	8	52,5
	15,0	3	43,15	3	43,15	4	50,3	5	57,45	6	64,6	7	71,75
Св. 220 до 500	15,0	4	50,3	5	57,45	6	64,6	7	71,75	8	78,9	9	86,05

Примечание. *n* — число манжет в комплекте; *B* — ширина уплотнения.

Условия эксплуатации

Рабочая среда: масла, топлива, вода, морская вода.
Давление рабочей среды ..... не более 63 МПа.
Температура рабочей среды ..... −50...+100 °С.
Скорость скольжения ..... не более 3 м/с.
Класс негерметичности 3-2
Начальная величина подтяжки ..... (0,02...0,05) В
Суммарная величина
всех подтяжек ..... ≤(0,2...0,3) В
Материал манжет ..... ткань доместик (ГОСТ 1104 –69), промазанная резиновой смесью.

Резиновые грязосъемники по ГОСТ 24811-81 для штоков



1-шток; 2-крышка; 3-манжета; 4-скребок
5-арматура

рис. 2

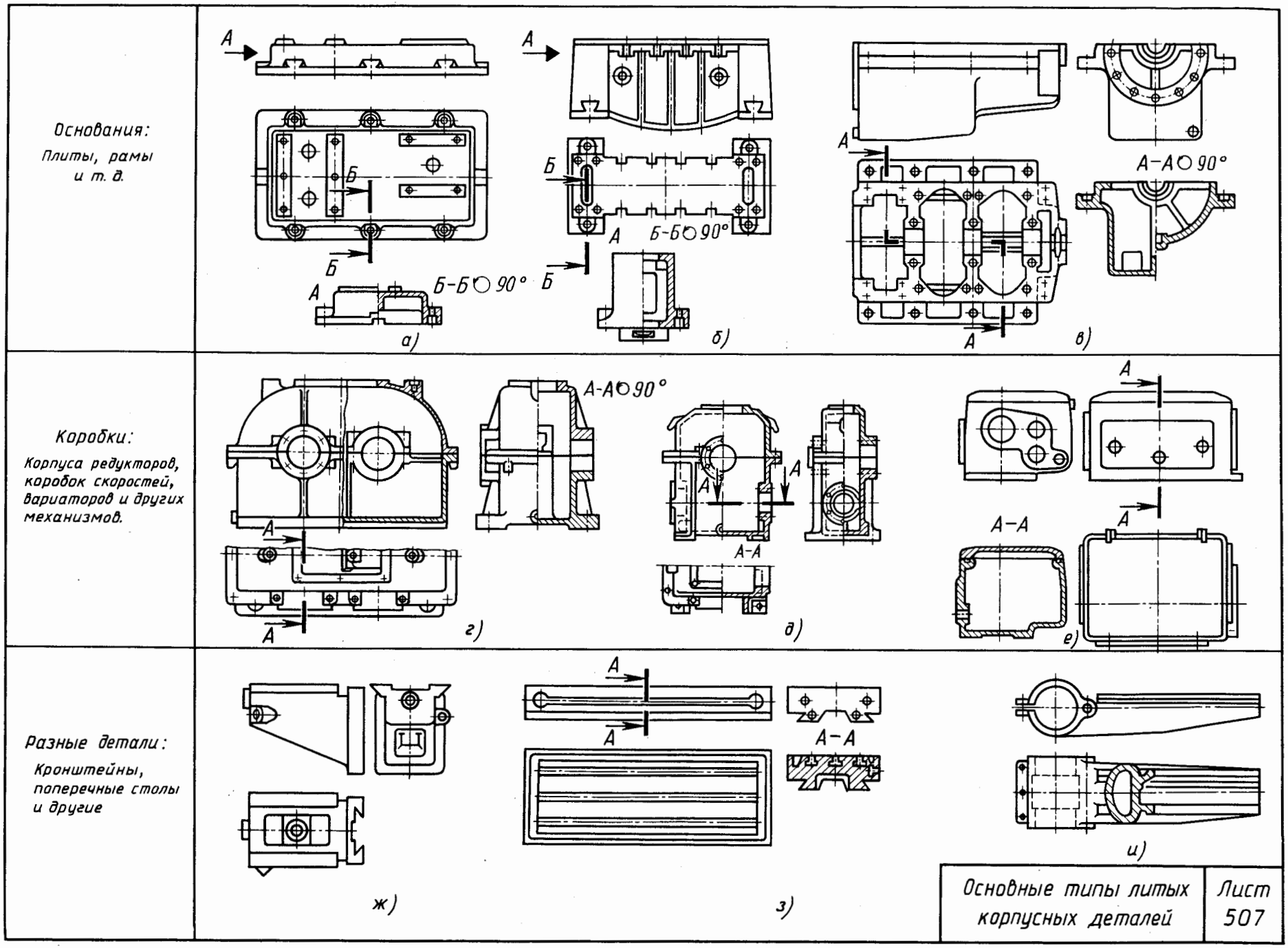
РАЗМЕРЫ РЕЗИНОВЫХ ГРЯЗЕСЪЕМНИКОВ ПО ГОСТ 24811—81 ДЛЯ ШТОКОВ

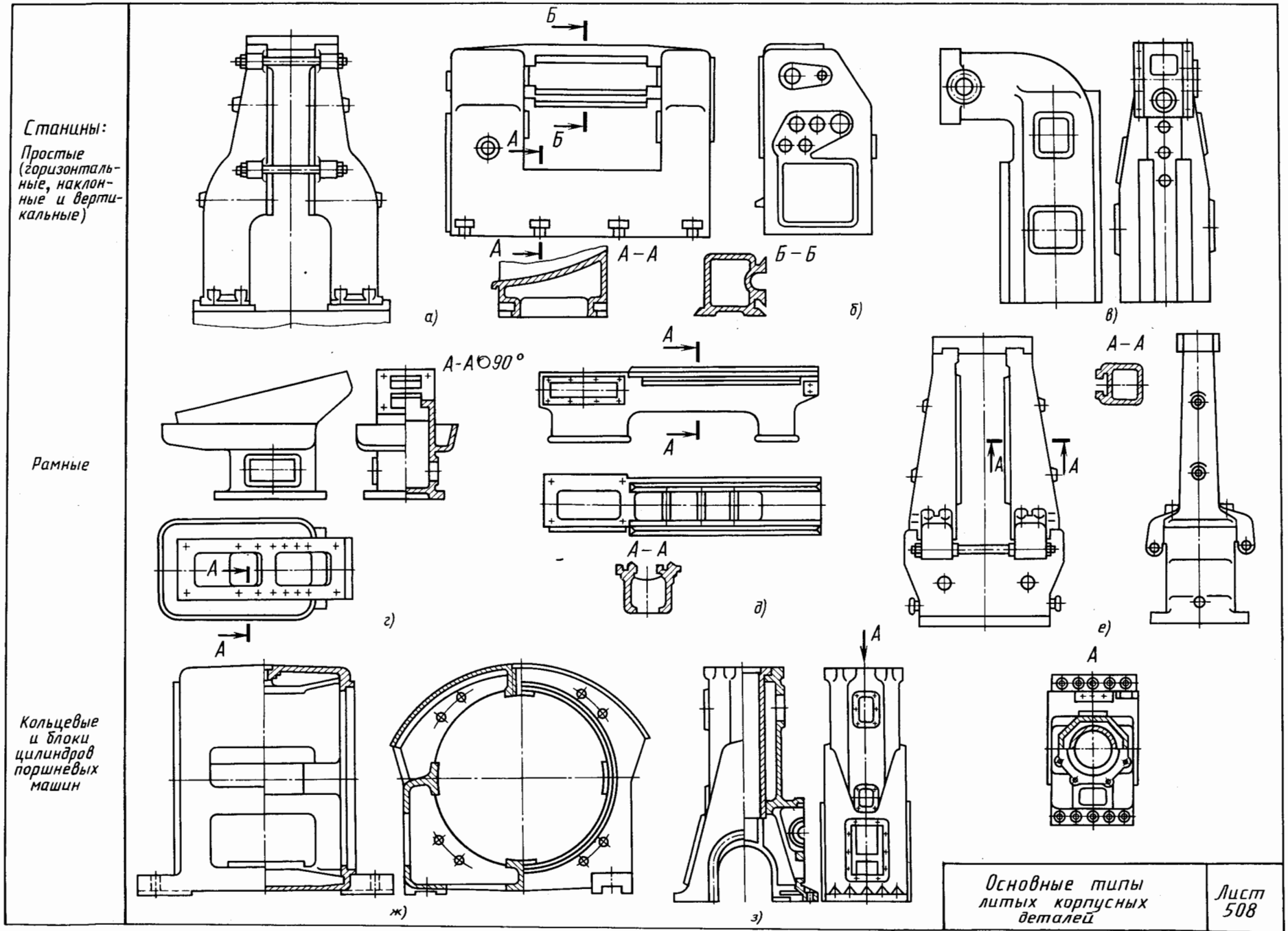
Размеры, мм

Диаметр штока d	Высота H	Ширина B
Тип 1		
4...28	6	4
30...56	8,75	6
60...95	11	8
100...140	13,75	10
150...240	15,5	12
250...500	17,25	14
Тип 2		
d	H	B
4...18	3	5
20...22	4	
25...100	4	7
110...220	6	9
220...280	8	
320...400	10	11
450...630	12	
710	14	15
800...900	15	18

Диаметр штока d	Высота H	Ширина B
Тип 3		
d	H	B
20...50	5,5	7,5
52...100	8	9,5
105...200	10,5	10,5
210...360	12	11,5
Тип 4		
d	H	B
4...10	3	5,5
12...100	5	10
110	7,5	
125...200		12

Примечание. Типы 1, 2, 4 — для очистки штоков от пыли и грязи; тип 3 — для очистки штоков от крупных абразивных частиц, материал скребка — фторопласт-4.


Основания:
Плиты, рамы и т. д.
Б-Б ○ 90°
а)
Б-Б ○ 90°
б)
А-А ○ 90°
в)
Коробки:
Корпуса редукторов, коробок скоростей, вариаторов и других механизмов.
А-А ○ 90°
г)
А-А
д)
А-А
е)
Разные детали:
Кронштейны, поперечные столы и другие
ж)
А-А
з)
и)
Основные типы литых корпусных деталей
Лист 507


Станины:
Простые (горизонтальные, наклонные и вертикальные)
Рамные
Кольцевые и блоки цилиндров поршневых машин
Б
А
А–А
Б–Б
а)
б)
в)
А-А↻90°
г)
д)
е)
ж)
з)
Основные типы литых корпусных деталей
Лист 508

КЛАССЫ ТОЧНОСТИ РАЗМЕРОВ И МАСС, РЯДЫ ПРИПУСКОВ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ ОТЛИВОК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ (ГОСТ 26645—85)

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип металла и сплава		
		Цветные с температурой плавления ниже 700° С	Цветные с температурой плавления выше 700° С, серый чугун	Ковкий, высокопрочный и легированный чугун, сталь
		Классы точности размеров и масс отливок и ряды припусков		
Литье под давлением в металлические формы	До 100	3т—5 / 1	3—6 / 1	4—7т / 1
	Св. 100	3—6 / 1	4—7т / 1	5т—7 / 1
Литье в керамические формы и по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	3—6 / 1	4—7т / 1—2	5т—7 / 1—2
	Св. 100	4—7 / 1—2	5т—7 / 1—2	5—8 / 1—2
Литье в кокиль и под низким давлением в металлические формы без и с песчаными стержнями, литье в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	4—9 / 1—2	5т—10 / 1—3	5—11т / 1—3
	Св. 100 до 630	5т—10 / 1—3	5—11т / 1—3	6—11 / 2—4
	Св. 630	5—11т / 1—3	6—11 / 2—4	7т—12 / 2—5
Литье в песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежное, в сырые и сухие песчано-глинистые формы	До 630	6—11 / 2—4	7т—12 / 2—4	7—13т / 2—5
	Св. 630 до 4000	7—12 / 2—4	8—13т / 3—5	9т—13 / 3—6
	Св. 4000	8—13т / 3—5	9т—13 / 3—6	9—14 / 4—6

Примечание. В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе — ряды припусков. Меньшие их значения относятся к простым отливкам в условиях массового автоматизированного производства; большие значения — к сложным, мелкосерийно и индивидуально изготовленным отливкам; средние — к отливкам средней сложности и условиям механизированного производства.

Пример условного обозначения отливки 8-го класса точности размеров, 7-го класса точности массы, 5-й степени коробления и четвертого ряда припусков на механическую обработку.

Точность отливки 8-7-5-4 ГОСТ 26645—85

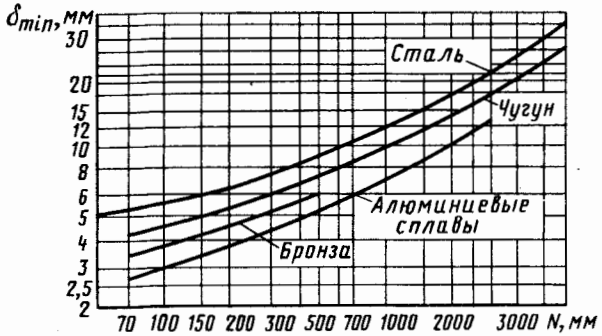
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА С ПЛАСТИНЧАТЫМ ГРАФИТОМ (ГОСТ 1412—79)

Марка	Предел прочности, Н/мм² (кгс/мм²)		Твердость НВ
	при растяжении	при изгибе	
СЧ10	98 (10)	274 (28)	143...229
СЧ15	147 (15)	314 (32)	163...229
СЧ20	196 (20)	392 (40)	170...241
СЧ25	245 (25)	451 (46)	180...250
СЧ30	294 (30)	490 (50)	181...255
СЧ35	343 (35)	539 (55)	197...269
СЧ40	392 (40)	588 (60)	207...285
СЧ45	441 (45)	637 (65)	229...289

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ ПОСЛЕ НОРМАЛИЗАЦИИ (ГОСТ 977—75)

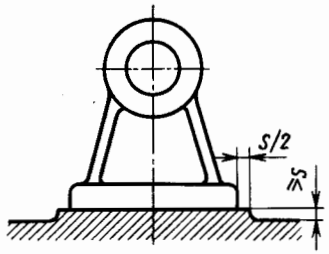
Марка	Предел текучести, Н/мм²	Предел прочности, Н/мм²	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %	Ударная вязкость, кДж/м²
15Л	200	400	24	35	500
20Л	220	420	22	35	500
25Л	240	450	19	30	400
30Л	260	480	17	30	350
35Л	280	500	15	25	350
40Л	300	530	14	25	300
45Л	320	550	12	20	300
50Л	340	580	11	20	250
55Л	350	600	10	18	250

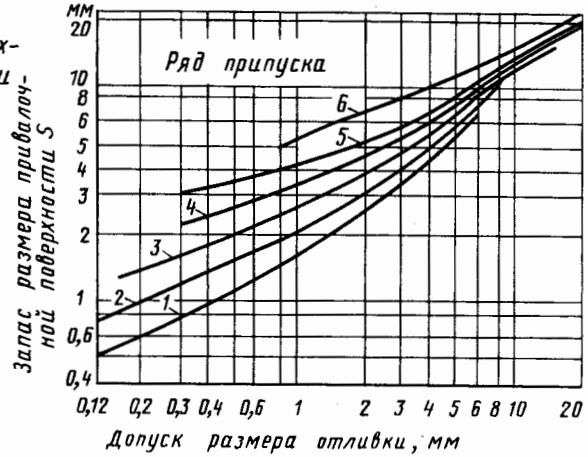
Минимальные толщины δ_{min} стенок отливок



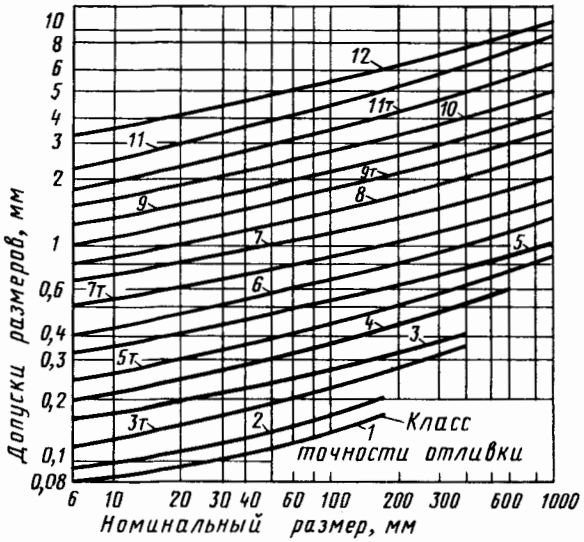
$N = \frac{2l+b+h}{3}$ (l – длина, b – ширина и h – высота отливки в мм)

Запас размера привалочной поверхности (S) по контуру литой детали

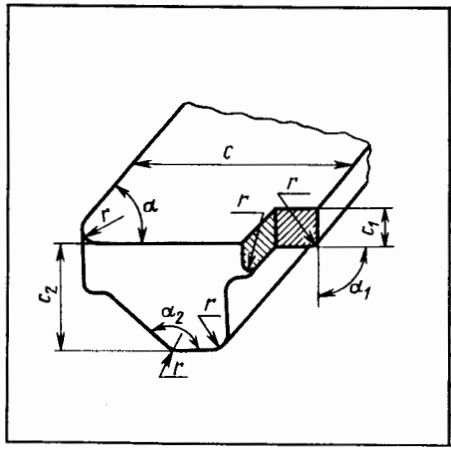




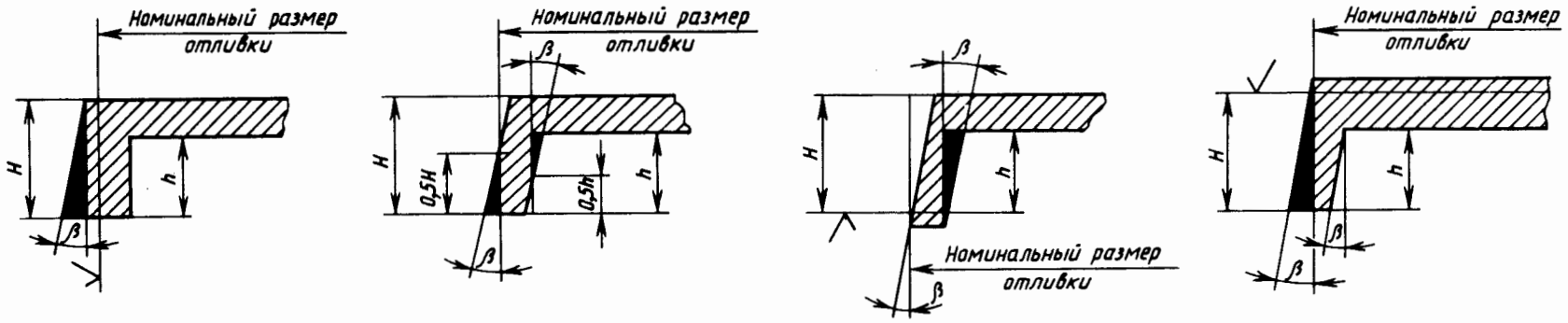
Допуски размеров отливок, не более



Радиус (r) скругления сопрягаемых поверхностей в чугунных отливках



c, c_1, c_2, мм	Угол сопряжения α, α_1, α_2					
	До 50°	Св. 50° до 70°	Св. 70° до 105°	Св. 105° до 135°	Св. 135° до 165°	Св. 165°
	Радиус r, мм					
До 25	2	2	2	4	6,3	8
Св. 25 до 50	2	4	4	6,3	10	16
Св. 50 до 150	4	4	6,3	8	16	25
Св. 150 до 250	4	6,3	8	12	20	32
Св. 250 до 400	6,3	8	10	16	25	40
Св. 400 до 600	6,3	8	12	20	32	50
Св. 600 до 1000	8	12	16	25	40	60
Св. 1000 до 1600	10	16	20	32	50	80
Св. 1600 до 2500	12	20	25	40	60	100
Св. 2500	16	25	32	50	80	125



ФОРМОВОЧНЫЕ УКЛОНЫ ОСНОВНЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ (ГОСТ 3212—80)

Высота поверхности h, мм	При применении песчано-глинистых смесей		При применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой			Для литья по выплавляемым моделям	
	Уклон β модельных комплектов						
	металлических, пластмассовых	деревянных	металлических для оболочковой формы	металлических, пластмассовых	деревянных	для наружных поверхностей	для внутренних поверхностей
≤10	2°17′	2°54′	1°43′	3°26′	4°	30′	1°30′
от 10 до 18	1°36′	1°54′	1°16′	2°32′	2°52′	20′	1°10′
от 18 до 30	1°09′	1°31′	57′	1°54′	2°17′	15′	45′
от 30 до 50	48′	1°02′	41′	1°16′	1°29′	15′	45′
от 50 до 80	34′	43′	30′	54′	1°04′	10′	30′
от 80 до 120	26′	32′	23′	40′	46′	10′	30′
от 120 до 180	19′	23′	17′	29′	34′	—	—
от 180 до 250	19′	22′	14′	28′	33′	—	—

Высота поверхности h, мм	При применении песчано-глинистых смесей		При применении смесей, твердеющих в контакте с оснасткой			Для литья по выплавляемым моделям	
	Уклон β модельных комплектов						
	металлических, пластмассовых	деревянных	металлических для оболочковой формы	металлических, пластмассовых	деревянных	для наружных поверхностей	для внутренних поверхностей
от 250 до 315	19′	22′	14′	27′	33′	—	—
от 315 до 400	18′	21′	—	26′	32′	—	—
от 400 до 500	17′	21′	—	25′	31′	—	—
от 500 до 630	17′	19′	—	24′	29′	—	—
от 630 до 800	16′	19′	—	24′	29′	—	—
от 800 до 1600	—	19′	—	—	29′	—	—
от 1600 до 2500	—	19′	—	—	28′	—	—
>2500	—	19′	—	—	28′	—	—

Формовочные уклоны в зависимости от требований, предъявляемых к поверхности отливки, следует выполнять по типу:
1—на обрабатываемых поверхностях отливки сверх припуска на механическую обработку;
2—на необрабатываемых поверхностях, не сопрягаемых по контуру с другими деталями;
3 или 4—на необрабатываемых поверхностях, сопрягаемых по контуру с другими деталями.

