

**КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ
СМАЗКА
УПЛОТНЕНИЯ**

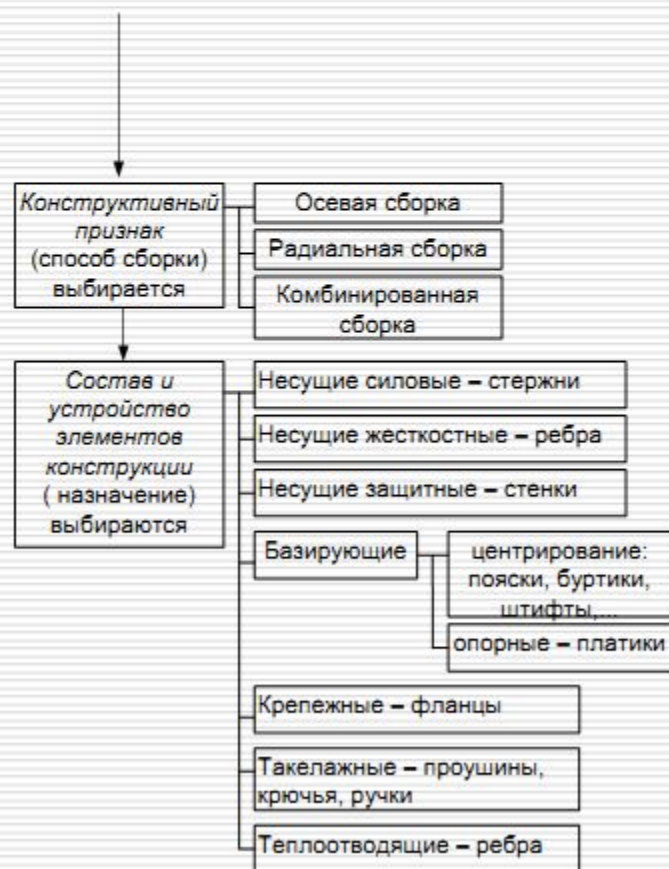
Несущие конструкции служат опорами узлов и механизмов машин, аппаратов и приборов, т.е. воспринимают действующие на них нагрузки. При этом понятие "**опора**" имеет широкий смысл, а конкретный вид такой "опоры" определяется теми или иными условиями применения.

Для поддержания устройств или частей машин, оказывающих преимущественно нормальное давление на опорную поверхность, служат **плиты**. Если же действуют не только нормальные, но и сдвигающие нагрузки, то используют **основания и фундаменты**.

Несущие конструкции, которые наряду с опиранием обеспечивают нужное взаимное расположение (базирование) устройств или частей машин, относят к **станинам** либо, если это стержневая конструкция, – к **рамам**.

Конструкциями широкого назначения являются **корпуса и крышки**: они поддерживают и базируют устройства или части машин, защищают и предохраняют (изолируют) их от неблагоприятных или нежелательных воздействий со стороны внешней среды, человека, других устройств или узлов этой же системы (либо наоборот – защищают внешнюю среду от воздействия на нее устройств или машин). Несущие элементы конструкций могут соседствовать с такими взаимосвязанными элементами, как **кожухи**, служащими для защиты и изоляции устройств или частей машин.

Отдельную группу конструкций, являющихся в основном частью аппаратов, составляют **сосуды и контейнеры**. Они служат емкостями для хранения различных веществ. Часть объема корпуса тоже может использоваться как емкость, но для жидкой смазки, откуда она подается к узлам машины. Это – **картер**.



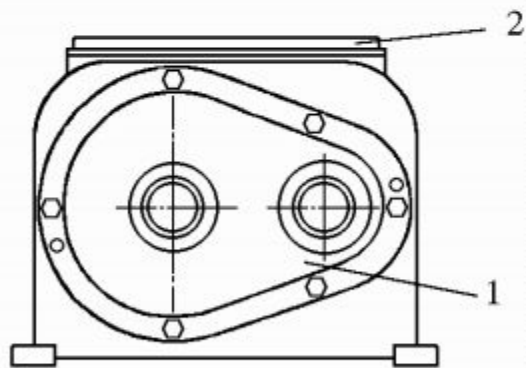
Форма конструкции корпусов сильно зависит от системы их сборки и характера монтажа внутренних узлов и деталей.