Справочные данные для конструирования литых деталей | Лист 511

Угловые и тавровые сопряжения стенок одинаковой толщины $\delta=\delta_0$

$r=(0{,}5\ldots1)\delta$

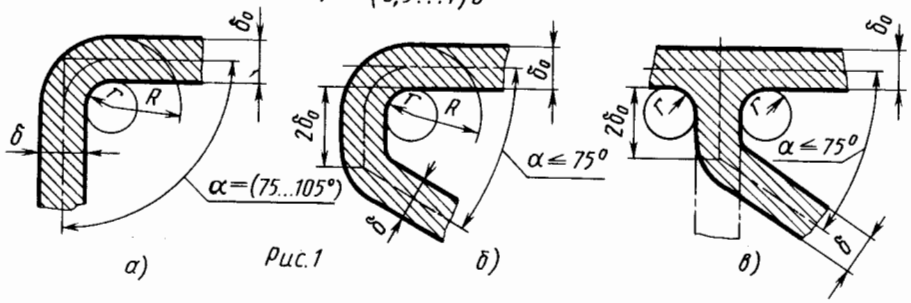


Рис.1

Переходные участки, угловые и тавровые сопряжения стенок разной толщины при $\delta_0/\delta\leq1{,}8$

$r=(0{,}5\ldots1)\dfrac{\delta_0+\delta}{2}$

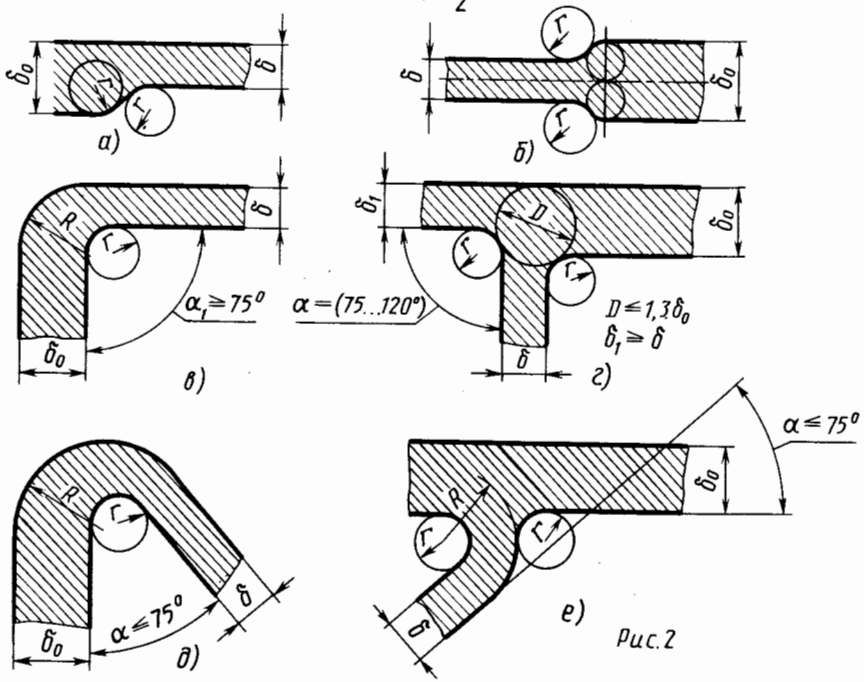


Рис.2

Переходные участки, угловые и тавровые сопряжения стенок разной толщины при $\delta_0/\delta>1{,}8$

$r=(0{,}5\ldots1)\dfrac{\delta_0+\delta}{2}$

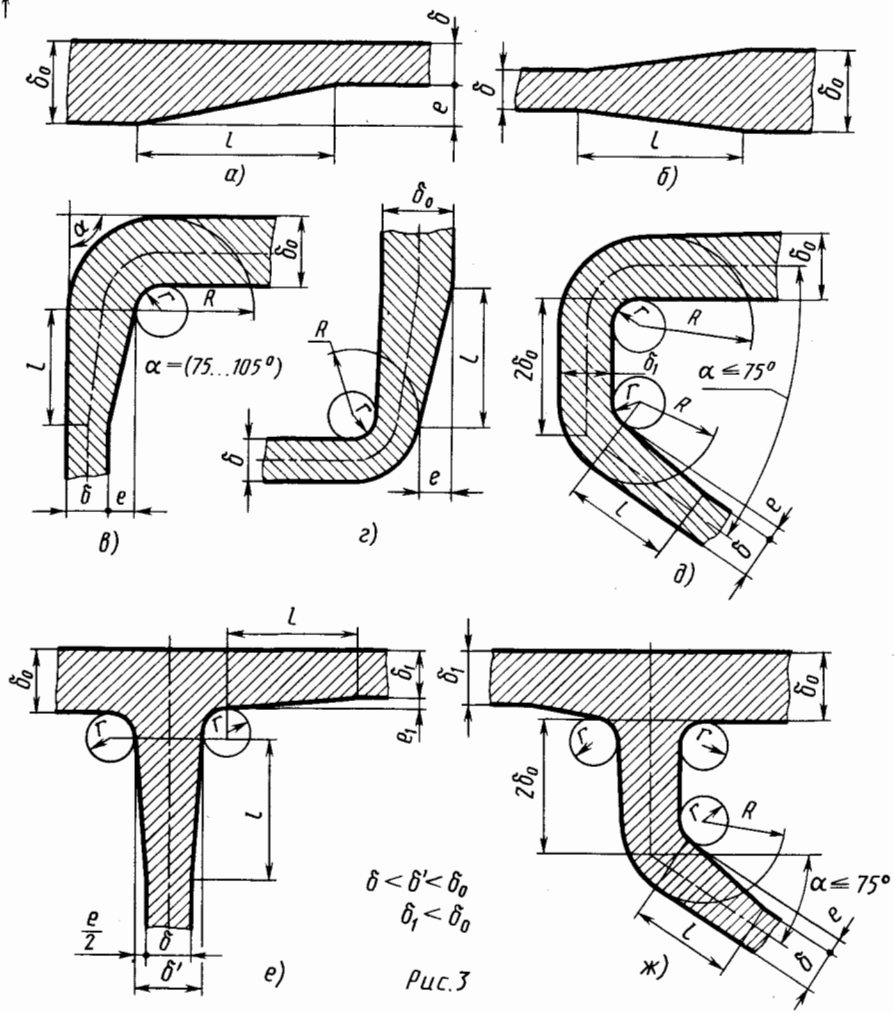


Рис.3

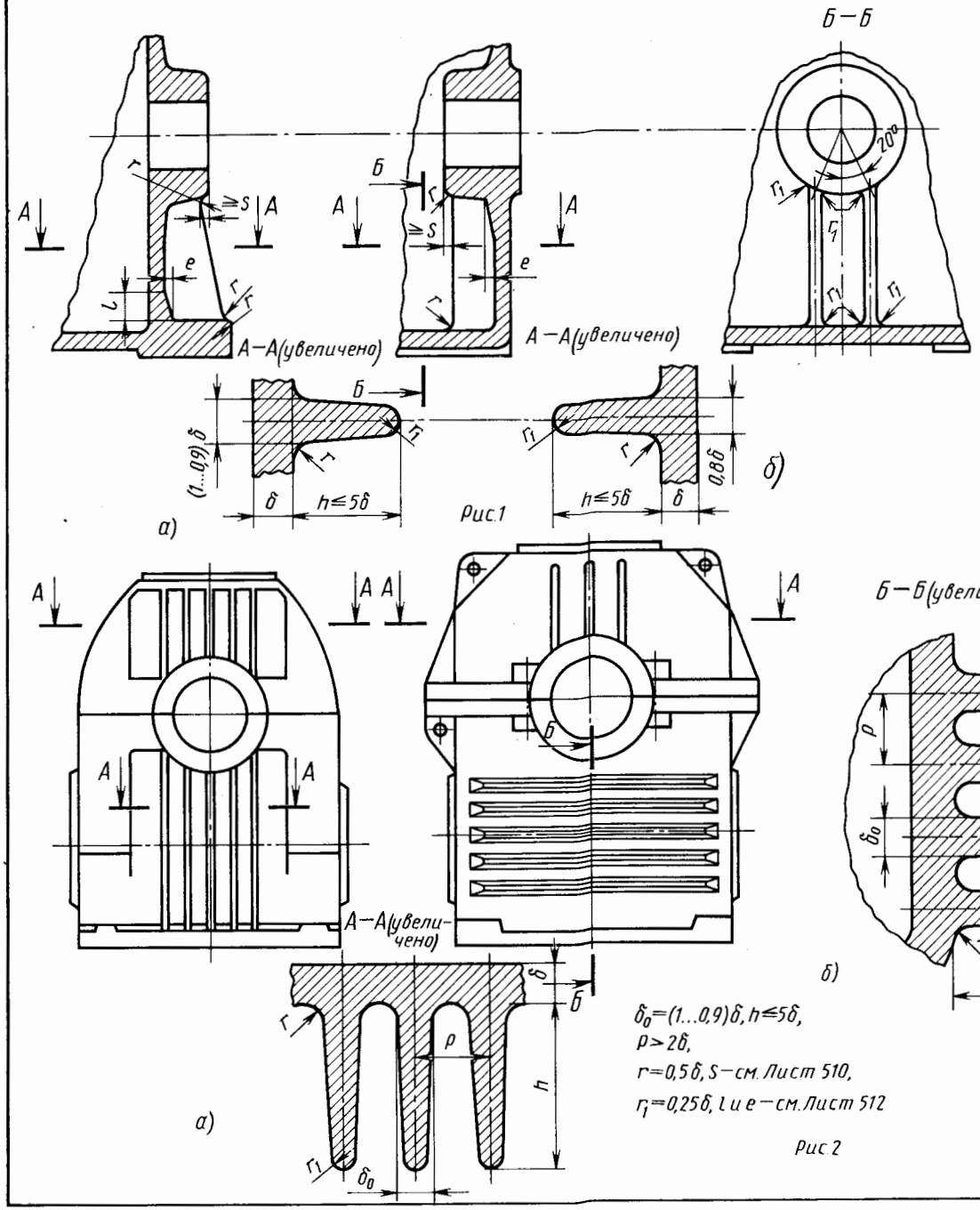
Соотношение размеров переходов и сопряжений

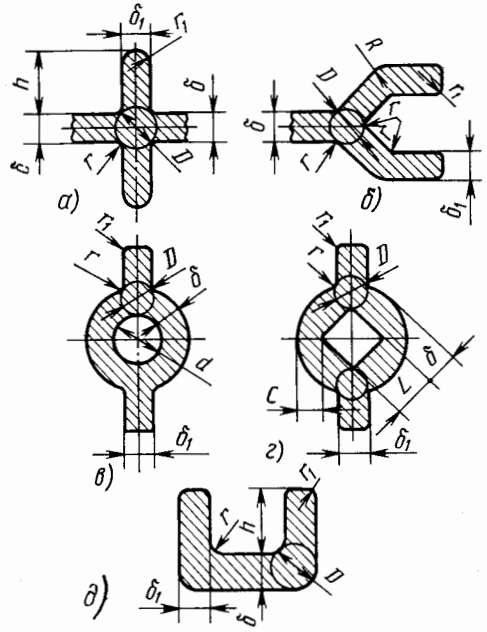
для чугунных отливок: $e/l\leq0{,}25$; $l\geq4e$

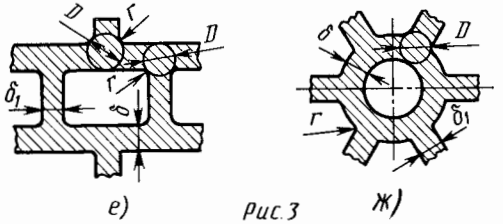
для стальных отливок: $e/l\leq0{,}2$; $l\geq5e$

δ_0/δ	$<1{,}25$	$1{,}25\ldots1{,}8$	$1{,}8\ldots2{,}5$	$>2{,}5$
e	0	$\delta_0-\delta$	$0{,}8(\delta_0-\delta)$	$0{,}7(\delta_0-\delta)$
R	$\delta+r$		$\delta+r+e$	

Сопряжения стенок литых деталей	Лист 512







Рекомендуемые соотношения размеров

Рис.3	h	δ_1	C	R	r	r_1	D
а	≤5	0,5	—	—	0,3	0,25	1,25
б	—	—	—	1,5	0,5	0,25	1,25
в	—	0,8	—	—	0,5	0,25	1,25
г	—	1,0	0,5	—	0,25	0,25	1,25
д	≤5	0,8	—	—	0,3	0,25	1,25
е	—	0,8	—	—	0,3	—	1,25
ж	—	0,8	—	—	0,3	—	1,25

Примечание. Размеры указаны в долях δ

Конструирование ребер

Лист 513

Обработанные борта окон, образующие стыки с обработанными крышками, дверцами и т.д.

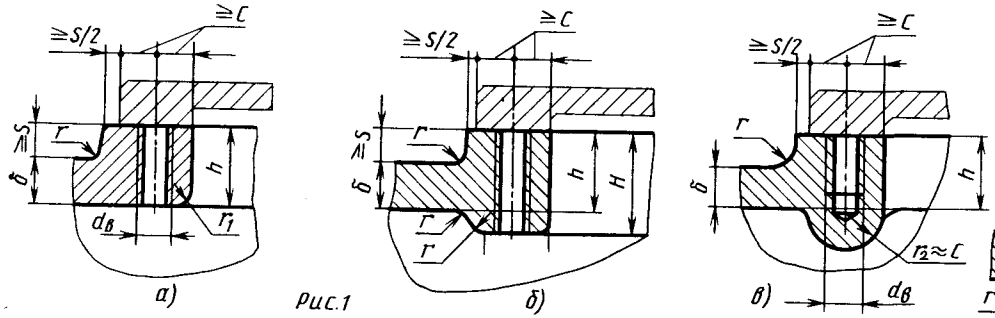


Рис.1

Геометрические формы фланцевых соединений

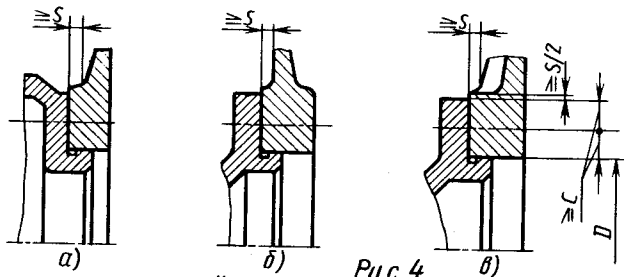


Рис.4

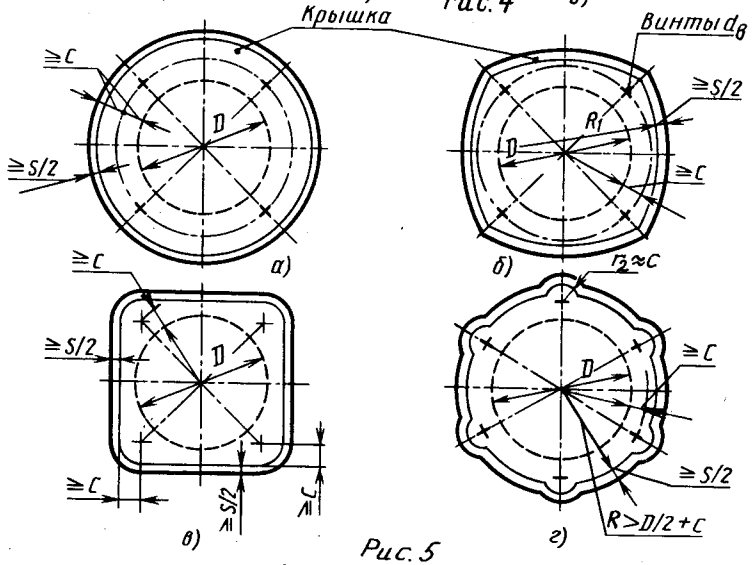
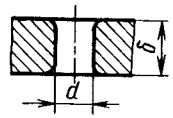


Рис.5

Наименьшие размеры литых отверстий



мм

δ	6...10	12...18	20...30	32...38	40...50
d	δ	0,75δ	0,5δ	0,4δ	0,35δ

Рис.2

Необработанные литые отверстия и окна

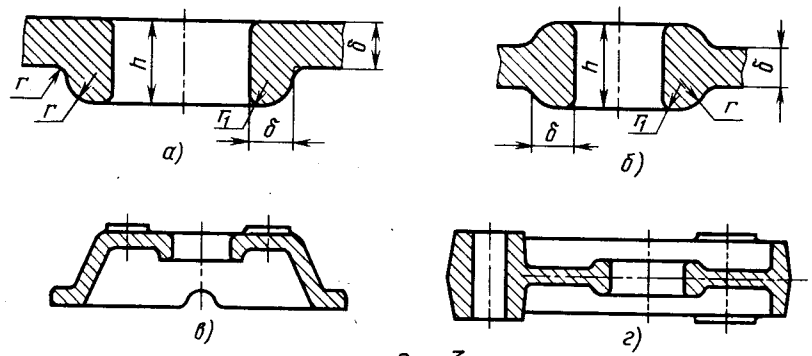


Рис.3

Формы окон и бортов

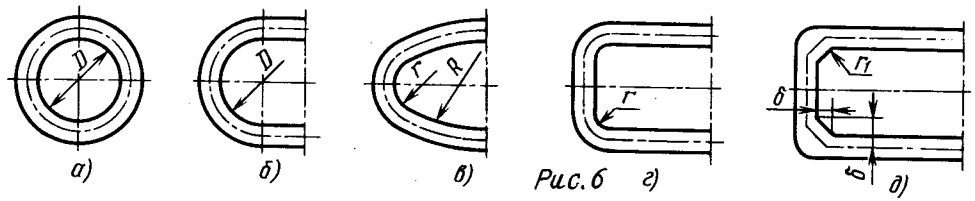


Рис.6

Соотношения размеров:

$h = (1,5...2)\delta$, $H = h + (0,5...1)\delta$,

$r = 0,5\delta$, $C \approx d_в$ – сталь,

$r_1 = 0,25\delta$, $C \approx 1,2 d_в$ – чугун.