В машине или ином устройстве, заключенном в корпус, можно выделить продольное (осевое) и поперечное (радиальное) направления осей координат.

Если сборка изделия ведется перемещением деталей и узлов на их посадочные места в осевом направлении и/или корпус имеет осевые разъемы (соединения по плоскостям, перпендикулярным продольной оси корпуса), то такая конструкция образует **осевую систему сборки**.

При осевой системе сборки корпусные детали технологичны в изготовлении (имеют простые формы, обрабатываемые поверхности – замкнутые), обладают хорошей жесткостью, что в итоге позволяет получить легкую и прочную конструкцию.

Недостатком является повышенная трудоемкость монтажа – сложность сборки и регулировки положения деталей.



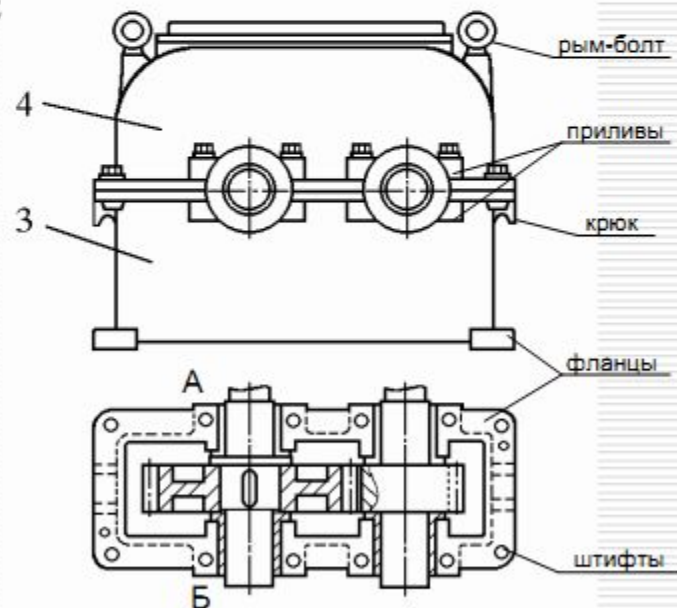
Процесс сборки.

Зубчатое колесо собирается на валу. Затем этот узел, а также вал-шестерня, осевой подачей вставляются в корпус через отверстие с одной его стороны.

Накладывается отъемная крышка (1), закрепляемая винтами. Для проверки правильности зацепления колес и контроля их текущего состояния сверху предусмотрена крышка смотрового люка (2). Валы базируются по посадочным поверхностям в отверстиях корпусных деталей, а отъемная крышка относительно корпуса – посредством центрирующих элементов (на рисунке – парой штифтов).

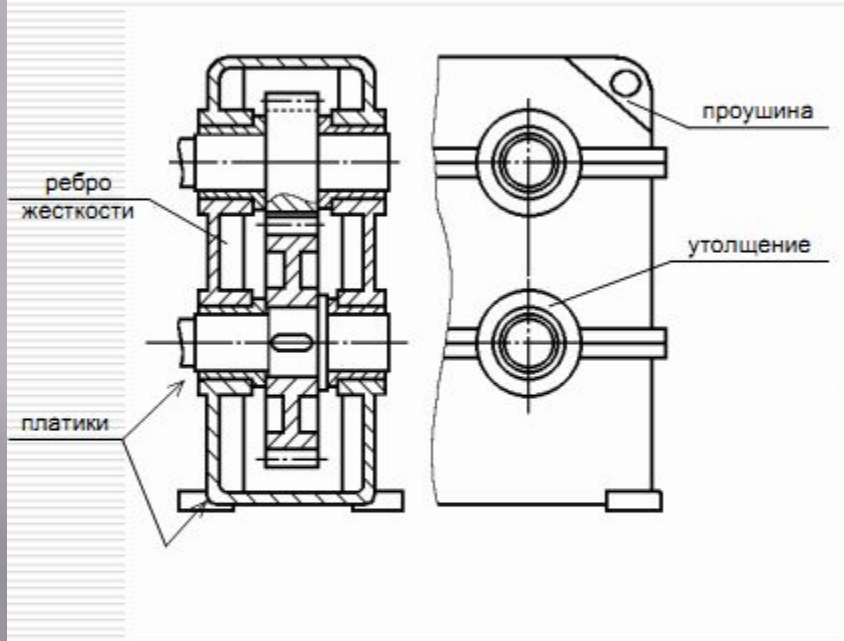
В конструкции с **радиальной системой сборки** разъем лежит в плоскости, совпадающей с осью монтируемого узла.