S – см. лист 510

$d_в$ – см. лист 515

Отбортовка окон Конструирование фланцев	Лист 514

Наружные приливы

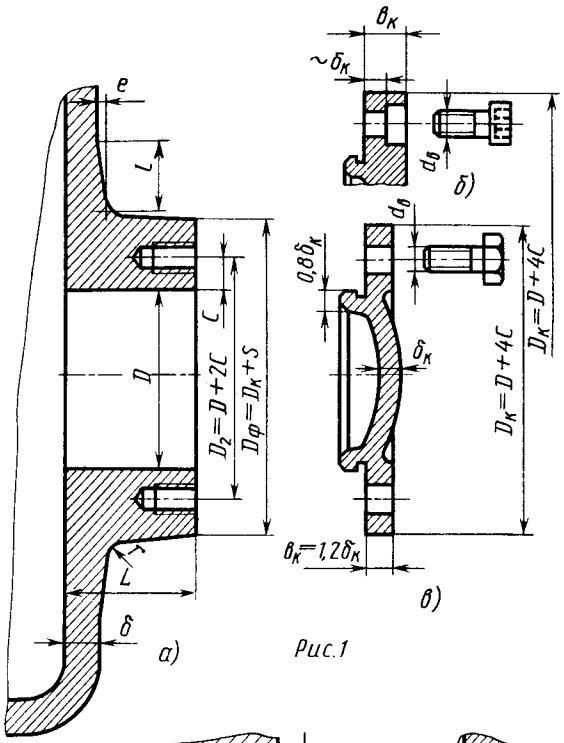


Рис.1

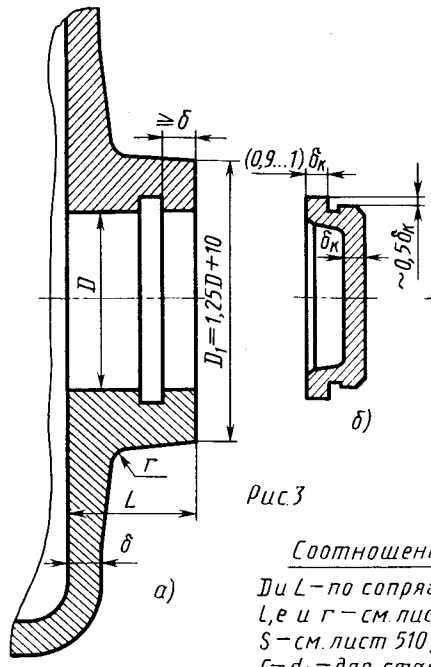


Рис.3

Внутренние приливы

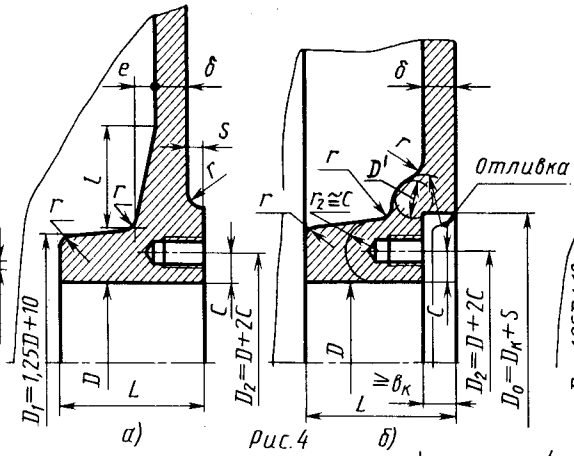


Рис.4

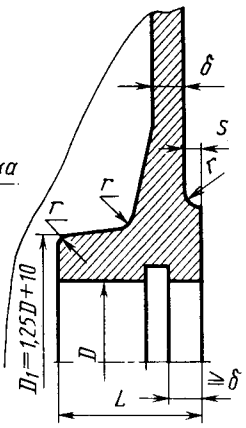


Рис.5

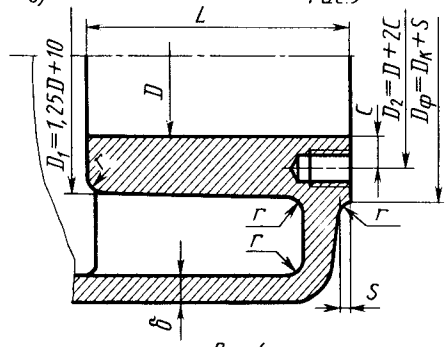


Рис.6

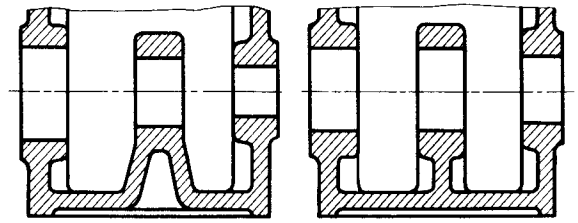


Рис.7

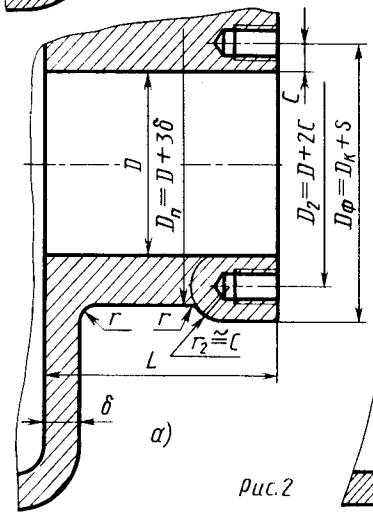
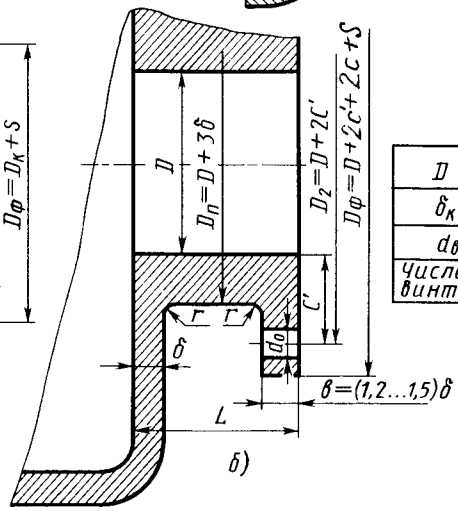


Рис.2



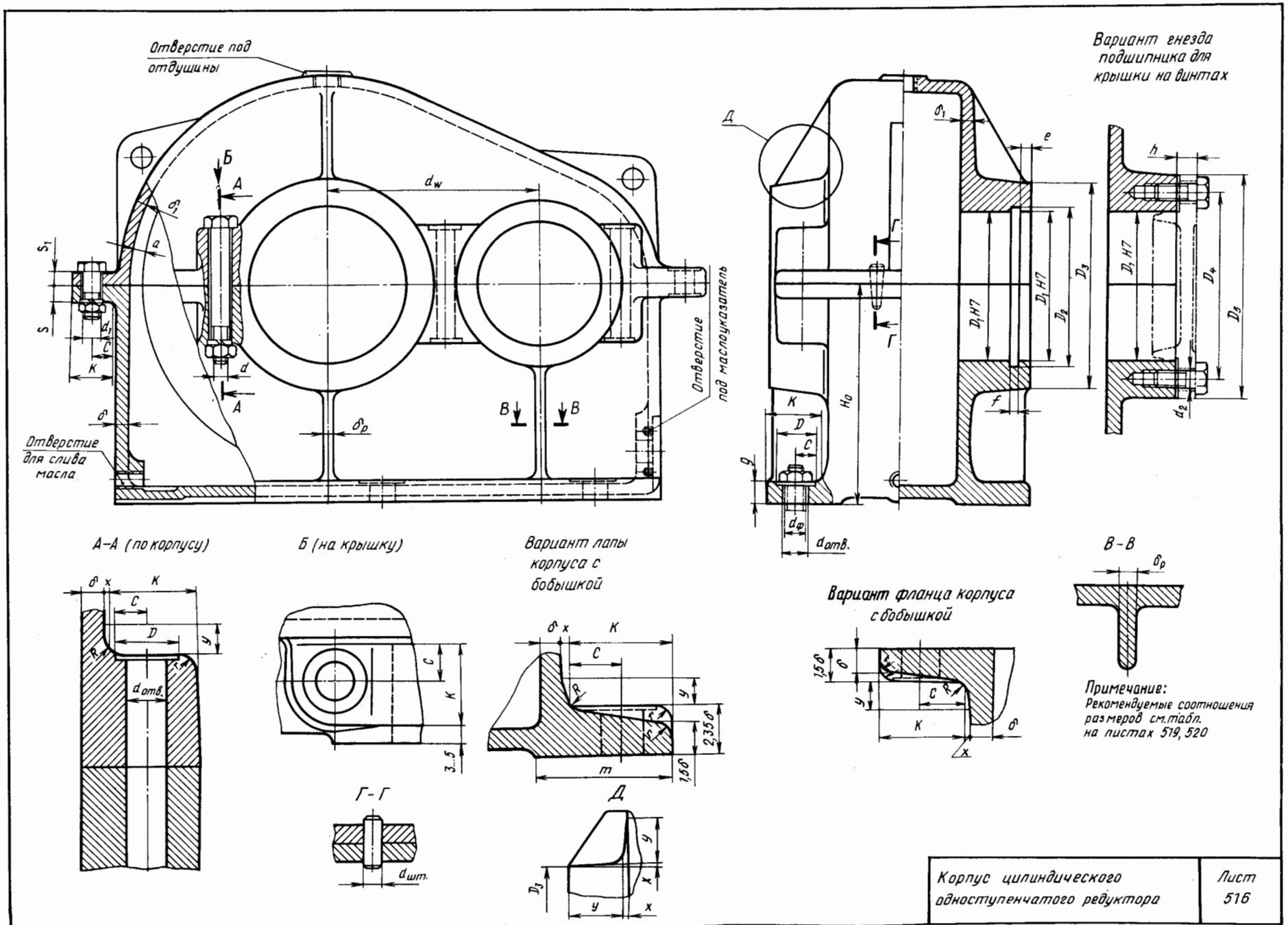
Соотношения размеров

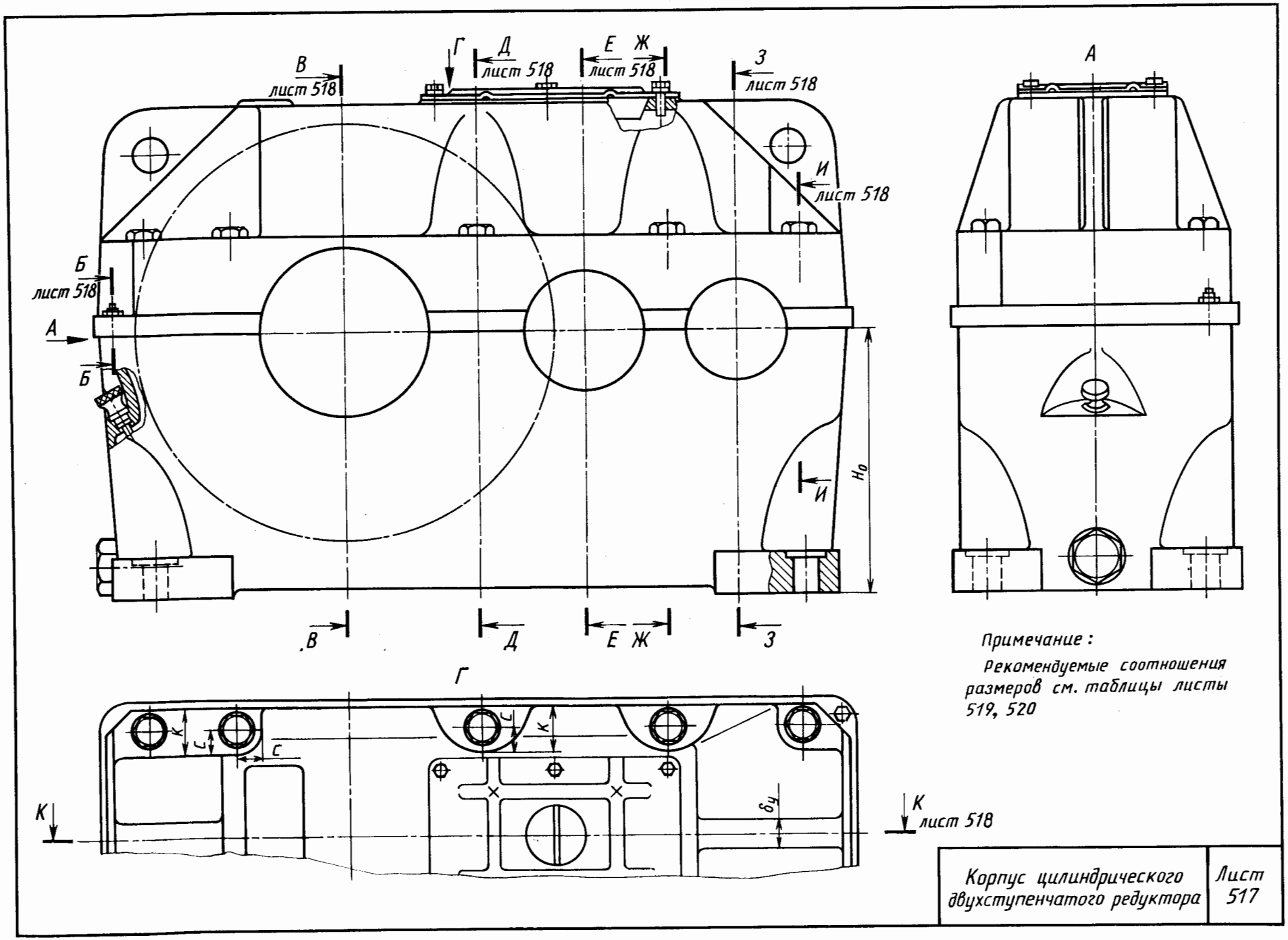
D и L – по сопрягаемым деталям;
L, e и r – см. лист 512;
S – см. лист 510;
$C = d_в$ – для стальных отливок;
$C = 1{,}2d_в$ – для чугунных отливок;
$C' = 1{,}5б + r + d_0/2$;
$D' \leq 1{,}3б$; $r_1 = (0{,}25...0{,}5)б$;
б – см. листы 510, 519.

D	50...62	63...95	100...145	150...220
$б_к$	5	6	7	8
$d_в$	6	8	10	12
Число винтов	4		6	

Конструирование приливов

Лист 515


Отверстие под отдушины
Вариант гнезда подшипника для крышки на винтах
Отверстие для слива масла
Отверстие под маслоуказатель
А-А (по корпусу)
Б (на крышку)
Вариант лапы корпуса с бобышкой
Вариант фланца корпуса с бобышкой
В-В
Г-Г
Д
Примечание:
Рекомендуемые соотношения размеров см. табл. на листах 519, 520
Корпус цилиндрического одноступенчатого редуктора
Лист 516


В
лист 518
Г
Д
лист 518
Е Ж
лист 518
З
лист 518
И
лист 518
Б
лист 518
А
Б
И
H_o
В
Д
Е Ж
З
А
Г
К
К
лист 518
δ_4
К
С
С
К
С
Примечание:
Рекомендуемые соотношения размеров см. таблицы листы 519, 520
Корпус цилиндрического двухступенчатого редуктора
Лист 517

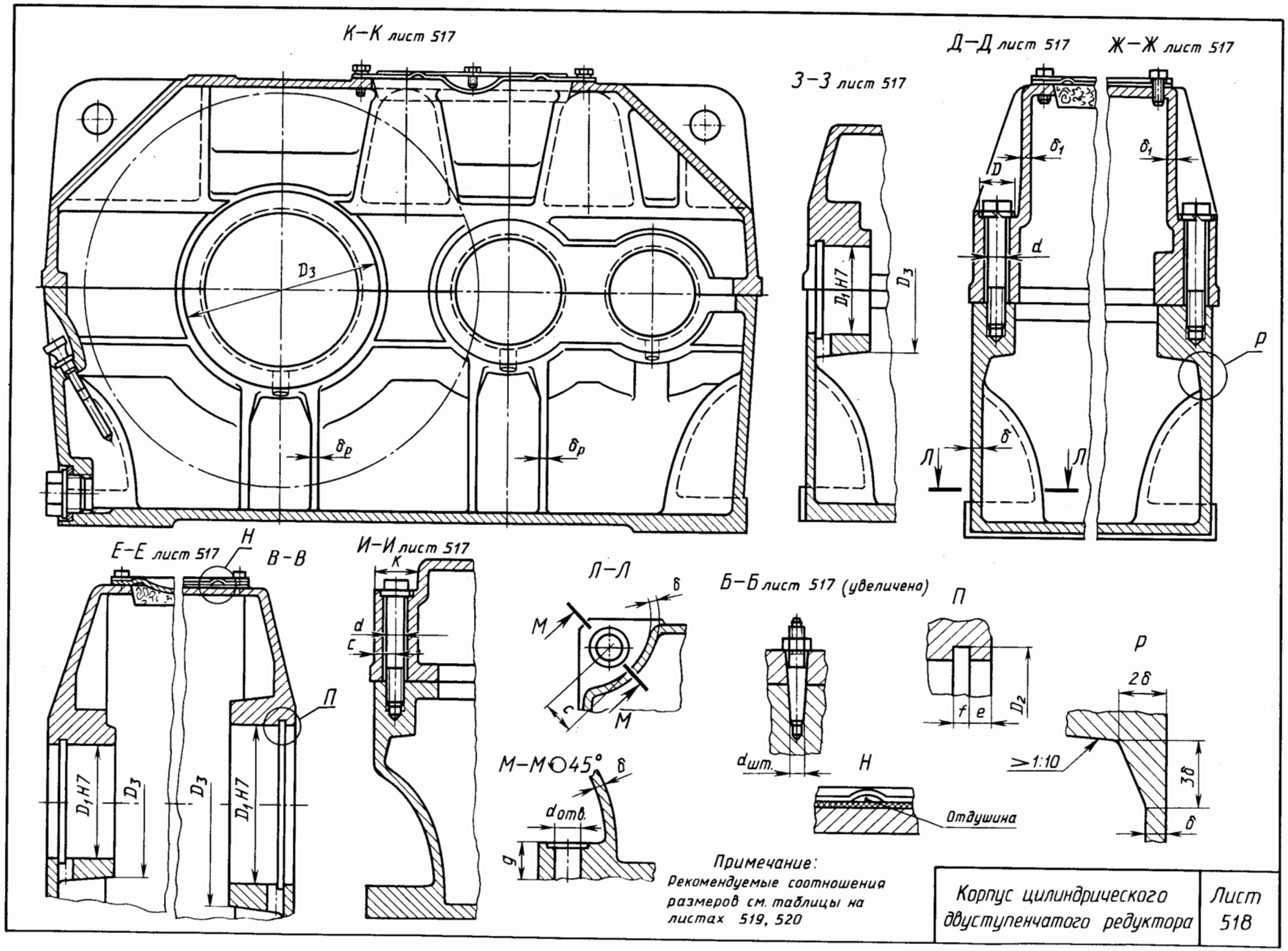

К–К лист 517
З–З лист 517
Д–Д лист 517
Ж–Ж лист 517
Е–Е лист 517
В–В
И–И лист 517
Л–Л
Б–Б лист 517 (увеличено)
М–М
П
Р
Н
Отдушина
Примечание:
Рекомендуемые соотношения размеров см. таблицы на листах 519, 520
Корпус цилиндрического двуступенчатого редуктора
Лист 518

Таблица 1

Соотношение размеров элементов корпуса и крышки одноступенчатого редуктора, мм

Наименование	Обозначение	Соотношение
Толщина стенки корпуса редуктора	δ	$2{,}6\sqrt[4]{0{,}1T} \geqslant 6$ мм
Толщина стенки крышки редуктора	δ_1	$0{,}9\delta \geqslant 6$ мм
Толщина верхнего фланца корпуса	s	$1{,}5\delta$
Толщина фундаментных лап	g	$2{,}35\delta$
Ширина фланца	k	См. табл. 3
Расстояние от оси болта до стенки корпуса	c	См. табл. 3
Толщина фланца крышки редуктора	s_1	$1{,}5\,\delta_1$
Диаметр фундаментных болтов	$d_ф$	См. табл. 2
Диаметр болтов, стягивающих крышку и корпус	d	$0{,}75\,d_ф$
	d_1	$0{,}6\,d_ф$
Диаметр штифта	$d_{шт}$	$(0{,}7...0{,}8)\,d$
Ширина опорной поверхности нижнего фланца корпуса редуктора	m	$k+1{,}58\,\delta$
Толщина ребер корпуса	$\delta_р$	$(0{,}8...1{,}0)\,\delta$
Минимальный зазор между колесом и корпусом	a	$\sqrt[3]{L}+4$ мм
Высота центров	H_0	$1{,}06a_w$

Примечания: 1. T — момент на тихоходном валу редуктора, Н·м. 2. L — наибольшее расстояние между внешними поверхностями деталей передач, мм.