При радиальной системе сборки упрощается монтаж и обслуживание, но повышается трудоемкость изготовления – детали следует обрабатывать в сборе, плоскости разъема – хорошо притирать, необходимо введение в конструкцию базирующих элементов. Корпусу свойственна неодинаковая жесткость: в плоскости стыка она меньше, чем в поперечном направлении. Для повышения жесткости приходится усложнять конструкцию и вводить жесткостные элементы.

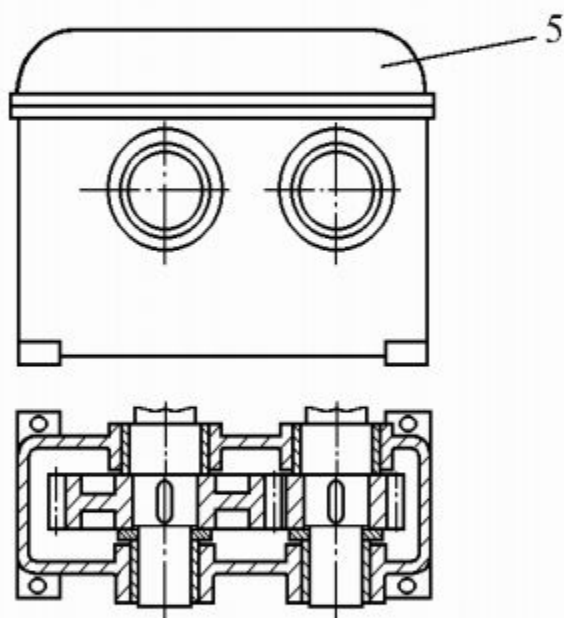


Процесс сборки.

Корпус состоит из верхней (4) и нижней (3) частей с горизонтальной плоскостью разъема, совпадающей с плоскостью расположения осей валов и колес. При сборке, сначала, валы устанавливаются в нижней части корпуса (3) и, затем, накрываются верхней частью корпуса (4). Обе корпусные части крепятся винтами и центрируются штифтами. Плоскости стыка частей корпусов должны быть хорошо притерты. Посадочные отверстия под подшипники валов обрабатываются "в сборе", т.е. в предварительно собранном и взаимно отцентрированном корпусе. При уплотнении стыка применение прокладок недопустимо, так как это нарушает цилиндричность посадочных гнезд под подшипники. Для этих целей используют герметики. Опорами передачи являются подшипники скольжения с вкладышем. В опоре Б вкладыш выполнен в виде цельной втулки и установлен на валу посредством осевой сборки. В опоре А вкладыши состоят из двух половинок, которые устанавливаются посредством радиальной сборки. Поскольку на рисунке плоскость разъема корпуса совпала с плоскостью стыка половинок вкладыша, то на чертеже ₅ вкладыш не заштрихован.



С целью упрощения обработки поверхностей стыков их желательно располагать параллельно или перпендикулярно плоскости базирования детали или траектории движения инструмента. Поэтому для передачи с вертикальным расположением осей валов при радиальной системе сборки будет две плоскости разъема корпуса, а сам корпус – состоять из трех частей.



В конструкции со **смешанной (комбинированной) системой сборки** корпус выполняется цельным с монтажным отверстием, закрываемым крышкой (5). По возможности она располагается в ненапряженной части конструкции. При сборке через монтажное отверстие опускают (в поперечном направлении) колеса и, одновременно, в корпусные отверстия заводят валы (в осевом направлении) так, чтобы они прошли сквозь отверстия в ступицах колес. При таком способе сборки изменение диаметров вала по длине должно быть монотонно возрастающим (ступенчатая конструкция вала). При невозможности выполнения этого условия (например, для валов-шестерен) – увеличивают отверстия в опорах и ставят стаканы. Стесненность монтажа такой конструкции требует назначения более свободных посадок (подвижных), что однако снижает точность взаимного базирования деталей.