Таблица 2

Размеры фундаментных болтов, мм

Редуктор								
Одноступенчатый			Двухступенчатый			Трехступенчатый		
a_w	$d_ф$	Количество	a_w	$d_ф$	Количество	a_w	$d_ф$	Количество
До 100	M12	4	До 250	M16	4	До 510	M20	6
» 160	M14	4	» 325	M16	4	» 725	M24	8
» 200	M16	4	» 410	M20	6	» 810	M24	8
» 250	M20	4	» 515	M24	6	» 910	M30	8
» 315	M24	6	» 650	M24	6	» 1015	M30	8
» 355	M24	6	» 815	M30	6	» 1280	M36	8

Таблица 3

Размеры элементов, мм

$d_ф$	k	c	$d_{отв}$	D	r
M8	22	11	9	16	3
M10	27	14	11	20	3
M12	32	16	13	24	3
(M14)	38	19	15	28	3
M16	43	22	18	32	5
(M18)	48	24	20	36	5
M20	54	27	22	40	5
(M22)	60	30	24	44	5
M24	64	32	26	48	5

Таблица 4

Размеры элементов сопряжений литых корпусов, мм

δ	x	y	R
6...10	2	12	4
10...15	3	15	5
15...20	4	20	5
20...25	5	25	5

Рекомендуемые размеры элементов корпуса цилиндрического редуктора

Лист 519

Таблица 1

Соотношения размеров гнезд подшипников с врезной крышкой, мм

D_1 H7	D_2	D_3	f	e, не менее
До 50	D_1 H7 + 8	1,25D_1 H7+10	(0,9...1,0)δ	>7
50... 90	D_1H7 + 9			>8
90...170	D_1H7 + 10			>10
170...250	D_1H7 + 10			>10

Таблица 2

Размеры гнезд подшипников с крышкой на винтах, мм

D_1 H7	D_4	D_5	d_2	Число болтов n	h
47	60	75	M6	4	7
52	65	80	M6	4	7
62	75	90	M6	4	7
72	88	108	M8	4	8
80	96	115	M8	6	8
85	102	122	M8	6	8
90	106	125	M8	6	8
100	120	145	M10	6	10
110	130	155	M10	6	10
120	140	165	M10	6	10
125	145	170	M10	6	12
130	150	175	M10	6	12
140	160	185	M10	6	12

Варианты лап для крепления корпуса редуктора

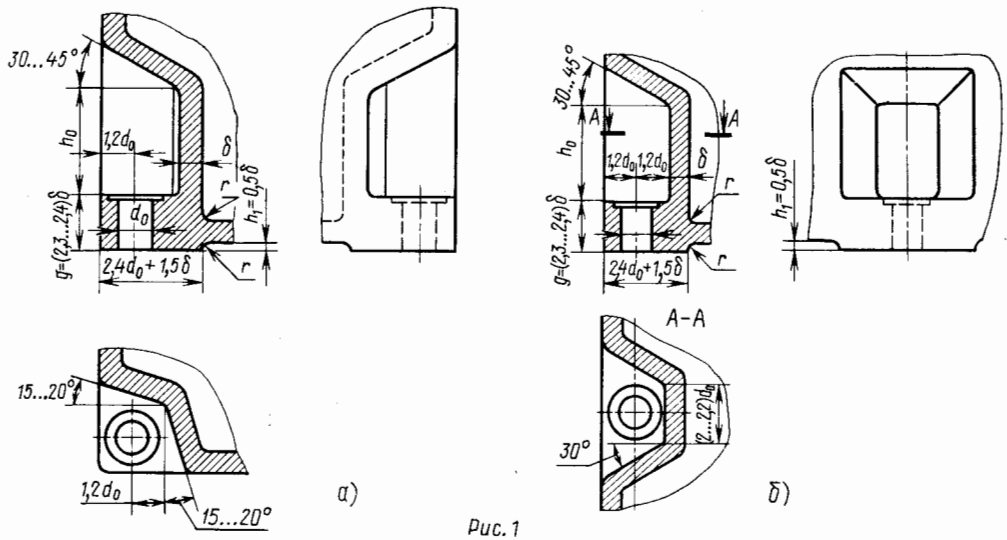


Рис. 1

Варианты крепления крышки редуктора к корпусу

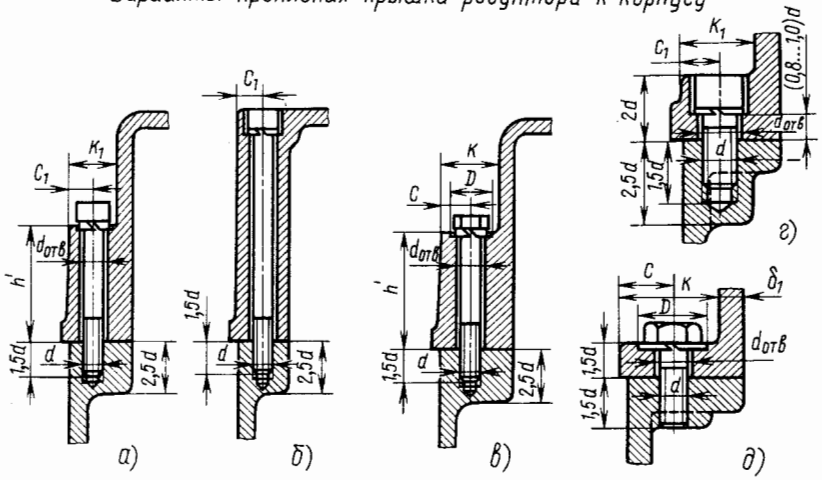


Рис. 3

Вариант конструкции корпуса

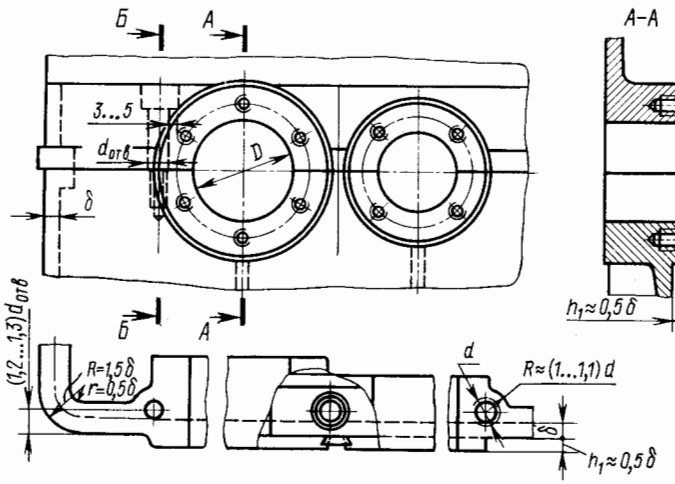
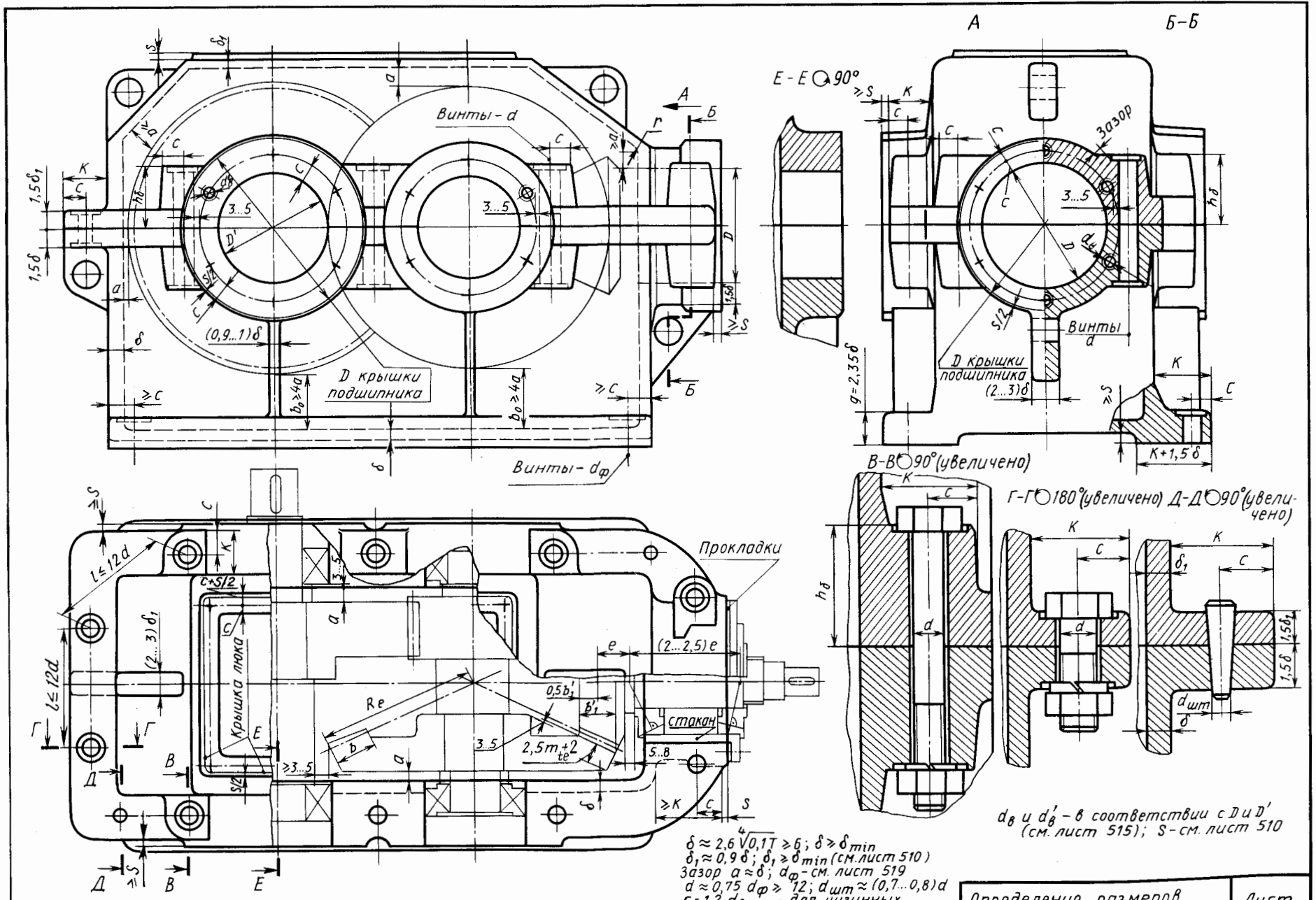


Рис. 2

Рекомендуемые размеры элементов корпуса цилиндрического редуктора	Лист 520

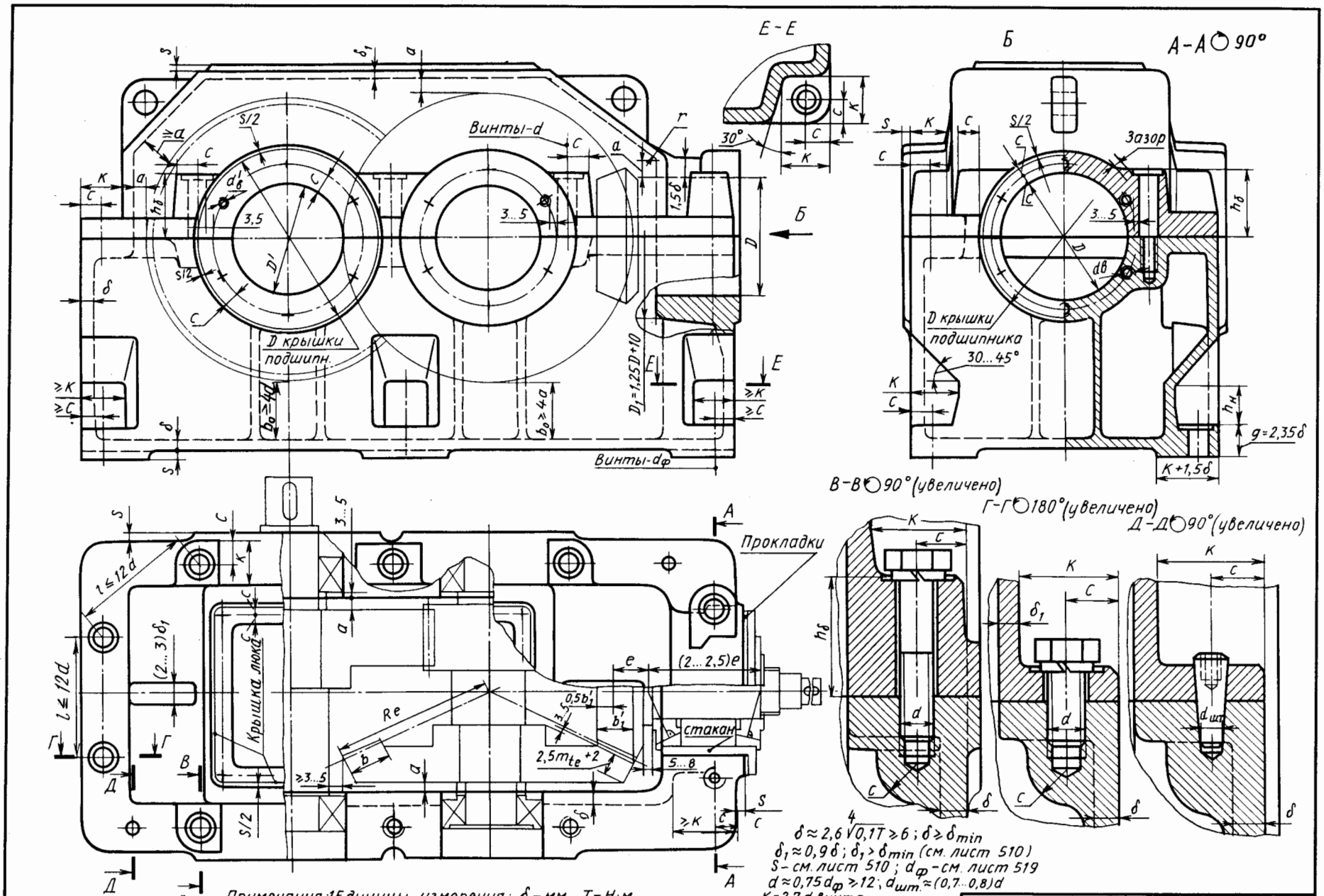


$\delta \approx 2,6\sqrt[4]{0,1T} \ge 6$; $\delta \ge \delta_{min}$
$\delta_1 \approx 0,9\delta$; $\delta_1 \ge \delta_{min}$ (см. лист 510)
Зазор $a \approx \delta$; $d_ф$ – см. лист 519
$d \approx 0,75\, d_ф \ge 12$; $d_{шт} \approx (0,7...0,8)d$
$c = 1,2\, d_{винта}$ для чугунных отливок;
$K = 2,7\, d_{винта}$

Примечания: 1. Единицы измерения: δ – мм, T – Н·м.
2. На видах, выполненных без увеличения, крепежные детали не показаны.