В конструкции со смешанной системой сборки значительно усилены достоинства и недостатки конструкции с осевой системой сборки: корпус имеет очень простую конструкцию, высокую жесткость и малый вес, но очень усложнен монтаж.

Корпуса – одни из наиболее сложных и трудоемких частей технических устройств. С целью упрощения их конструкции вводят такие детали как крышки и стаканы.

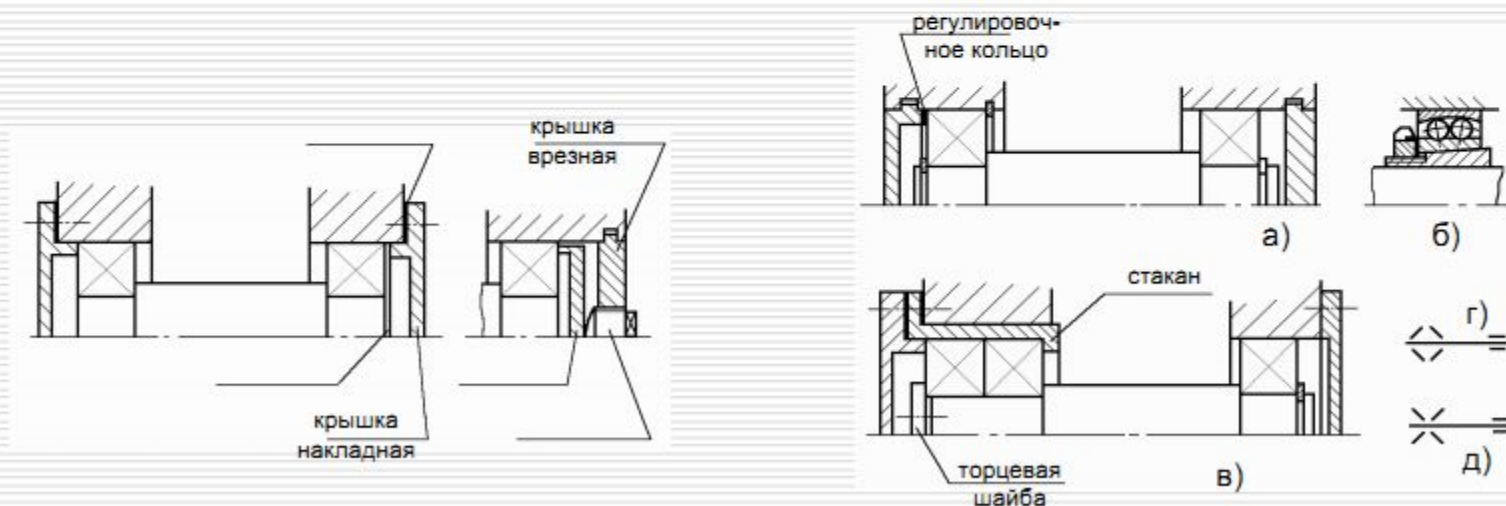
Крышки, как и корпуса, являются силовым элементом конструкции, служат для базирования деталей и защиты корпусных отверстий. По способу закрепления они подразделяются на следующие:

накладные, закрепляемые по фланцам винтами;

закладные, вставляемые в паз в корпусе. Конструктивно проще, но допустимы только при радиальной системе сборки.

Форма крышек определяется формой закрываемого отверстия, технологичностью изготовления и сборки узла и стремлением к снижению расхода материала.

Стаканы используются для увеличения или выравнивания размеров отверстий в корпусе при установке разноразмерных подшипников или упрощения монтажа деталей (сначала – сборка узла в стакане, а затем – установка его в корпус).



Несущими элементами являются стержни и стенки.

Стенки утяжеляют конструкцию, но выполняют еще и защитную функцию. Наиболее технологичны стенки плоской формы. Они характеризуются толщиной, определяемой из условий прочности, жесткости и возможности изготовления (так, например, в сварной конструкции минимальная толщина стенки может быть меньше, чем в литой).

В месте резьбового отверстия винтов в стенке выполняют местное утолщение – приливы или бобышки.

Для базирования деталей в нормальном направлении относительно корпуса служат опорные поверхности – платики. Для удобства обработки их делают плоскими, выступающими над остальной (часто дополнительно не обрабатываемой) поверхностью.

Для базирования деталей в плоскости стыка служат пояски, буртики (выполняемые на соединяемых деталях), а также штифты, штыри и другие элементы, являющиеся самостоятельными деталями (их вводят при сложности изготовления корпусных центрирующих элементов). Во избежание снижения точности базирования, деформация центрирующих элементов должна быть минимальной. Поэтому эти элементы не могут быть силовыми и передавать в конструкции какие-либо нагрузки, а также образовывать статически неопределимую систему (что при сборке узла создает натяги и деформирует эти элементы).

Базирующие элементы – наиболее точно и чисто обрабатываемые элементы конструкций. При использовании в конструкции резьбовых соединений предусматриваются фланцы. Их ширина определяется условиями размещения гаек и головок винтов, форма – формой стыка, толщина – условиями жесткости и прочности (с целью передачи нагрузок на соединяемые детали и обеспечения равномерности обжатия и герметичности стыка).

Для облегчения корпусных деталей с сохранением их жесткости вводят ребра жесткости. Их располагают в направлениях действия потоков внутренних силовых факторов или изгиба стенки либо иного элемента конструкции. Форма ребер и их толщина должны быть максимально эффективными и, в тоже время, – обеспечивать технологичность конструкции.

В любом работающем устройстве, в том числе машинах и передачах, существуют потери энергии, учитываемые КПД. В основном они преобразуются в тепло и вызывают нагрев устройства. Выделяемое тепло отводится в окружающую среду охлаждающей жидкостью (например, смазкой), через стенки конструкции и другими способами. Температура нагрева устанавливается в результате баланса между выделяемым и отводимым теплом. С другой стороны, для каждого устройства имеется своя предельная температура нагрева, ограничиваемая предельной тепловой деформацией деталей и узлов, изменением физико-механических свойств материалов, в том числе – смазки.

Теплоотдачу можно повысить, а температуру нагрева – понизить, ребрением, т.е. увеличением *теплоотдающей* поверхности корпуса введением *ребер*. Такие ребра располагают в направлении движения обдувающих потоков воздуха. Так, в естественных условиях нагретый воздух поднимается вверх, и, следовательно, ребра располагают вертикально. Толщина ребер определяется наилучшими условиями отдачи корпусом тепла.

Для удобства переноски изделия как при внутривозвратной транспортировке, так и при доставке к месту назначения следует предусматривать возможность *такелажирования*, т.е. закрепления захватов. Если конфигурация и прочность изделия допускает, то можно цеплять за естественные выступы и отверстия, использовать вставные штанги. В противном случае вводят специальные элементы:

рым-болты. Это – стандартные детали, вворачиваемые в корпус изделия и подбираемые в зависимости от его веса;

проушины (ребра с отверстиями), крючья (ребра с пазами). Они изготавливаются заодно с корпусом;

ручки и другие элементы.

Количество и расположение точек зацепления должно удовлетворять условию устойчивости подвешивания и удобства закрепления захватов. Обычно изделия подвешивают в одной (простые детали) либо трех-четырех точках (готовые изделия или ответственные детали).

Смазывание выполняет вспомогательные функции и служит для повышения эффективности и качества работы машины. Его роль настолько велика, что во многих случаях не только отсутствие смазки, но и неправильное смазывание приводят к отказу машины.

Под смазыванием подразумевается использование смазки для выполнения определенных операций.