Определение размеров корпуса коническоцилиндрического редуктора

Лист 521



$\delta \approx 2{,}6\sqrt[4]{0{,}1T} \geq 6$; $\delta \geq \delta_{min}$

$\delta_1 \approx 0{,}9\delta$; $\delta_1 > \delta_{min}$ (см. лист 510)

S – см. лист 510; $d_ф$ – см. лист 519

$d \approx 0{,}75 d_ф \geq 12$; $d_{шт} \approx (0{,}7...0{,}8)d$

K = 2,7 d винта;

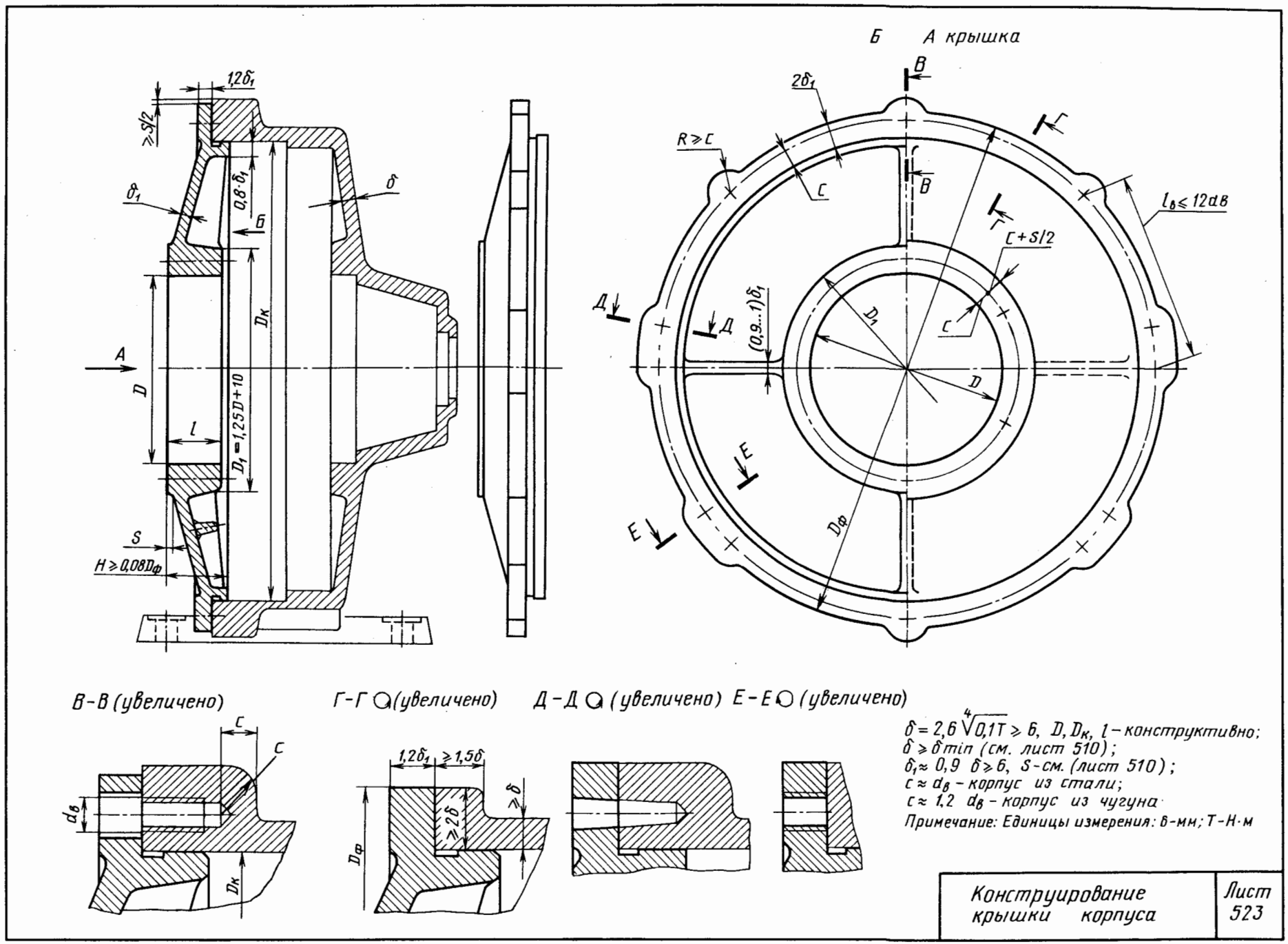
c ≈ 1,2 d винта для чугунных отливок;

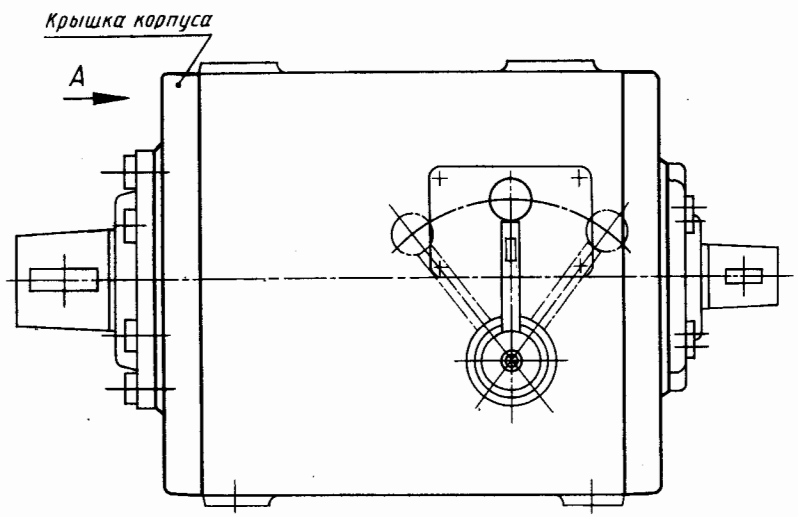
зазор $a \approx \delta$.

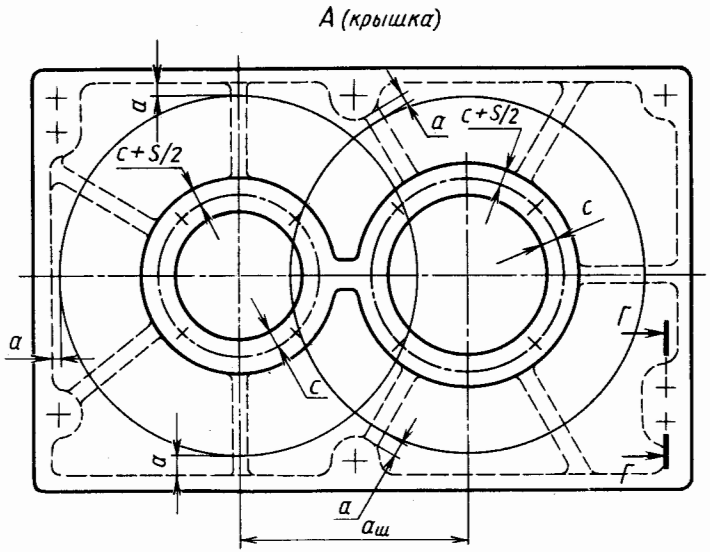
Примечания: 1. Единицы измерения: δ – мм, T – Н·м

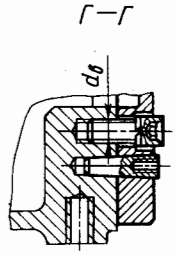
2. На видах, выполненных без увеличения, крепежные детали не показаны.

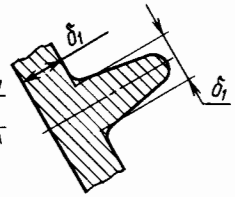
Определение размеров корпуса коническоцилиндрического редуктора	Лист 522

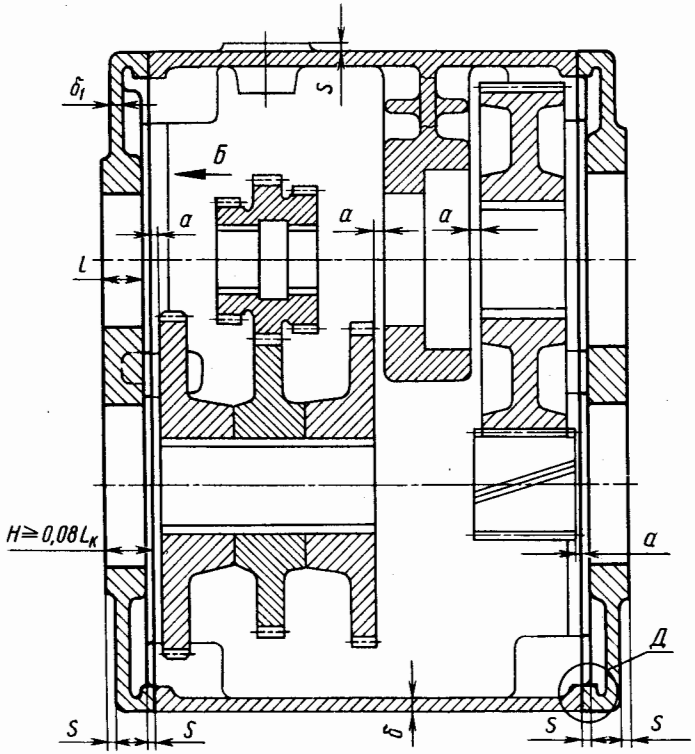

Б
А крышка
1,2δ1
≥S/2
δ1
0,8·δ1
δ
Б
Dк
A
D
l
D1=1,25D+10
S
H≥0,08Dф
B
2δ1
R≥C
C
B
Г
Г
lв≤12dв
C+S/2
Д
Д
(0,9...1)δ1
D1
C
D
E
E
Dф
В-В (увеличено)
Г-Г (увеличено)
Д-Д (увеличено)
Е-Е (увеличено)
C
C
dв
Dк
1,2δ1
≥1,5δ
≥2δ
≥δ
Dф
δ = 2,6 ∛0,1T ≥ 6, D, Dк, l – конструктивно;
δ ≥ δmin (см. лист 510);
δ1 ≈ 0,9 δ ≥ 6, S – см. (лист 510);
c ≈ dв – корпус из стали;
c ≈ 1,2 dв – корпус из чугуна
Примечание: Единицы измерения: δ – мм; T – Н·м
Конструирование крышки корпуса
Лист 523

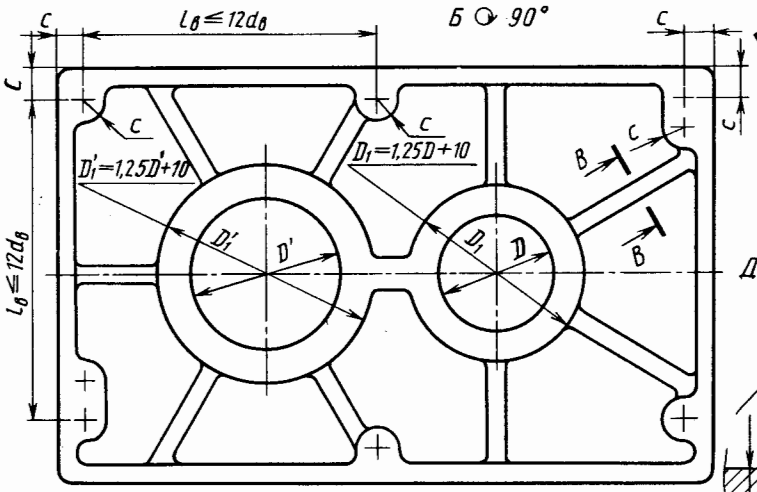


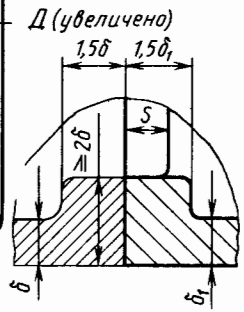












$\delta = 2{,}6\sqrt[4]{0{,}1T} \geq 6$; $\delta_1 \approx 0{,}9\delta$
зазор $a \approx \delta$, S — см. Лист 510;
D, D' и L — конструктивно;
$c \approx d_в$ — корпус из стали;
$c \approx 1{,}2d_в$ — корпус из чугуна.

Примечание. Единицы измерения: δ-мм, T-Нм.

Конструирование крышки корпуса	Лист 524

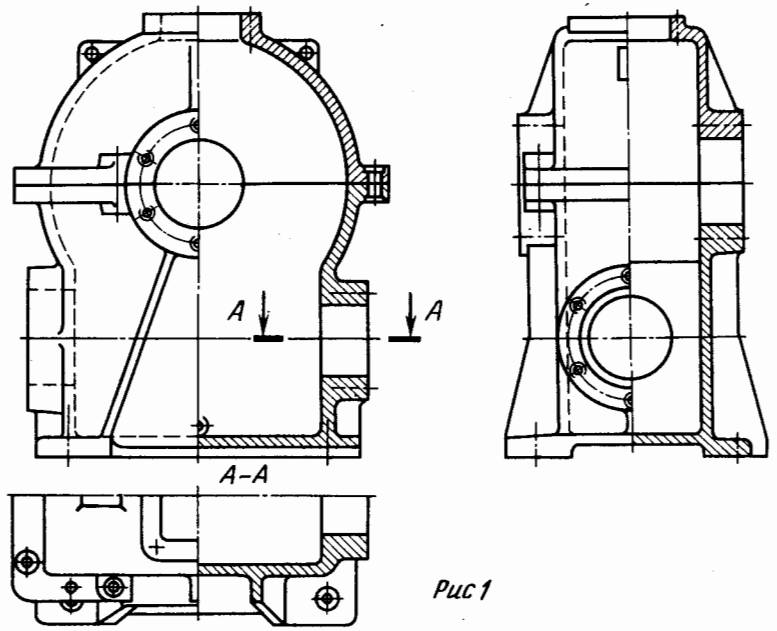


Рис 1

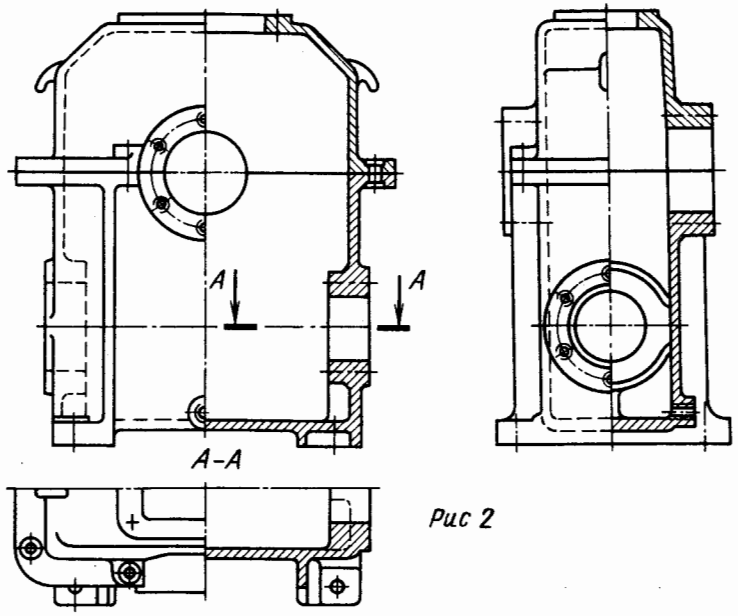


Рис 2

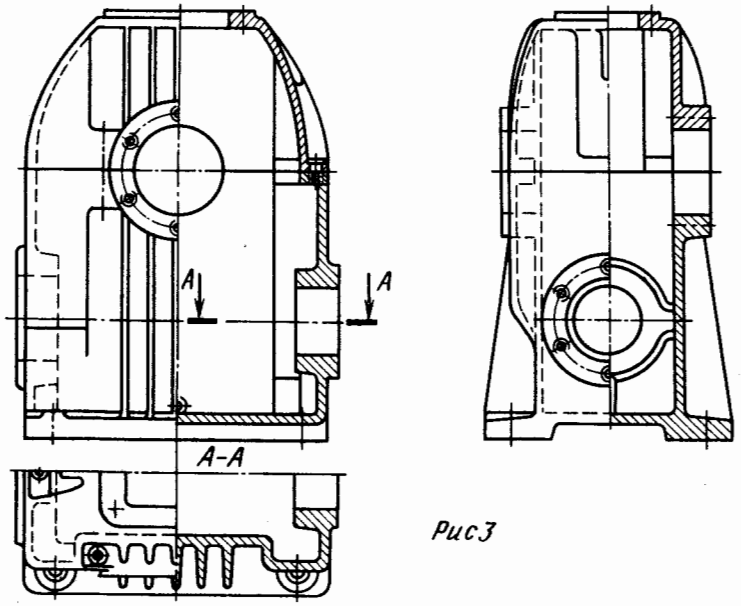


Рис 3

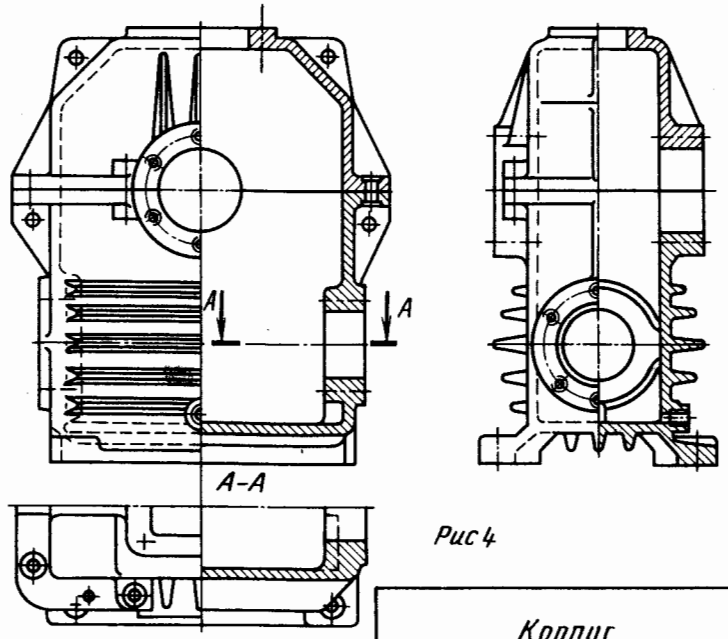
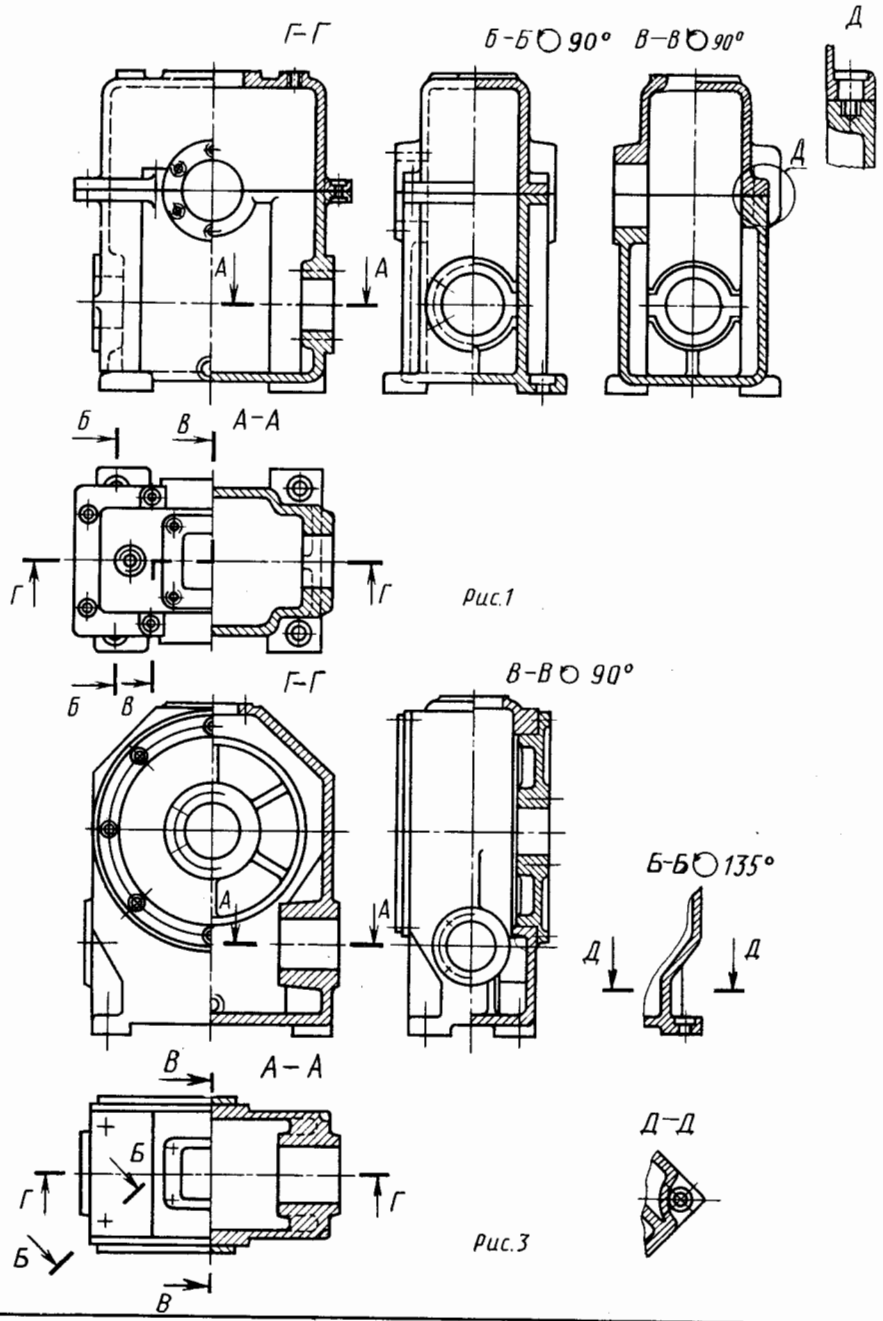
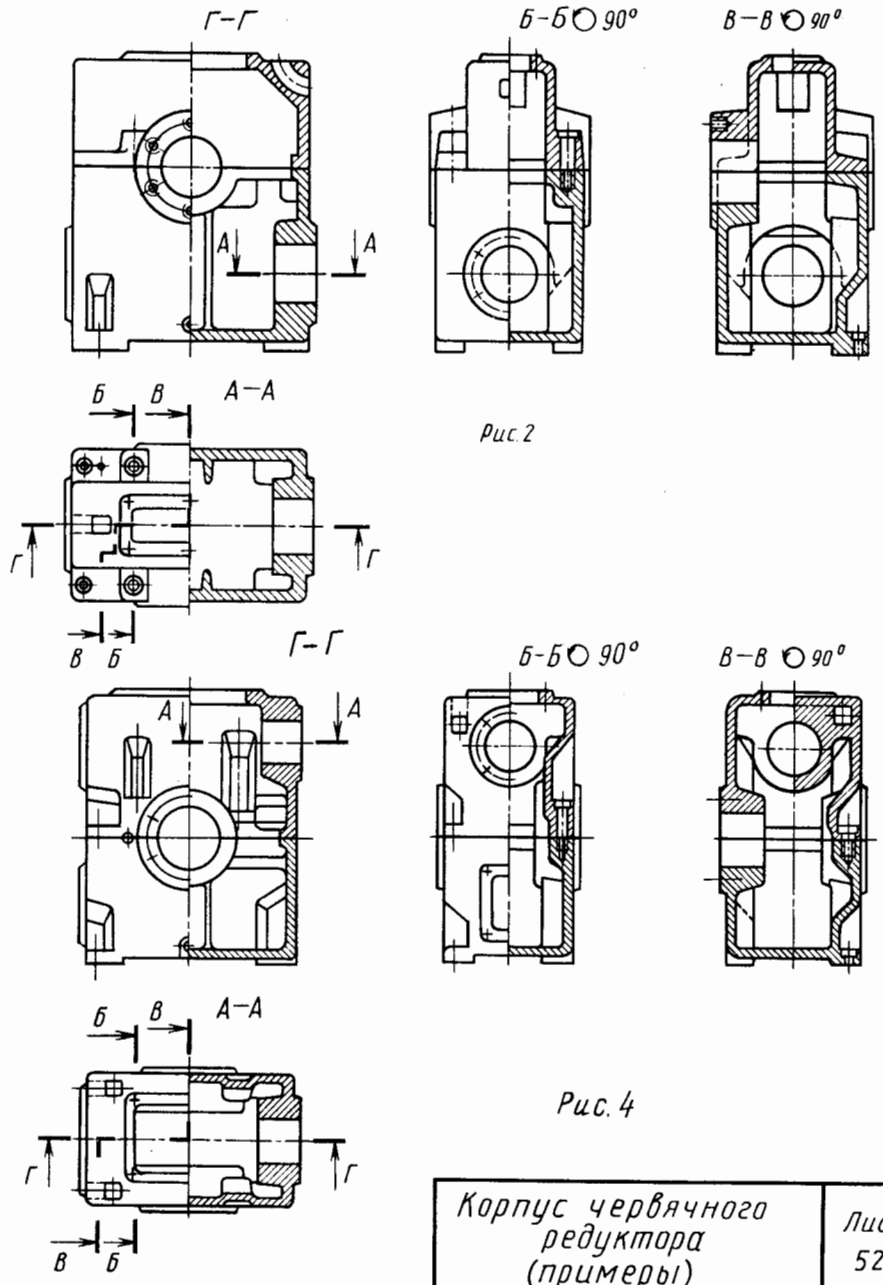


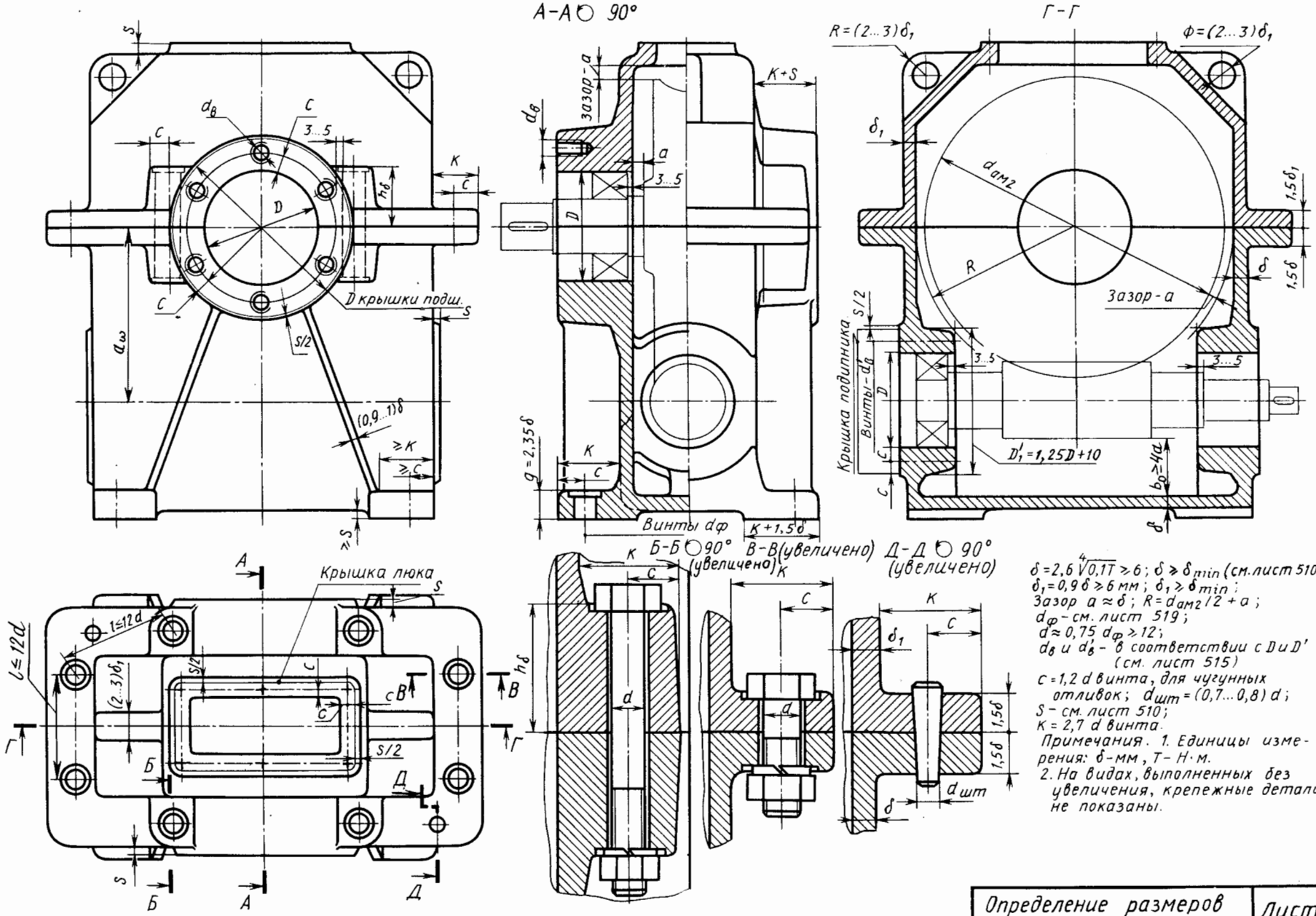
Рис 4

Корпус червячного редуктора	Лист 525

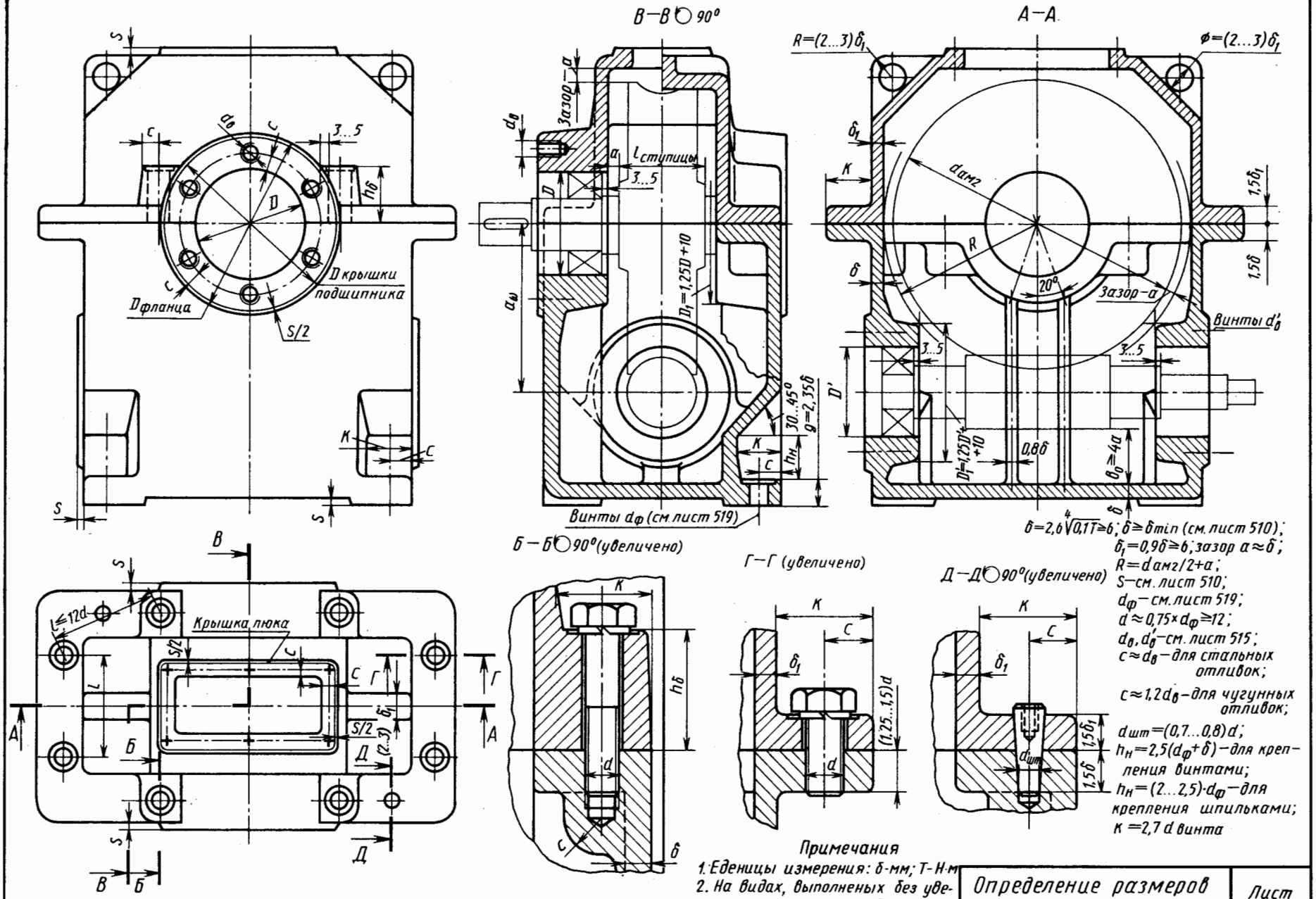




Корпус червячного редуктора (примеры)	Лист 526



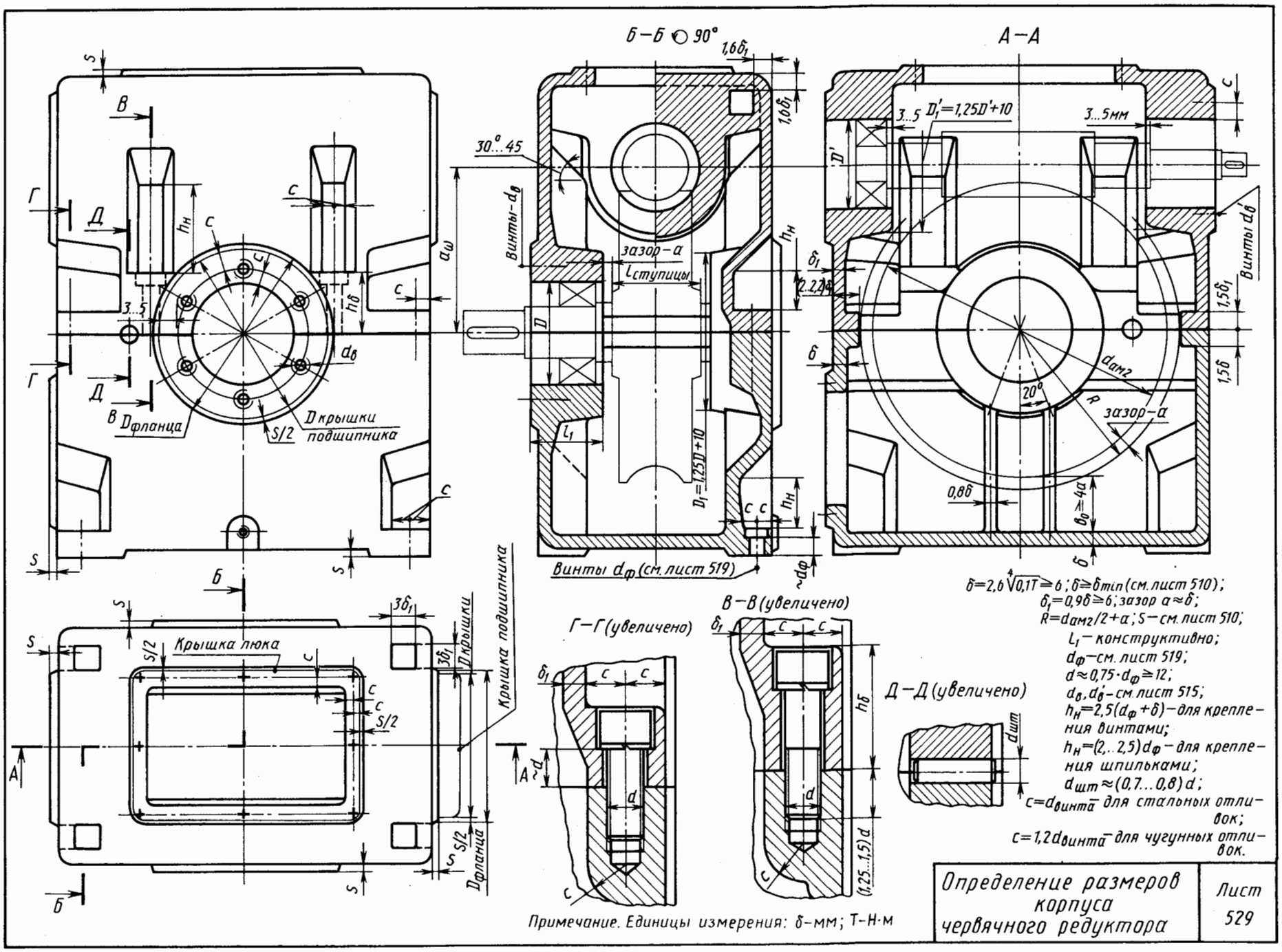
Определение размеров корпуса червячного редуктора	Лист 527

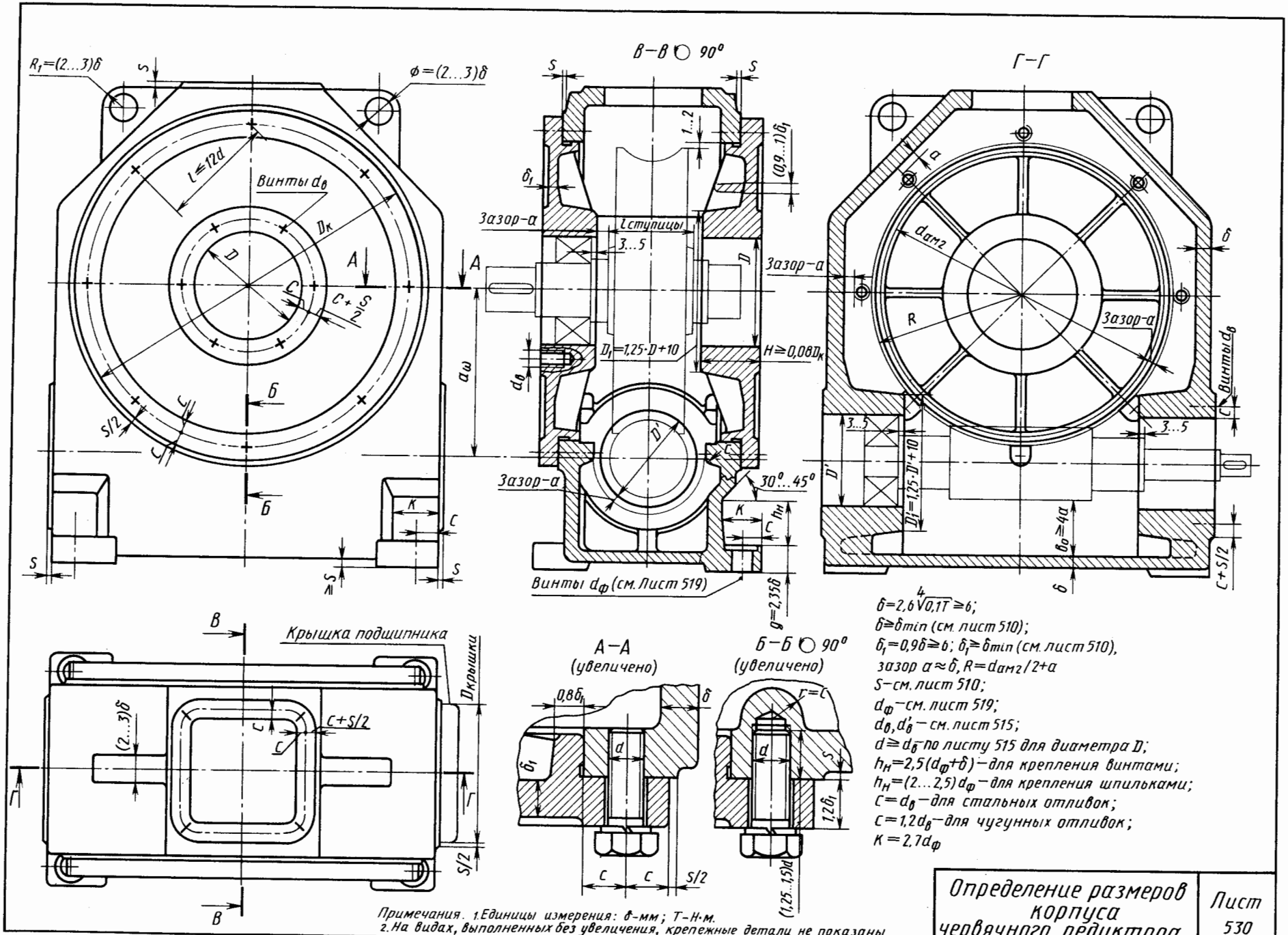


Примечания

1. Еденицы измерения: δ-мм; T-Н·м
2. На видах, выполненых без увеличения, крепежные детали условно не показаны

Определение размеров корпуса червячного редиктора	Лист 528


Б–Б ↻ 90°
А–А
Г–Г (увеличено)
В–В (увеличено)
Д–Д (увеличено)
Крышка люка
Крышка подшипника
D крышки подшипника
D фланца
Винты $d_в$
Винты $d_в'$
Винты $d_ф$ (см. лист 519)
зазор – а
$l_{ступицы}$
$D_1'=1,25D'+10$
$D_1=1,25D+10$
$a_ш$
$h_н$
$h_б$
d_{am2}
$b_0 \geq 4a$
$\delta=2,6\sqrt[4]{0,1T} \geq 6$; $\delta \geq \delta_{min}$ (см. лист 510);
$\delta_1=0,9\delta \geq 6$; зазор $a \approx \delta$;
$R=d_{am2}/2+a$; S – см. лист 510;
L_1 – конструктивно;
$d_ф$ – см. лист 519;
$d \approx 0,75 \cdot d_ф \geq 12$;
$d_в, d_в'$ – см. лист 515;
$h_н=2,5(d_ф+\delta)$ – для крепления винтами;
$h_н=(2...2,5)d_ф$ – для крепления шпильками;
$d_{шт} \approx (0,7...0,8)d$;
$c=d_{винта}$ – для стальных отливок;
$c=1,2d_{винта}$ – для чугунных отливок.
Примечание. Единицы измерения: δ – мм; T – Н·м
Определение размеров корпуса червячного редуктора
Лист 529