Выбор вида смазки зависит от конкретных условий и режима эксплуатации, материалов контактирующих деталей и состояния их поверхностей. Существующие смазки подразделяются на следующие типы:

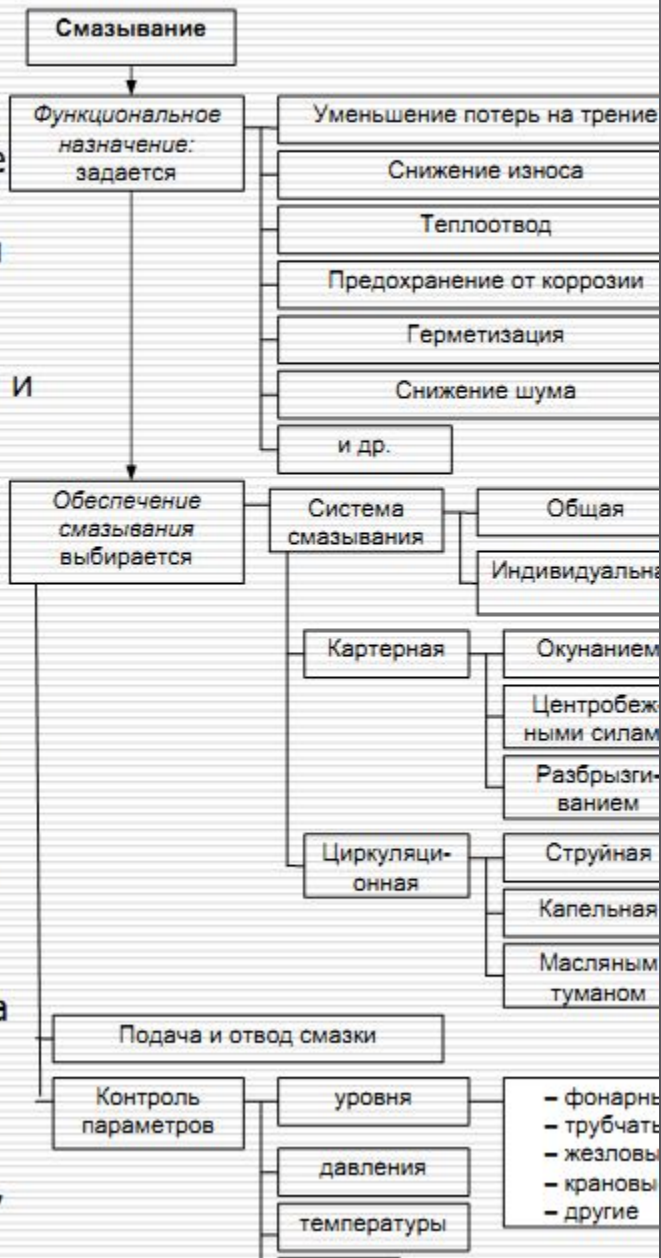
— твердая (графит, дисульфид молибдена и т.д.).

— эффективна в экстремальных условиях (вакуум, очень высокие и низкие температуры, высокие требования к чистоте окружающей среды и т.п.) и при редких перемещениях;

— пластичная (солидолы, констатины и т.д.). Удерживается на вертикальных и открытых поверхностях, хорошо герметизирует и консервирует детали и узлы, упрощает обслуживание (и конструкцию), особенно, труднодоступных мест;

— жидкая (легкие, средние и тяжелые индустриальные масла, турбинные, моторные и трансмиссионные масла, вода и т.п.). Позволяет значительно уменьшить коэффициент трения, эффективно отводит тепло, защищает от коррозии;

— воздушная (газообразная). Позволяет максимально уменьшить величину коэффициента трения, особенно в опорах, имеет неограниченный ресурс, экологически чистая.



- Смазывание осуществляется, прежде всего, в следующих целях:
- уменьшение потерь на трение. Для этого используются смазки с антифрикционными свойствами. По возможности смазка должна разделять трущиеся поверхности и заменять сухое трение на трение между слоями смазки;
 - снижение или предотвращение износа и схватывания рабочих поверхностей. Для этого используются противоизносные и противозадирные смазки;
 - отвод тепла, выделяющегося вследствие трения, от рабочих поверхностей деталей. Для осуществления интенсивного теплоотвода предпочтительны жидкие смазки с высокой теплоемкостью и малой вязкостью;
 - предохранение от коррозии. Для этого предпочтительны пластичные и твердые смазки с антикоррозионными свойствами и пониженной агрессивностью;
 - герметизация узлов. Для этого предпочтительны пластичные смазки с высокими вязкостью и адгезионными свойствами;
 - поглощение шумов, возникающих при работе машин и их узлов. Для этого применяются смазки, снижающие трение, как основной источник шума, а также смазки в жидком или пластичном состоянии, которые хорошо поглощают звук, амортизируют ударные нагрузки и демпфируют колебания.