$\delta = 2{,}6\sqrt[4]{0{,}1T} \geq 6$;

$\delta \geq \delta_{min}$ (см. лист 510);

$\delta_1 = 0{,}9\delta \geq 6$; $\delta_1 \geq \delta_{min}$ (см. лист 510),

зазор $a \approx \delta$, $R = d_{am2}/2 + a$

S – см. лист 510;

$d_ф$ – см. лист 519;

$d_в, d'_в$ – см. лист 515;

$d \geq d_в$ по листу 515 для диаметра D;

$h_н = 2{,}5(d_ф + \delta)$ – для крепления винтами;

$h_н = (2...2{,}5)d_ф$ – для крепления шпильками;

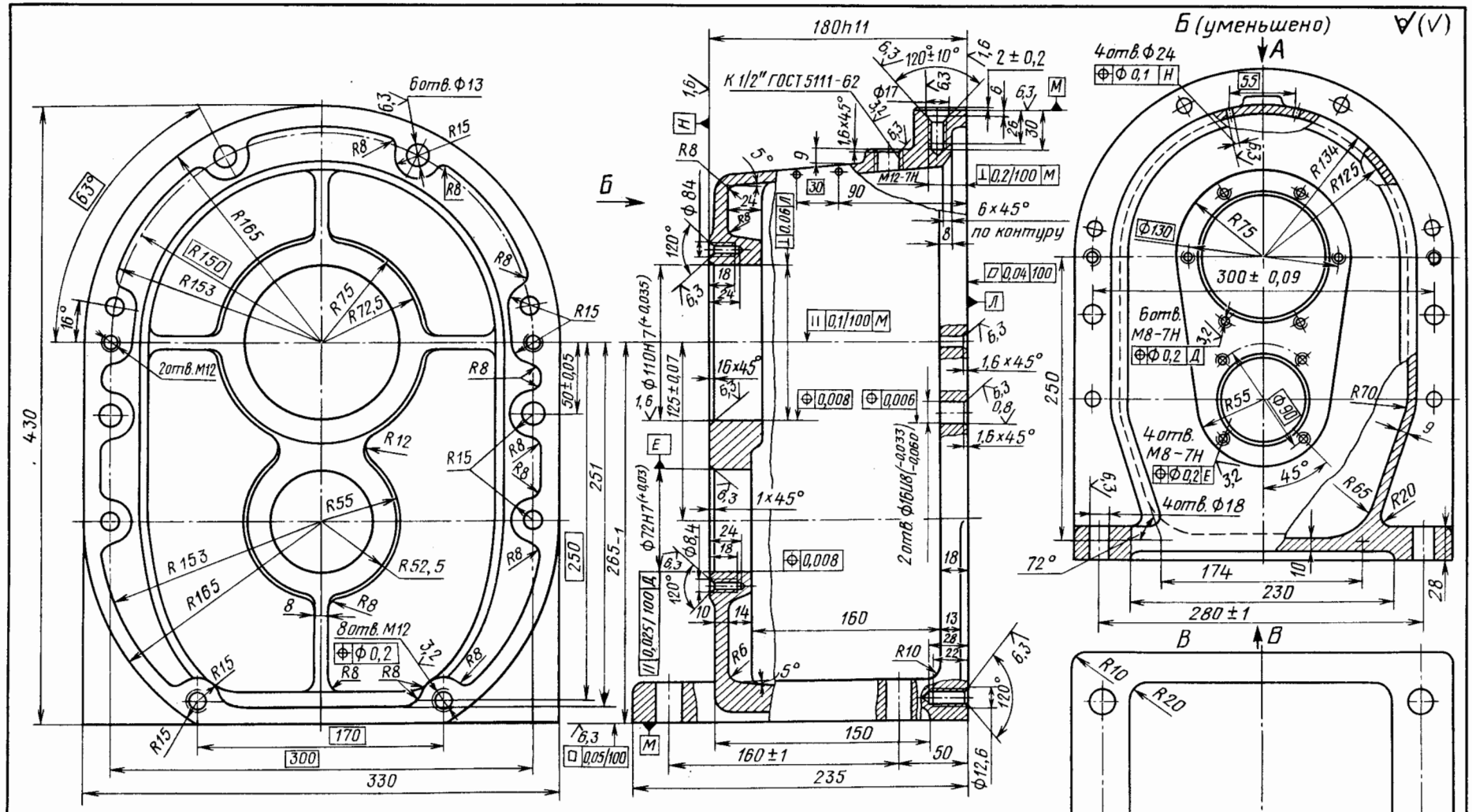
$C = d_в$ – для стальных отливок;

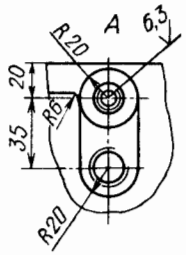
$C = 1{,}2d_в$ – для чугунных отливок;

$K = 2{,}7d_ф$

Примечания. 1. Единицы измерения: δ – мм; T – Н·м.
2. На видах, выполненных без увеличения, крепежные детали не показаны.

Определение размеров корпуса червячного редуктора	Лист 530

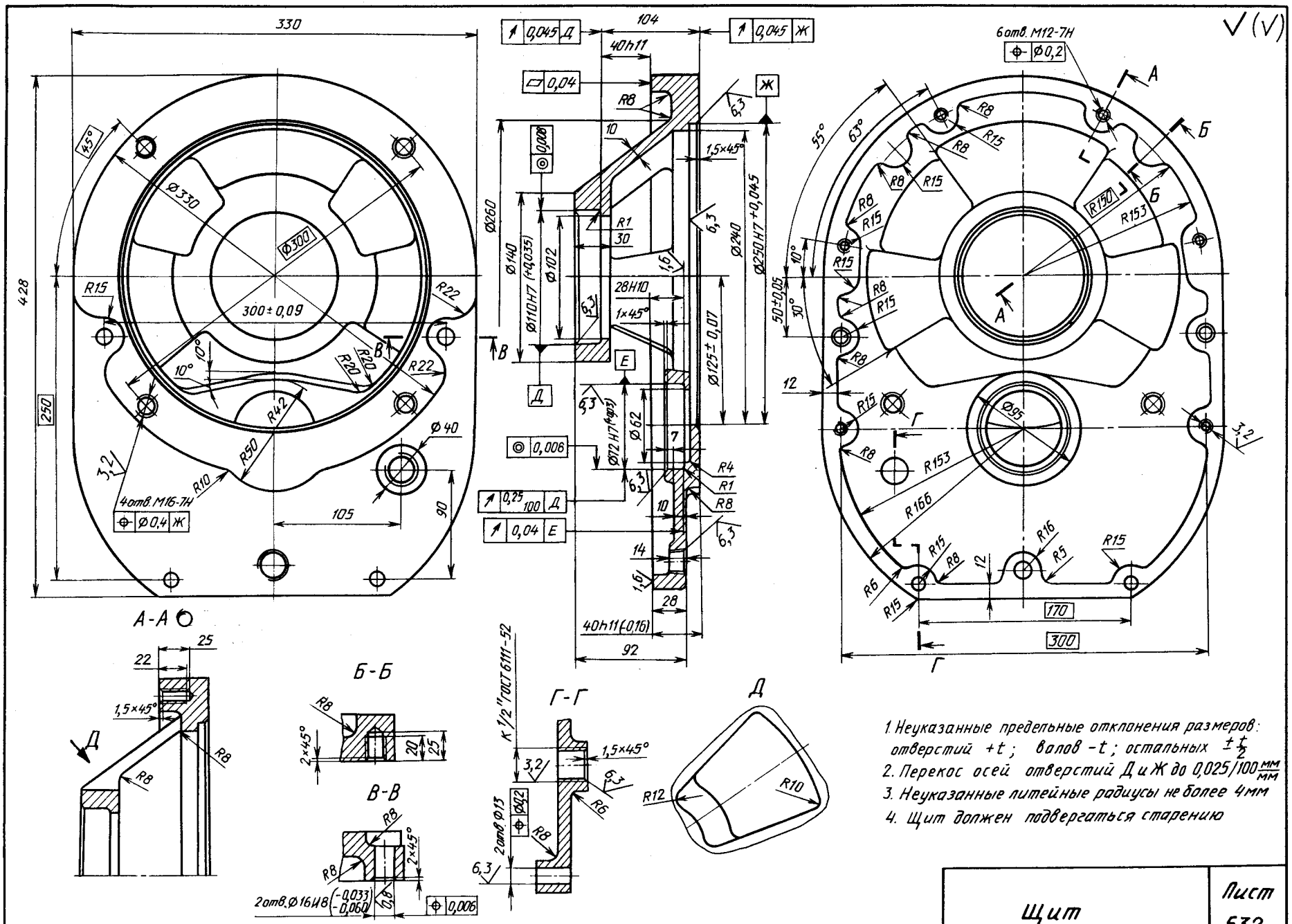




1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий + t, валов − t, остальных ± t/2.
2. Перекос осей отверстий Е и Д до 0,03/100 мм/мм.
3. Отклонение расстояния между осью Д и поверхностью Л до 0,06 мм.
4. Неуказанные литейные радиусы не более 4 мм.
5. Корпус должен подвергаться старению.

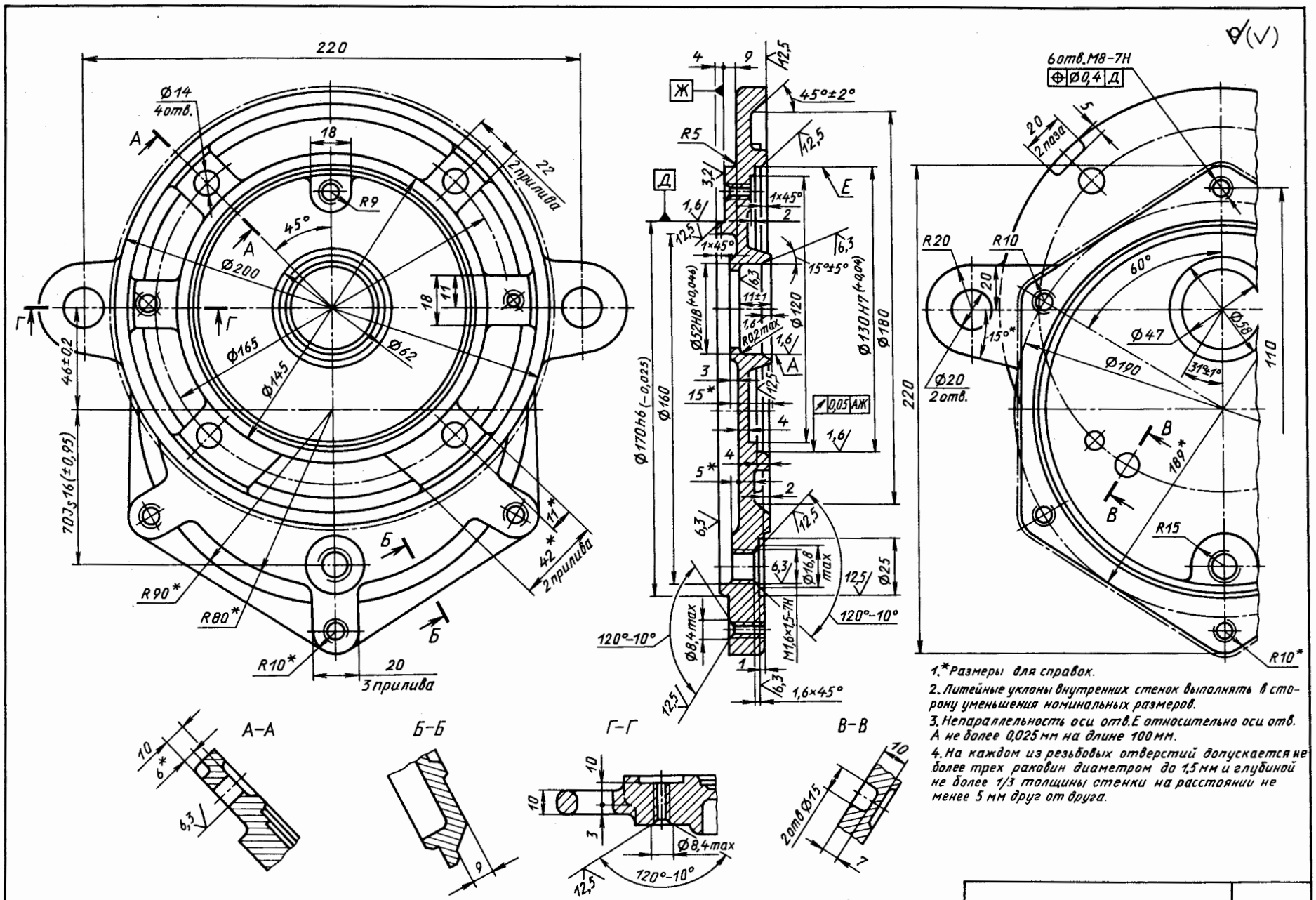
Материал СЧ20 ГОСТ 1412-79

Корпус мотор-редуктора	Лист 531



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий +t; валов −t; остальных ±t/2
2. Перекос осей отверстий Д и Ж до 0,025/100 мм/мм
3. Неуказанные литейные радиусы не более 4мм
4. Щит должен подвергаться старению

Щит	Лист 532



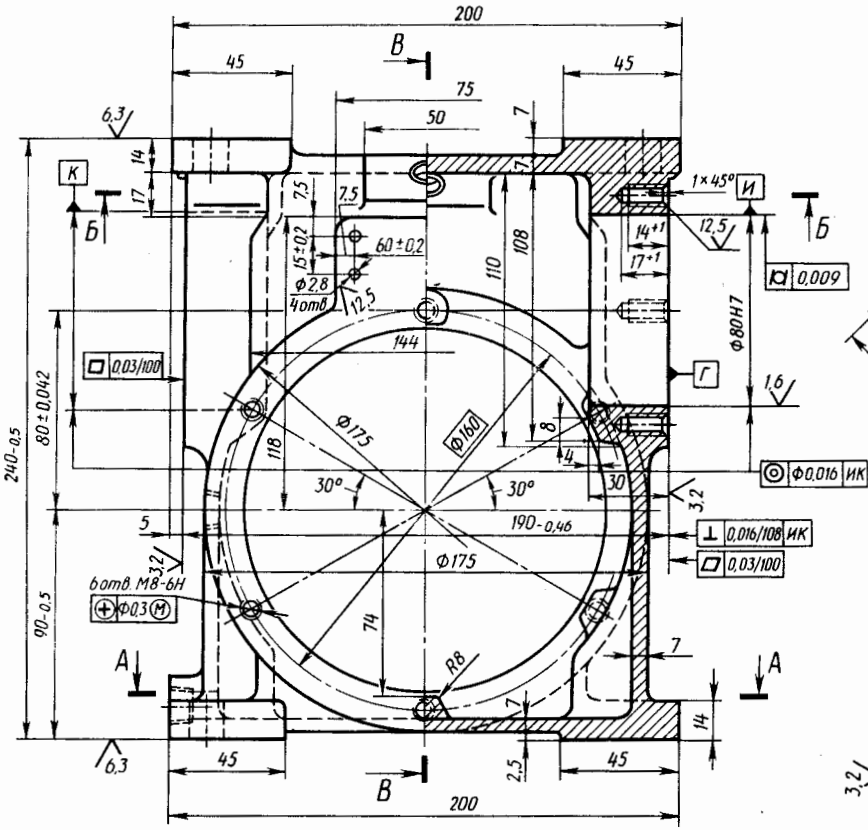
1.* Размеры для справок.

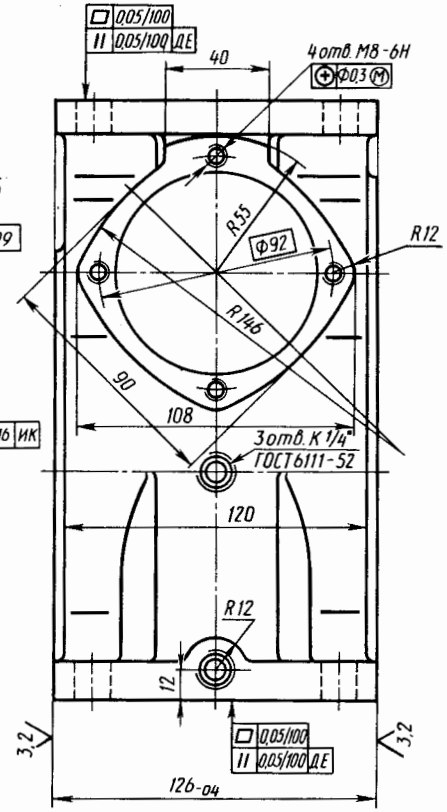
2. Литейные уклоны внутренних стенок выполнять в сторону уменьшения номинальных размеров.

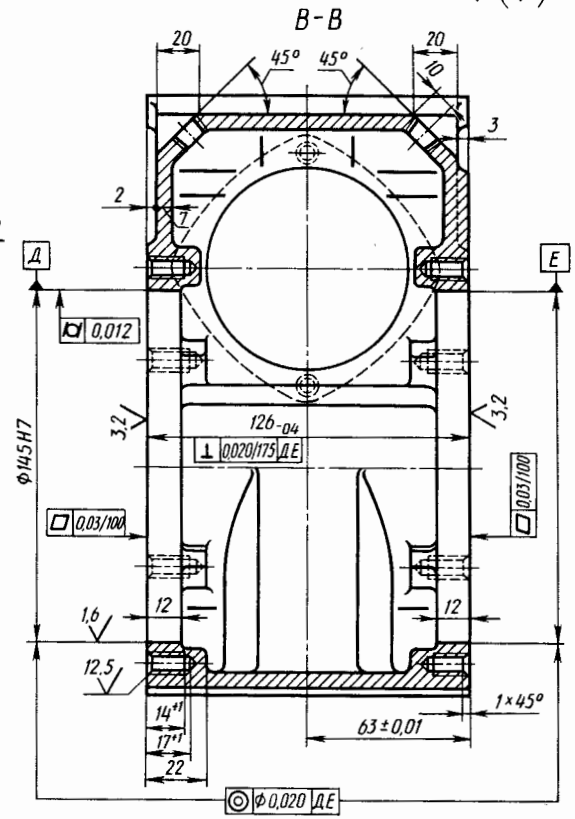
3. Непараллельность оси отв.Е относительно оси отв. А не более 0,025 мм на длине 100 мм.

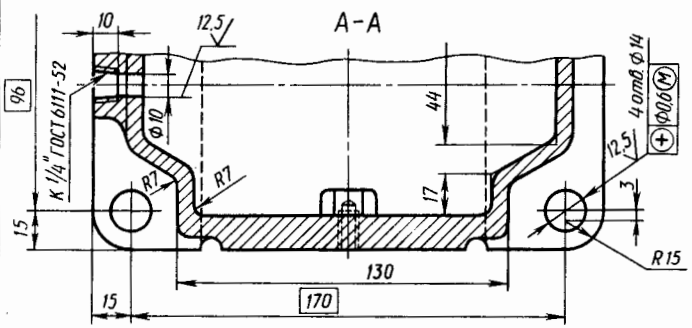
4. На каждом из резьбовых отверстий допускается не более трех раковин диаметром до 1,5 мм и глубиной не более 1/3 толщины стенки на расстоянии не менее 5 мм друг от друга.

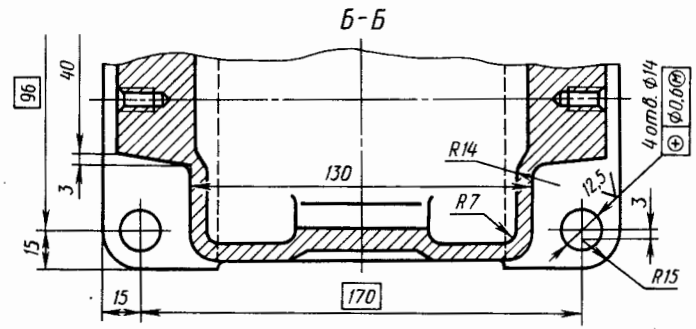
Диск соединительный	Лист 533





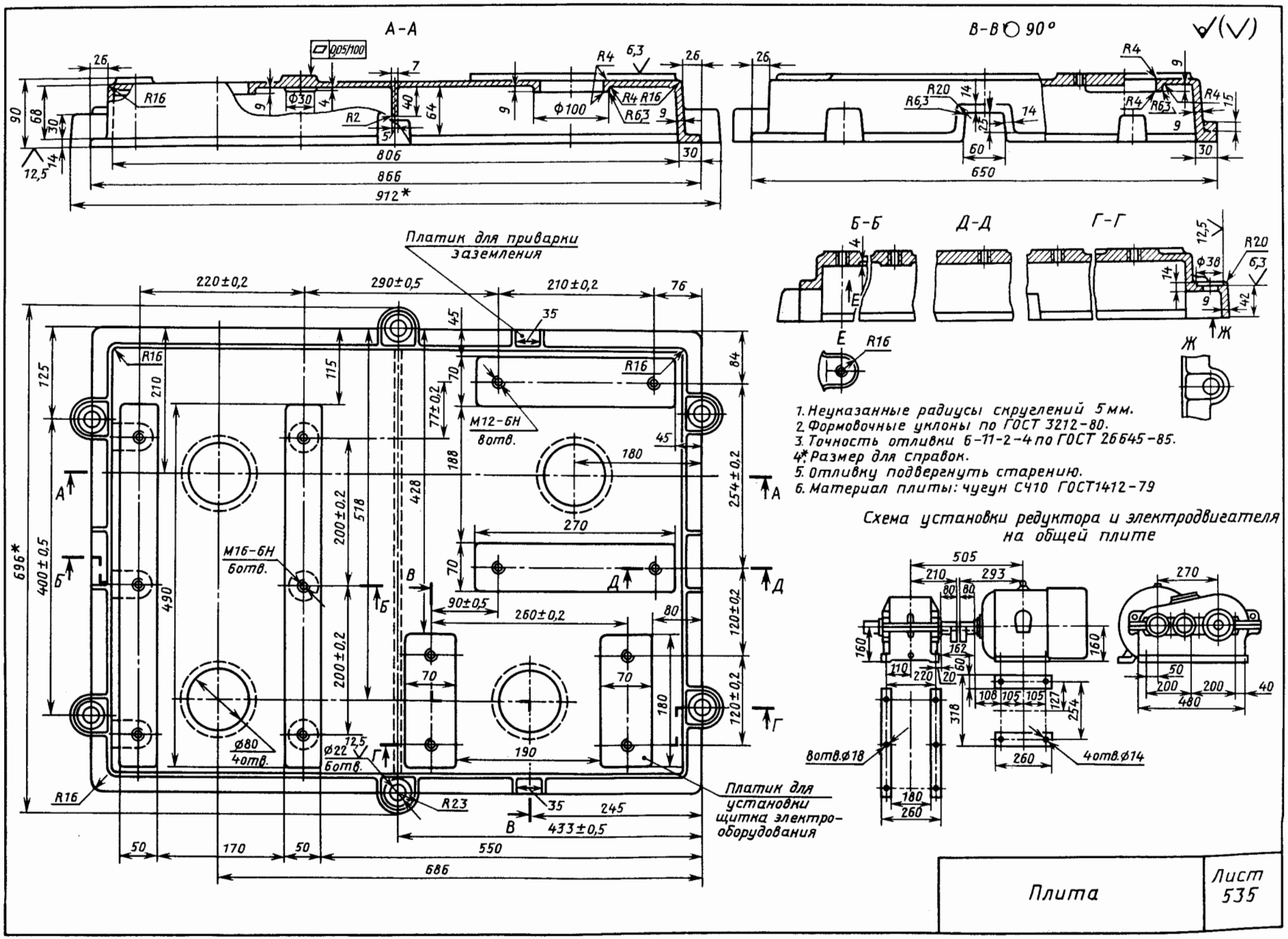






1. Неуказанные радиусы скруглений 3 мм.
2. Формовочные уклоны по ГОСТ 3212-80.
3. Перекос осей отв. Ф145Н7 и Ф80Н7 не более 0,040 на ширине корпуса 126 мм.
4. Точность отливки 5-11т-1-3 по ГОСТ 26645-85
5. После предварительной механической обработки отливку подвергнуть старению.
6. Материал корпуса: чугун СЧ15 ГОСТ 1412-79
7. Внутренние необработанные поверхности окрасить после грунтовки маслостойкой краской красного цвета 6/1 по ГОСТ 9.032-74.

Корпус червячного редуктора	Лист 534


А-А
В-В ○ 90°
Б-Б
Д-Д
Г-Г
Платик для приварки заземления
Платик для установки щитка электрооборудования
М12-6Н 8отв.
М16-6Н 6отв.
⌀80 4отв.
⌀22 6отв.
8отв.⌀18
4отв.⌀14
1. Неуказанные радиусы скруглений 5мм.
2. Формовочные уклоны по ГОСТ 3212-80.
3. Точность отливки 6-11-2-4 по ГОСТ 26645-85.
4*. Размер для справок.
5. Отливку подвергнуть старению.
6. Материал плиты: чугун СЧ10 ГОСТ1412-79
Схема установки редуктора и электродвигателя на общей плите
Плита
Лист 535

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Дунаев П. Ф., Леликов О. П.** Конструирование узлов и деталей машин: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1985.
2. **Заблонский К. И.** Детали машин. К.: Вища школа, 1985. 518 с.
3. **Зубчато**-ременная передача с зубьями полукруглого профиля. ЭНИМС. Отдел научно-технической информации. М.: 1986, 12 с.
4. **Иосилевич Г. Б., Строганов Г. Б., Шарловский Ю. Н.** Затяжка и стопорение резьбовых соединений. М.: Машиностроение, 1985. 224 с.
5. **Медведков В. И., Билык Г., Гришин А.** Автомобили КамАЗ-5320, КамАЗ-4310, Урал-4320: Пособие. М.: ДОСААФ СССР, 1987. 372 с.
6. **Министерство** станкостроительной и инструментальной промышленности. Мотор-редукторы и редукторы: Каталог. Ч. I, II. М.: НИИМАШ. 1983.
7. **Подшипники** качения: Справочник-каталог / Под ред. В. Н. Нарышкина и Р. В. Коросташевского. М.: Машиностроение, 1984. 280 с.
8. **Уплотнения** и уплотнительная техника: Справочник / Под ред. А. И. Голубева и Л. А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986.
9. **Пронин Б. А., Ревков Г. А.** Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи. М.: Машиностроение, 1980, 320 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ *

Раздел III. ДЕТАЛИ ПЕРЕДАЧ

Пояснения к листам ... 3
Валы и оси. Листы 304...328 (ст. преп. *И. А. Огринчук*) ... 3
Лист 304. Классификация валов и осей ... 3
Лист 305. Элементы валов и осей (концы валов) ... 3
Лист 306. Элементы осей и валов (переходные участки) ... 3
Лист 307. Оси зубчатых и ременных передач ... 3
Лист 308. Валы редукторов одноконсольные ... 3
Лист 309. Двухконсольные валы редукторов ... 3
Лист 310. Валы коробок передач со шпонками ... 3
Лист 311. Валы коробок передач шлицевые ... 3
Лист 312. Трехопорные валы ... 3
Лист 313. Соосные валы коробок передач и редукторов ... 4
Лист 314. Соосные валы редукторов ... 4
Листы 315, 316, 317. Валы барабанов и звездочек ... 4
Листы 318, 319, 320. Гибкие проволочные валы для силовых передач ... 4
Лист 321. Нормальные диаметры и длины ... 4
Лист 322. Нормальные конусности ... 4
Лист 323. Отверстия центровые ... 4
Листы 324, 325. Кольца установочные ... 4
Лист 326. Осевое закрепление осей ... 4
Листы 327, 328. Пример оформления рабочего чертежа вала ... 4
Опоры скольжения. Листы 329...349 (канд. техн. наук доц. *Ю. Н. Соколов*) ... 4
Листы 329, 330. Классификация опор скольжения ... 5
Листы 331, 332. Подшипники скольжения разъемные ... 5
Лист 333. Втулки подшипниковые цельные ... 5
Лист 334. Втулки подшипниковые разъемные ... 5
Листы 335, 336. Втулки подшипниковые ... 5
Листы 337, 338. Подшипники шпинделей металлорежущих станков ... 5
Лист 339. Опоры скольжения двигателей внутреннего сгорания ... 6
Лист 340. Опоры скольжения транспортных и тяжелых машин ... 6
Лист 341. Подшипники судовых систем и турбин ... 7
Лист 342. Подшипники паровых и газовых турбин ... 7
Листы 343...345. Подшипники крупных гидрогенераторов ... 7
Листы 346, 347. Рациональные схемы смазывания подшипников ... 8
Лист 348. Воздушные опоры высокоскоростного электрошпинделя ... 8
Лист 349. Электромагнитные опоры высокоскоростного электрошпинделя 8
Подшипники качения. Листы 350...378 (канд. техн. наук доц. *В. Н. Иванов*) 9
Лист 350. Классификация подшипников качения ... 9
Листы 351...356. Общий вид деталей подшипников качения ... 11
Листы 357...362. Основные размеры и характеристики подшипников ... 12
Листы 363, 364. Способы крепления внутренних колец подшипников ... 18
Листы 365, 366. Способы крепления наружных колец подшипников ... 18
Листы 367, 368. Заплечики для установки подшипников качения ... 19
Лист 369. Примеры конструкций опор валов с радиальными подшипниками 19
Листы 370, 371. Примеры конструкций опор валов с радиально-упорными подшипниками ... 19
Лист 372. Примеры конструкций опор валов с упорными подшипниками ... 19

* Предисловие и разделы I и II см. в части I.

Лист 373. Пример конструкции высокоскоростных опор 20
Лист 374. Пример конструкции тяжелонагруженных опор 20
Лист 375. Посадки подшипников качения 20
Лист 376. Технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов 21
Лист 377. Корпуса подшипников качения 21
Лист 378. Крышки корпусов подшипников качения 21
Муфты приводов. Листы 379...464 (канд. техн. наук, доц. *С. С. Иванов*, д-р техн. наук, проф. *О. А. Ряховский*, канд. техн. наук, ст. преп. *В. Н. Богачев*) 21
Лист 379. Классификация муфт 21
Лист 380. Ступицы полумуфт. Крепление полумуфт на концах валов 22
Лист 381. Крепление полумуфт на концах валов 22
Лист 382. Соединения бесшпоночные 22
Лист 383. Соединение валов бесшпоночное 22
Лист 384. Муфты глухие 22
Лист 385. Муфты компенсирующие 23
Лист 386. Муфты зубчатые 23
Лист 387. Муфты цепные и зубчатые 24
Лист 388. Муфты шарнирные 24
Листы 389, 390. Валы карданные 25
Лист 391. Муфты упругие втулочно-пальцевые (МУВП) 25
Лист 392. Муфты со звездочкой 25
Листы 393...395. Муфты с резиновыми упругими элементами 25
Лист 396. Муфты упругие с торообразной оболочкой 26
Лист 397. Муфты с резиновыми упругими элементами 26
Лист 398. Муфты с привулканизированными упругими элементами 26
Листы 399, 400. Муфты с металлическими упругими элементами 26
Лист 401. Муфты сцепные кулачковые 27
Лист 402. Муфты сцепные зубчатые с механическим переключением 28
Лист 403. Двухшпоночная муфта кривошипного пресса 28
Лист 404. Муфты сцепные фрикционные многодисковые с механическим переключением 28
Лист 405. Муфты сцепные фрикционные сухие с механическим переключением 28
Лист 406. Муфты сцепные фрикционные с механическим переключением 28
Лист 407. Сцепление автомобиля «Москвич 2141» 29
Лист 408. Муфты сцепные фрикционные сухие конусные с механическим переключением 29
Листы 409, 410. Муфты сцепные фрикционные с гидравлическим переключением 29
Листы 411...413. Муфты сцепные фрикционные с пневматическим переключением 29
Лист 414. Муфта-шкив четырехкривошипного пресса усилием $5 \cdot 10^6$ Н 30
Листы 415, 416. Муфты пневмокамерные радиального действия 30
Листы 417, 418. Муфты шинно-пневматические 30
Лист 419. Муфты фрикционные электромагнитные с вынесенными дисками 31
Листы 420, 421. Муфты электромагнитные однодисковые 31
Лист 422. Муфты электромагнитные зубчатые и порошковые 31
Лист 423. Электромагнитные муфты скольжения 31
Лист 424. Гидромуфта 32
Лист 425. Муфты предохранительные 32
Лист 426. Муфты предохранительные шариковые 32
Лист 427. Муфты предохранительные фрикционные 32
Листы 428...431. Муфты центробежные 32
Лист 432. Муфты центробежные с дробью 33
Листы 433...435. Муфты обгонные роликовые 33
Лист 436. Муфты обгонные 33
Лист 437. Конструирование комбинированных муфт 33
Листы 438...440. Комбинирование компенсирующей и предохранительной с разрушающимся элементом муфт 34
Листы 441, 442. Комбинирование упругой и предохранительной с разрушающимся элементом муфт 34
Листы 443, 444. Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-кулачковой муфт 34
Лист 445. Комбинирование компенсирующей и предохранительной пружинно-шариковой муфт 34
Лист 446. Комбинирование цепной и предохранительной пружинно-шариковой муфт 34
Лист 447. Комбинирование упругой и предохранительной пружинно-шариковой муфт 34
Листы 448, 449. Комбинирование компенсирующей и предохранительной фрикционной муфт 35
Листы 450...456. Комбинирование упругой и предохранительной фрикционной муфт 35
Лист 457. Комбинирование упругой и сцепной дисковой муфт 35
Лист 458. Комбинирование упругой и сцепной муфт 35
Лист 459. Комбинирование компенсирующей, упругой и сцепной конусной муфт 36
Лист 460. Муфты комбинированные 36
Листы 461, 462. Комбинирование упругой и сцепной электромагнитной муфт 36
Лист 463. Комбинирование упругой и обгонной муфт 36
Лист 464. Муфты комбинированные 36
Смазочные материалы. Смазывание. Уплотнения. Листы 465...506 (канд. техн. наук, доц. *И. К. Ганулич*, ассист. *Л. И. Смелянская*) 36
Лист 465. Смазочные масла 37
Листы 466, 467. Пластичные смазочные материалы 38
Лист 468. Выбор масел для смазывания зубчатых передач 38
Лист 469. Выбор масел для смазывания передач и узлов трения 38
Лист 470. Смазывание погружением цилиндрических передач 39
Лист 471. Смазывание конического зацепления 39
Лист 472. Смазывание погружением волновой зубчатой передачи 39
Лист 473. Смазывание погружением червячного зацепления 39
Лист 474. Смазывание погружением редукторов с верхним расположением червяка 39
Лист 475. Смазывание различных узлов 40
Лист 476. Смазывание узлов вертикальных валов 40
Лист 477. Пробки и крышки-отдушины 40
Лист 478. Маслоуказатели 40
Лист 479. Масленки 41
Лист 480. Циркуляционная смазочная система 41
Лист 481. Насосы шестеренные 41
Лист 482. Насосы лопастные (шиберные) 41
Лист 483. Насосы плунжерные 41
Лист 484. Соединения трубопроводов смазочных систем (прямые) 42
Лист 485. Соединения трубопроводов смазочных систем (угловые и тройниковые) 42
Лист 486. Узлы смазочных систем (фильтры) 42
Лист 487. Смазывание подшипников качения масляным туманом 42
Лист 488. Элементы системы смазывания масляным туманом 43
Лист 489. Циркуляционные смазочные системы редукторов 43
Лист 490. Смазочная система высокоскоростной зубчатой передачи 43
Лист 491. Классификация и основные характеристики уплотнений 43
Лист 492. Уплотнения неподвижных соединений общего назначения 44
Лист 493. Кольца резиновые круглого сечения 44
Лист 494. Установка уплотнительных колец и прокладок 44
Лист 495. Уплотнения вращающихся деталей 44
Лист 496. Резиновые армированные манжеты для валов 45
Лист 497. Стальные уплотнительные шайбы 45
Лист 498. Уплотнения валов разрезными кольцами 46

Лист 499. Уплотнения войлочные, лабиринтные и щелевые 46
Лист 500. Установка манжетных уплотнений 46
Лист 501. Примеры уплотнения подшипников 46
Лист 502. Примеры уплотнения подшипников 46
Лист 503. Уплотнения торцовые 47
Лист 504. Уплотнения гидравлических устройств 47
Лист 505. Уплотнения пневматических устройств 47
Лист 506. Резинотканевые уплотнения и грязесъемники для штоков 47
Конструктивные элементы литых деталей. Листы 507...535 (канд. техн. наук, доц. *Л. П. Варламова*, канд. техн. наук, доц. *Н. В. Палочкина*) 47
Листы 507, 508. Основные типы литых корпусных деталей 47
Листы 509...511. Справочные данные для конструирования литых деталей ... 47
Лист 512. Сопряжения стенок литых деталей 47
Лист 513. Конструирование ребер 47
Лист 514. Отбортовка окон. Конструирование фланцев 47
Лист 515. Конструирование приливов 47
Лист 516. Корпус цилиндрического одноступенчатого редуктора 47
Листы 517, 518. Корпус цилиндрического двухступенчатого редуктора 48
Листы 519, 520. Рекомендуемые размеры элементов корпуса цилиндрического редуктора 48
Листы 521, 522. Определение размеров корпуса коническо-цилиндрического редуктора 48
Листы 523, 524. Конструирование крышки корпуса 48
Листы 525, 526. Корпус червячного редуктора 48
Листы 527...530. Определение размеров корпуса червячного редуктора ... 48
Лист 531. Корпус мотор-редуктора 48
Лист 532. Щит 48
Лист 533. Диск соединительный (канд. техн. наук, доц. *С. С. Иванов*) 48
Лист 534. Корпус червячного редуктора 48
Лист 535. Плита 48
Список литературы 294

АТЛАС КОНСТРУКЦИЙ

Детали машин

Редактор *Н. Н. Дымова*
Обложка художника *В. И. Мусиенко*
Художественный редактор *В. Д. Лыськов*
Технические редакторы *О. В. Куперман, И. Н. Раченкова*
Корректор *Л. А. Ягупьева*

ИБ № 5927

Сдано в набор 30.09.91. Подписано в печать 09.10.92. Формат $60 \times 90^1/_8$. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 37,0. Усл. кр.-отт. 37,5. Уч.-изд. л. 42,69. Тираж 5600 экз. Заказ № 743. «С».

Орлена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва, Стромынский пер., 4.

Отпечатано в Московской типографии № 6 Министерства печати и информации РФ. 109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24 с диапозитивов, изготовленных в ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография». 113054, Москва, Валовая, 28.