В машинах возможна **индивидуальная или общая** системы смазывания. Индивидуальное смазывание учитывает особенности каждого узла, но сложнее, так как нуждается в независимых смазывающих устройствах. Его применяют при удаленности друг от друга смазываемых узлов, либо когда для каждого узла требуется различная по виду или состоянию смазка.

По способу подачи смазки к рабочим поверхностям различают **картерную и циркуляционную** системы смазывания.

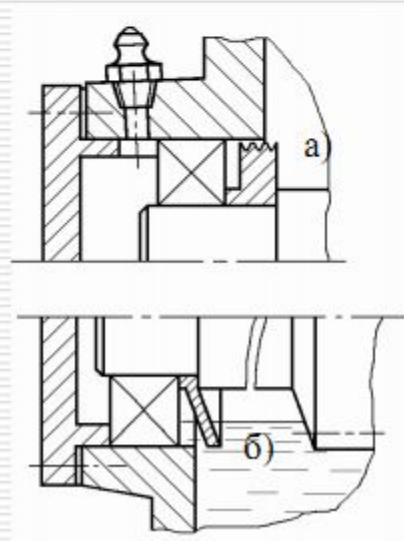
При **картерной системе** рабочие поверхности постоянно погружены или периодически окунаются в жидкую смазку. Смазка находится в специальной ванне (в корпусах – в картере), форма и расположение которой выбирается с учетом следующих условий:

- разбрызгиваемая при работе смазка должна иметь возможность свободно стекать и полностью собираться в этой ванне;
- при сливе смазки ванна должна свободно и полностью опорожняться, а смазка – не скапливаться и не застаиваться в возможных углублениях, пазах и т.п.;
- объем масляной ванны должен обеспечивать свободное погружение рабочих поверхностей на требуемую глубину, длительное сохранение свойств смазки (чем больше объем, тем дольше сохраняются ее свойства) и поддержание теплового баланса узла. С ростом глубины погружения смазывание становится эффективнее, но и возрастают потери энергии на непроизводительное перемешивание, существенно зависящие от вязкости смазки и скорости вхождения детали в ванну.

При смазывании пластичными смазками их наносят на рабочие поверхности или заполняют часть свободного пространства узла. Такой способ можно отнести к картерной системе. Если соседние узлы смазываются различной по консистенции смазкой, то во избежание вымывания пластичной смазки пространство, где она находится, должно быть изолировано от пространства с жидкой смазкой, например, мазеудерживающими кольцами (рис. а). Пластичная смазка может закладываться в узлы при сборке или во время профилактических осмотров, либо периодически подаваться под давлением посредством масленок. На рис. а показана стандартная пресс-масленка, позволяющая подавать масло под давлением при помощи шприца.

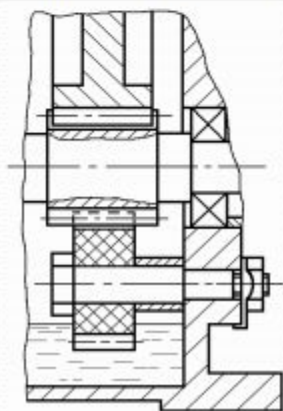
Картерная система проста и удобна, но смазка здесь не очищается и со временем засоряется неизбежными продуктами коррозии и износа. При больших скоростях движения частей машины (например, при входе в ванну сателлитов планетарной передачи) смазка чрезмерно разбрызгивается и быстро окисляется, плохо удерживается и сбрасывается центробежной силой.

В случае, когда несколько узлов смазываются из одной масляной ванны, недопустимы попадание вместе со смазкой продуктов износа из одного узла в другой (например, продуктов износа зубчатых колес в подшипниковый узел) либо чрезмерное затопление узла потоком смазки, создаваемого при работе другого узла (например, при работе червяка), соседние пространства разделяют маслоотражательными кольцами (рис. б).

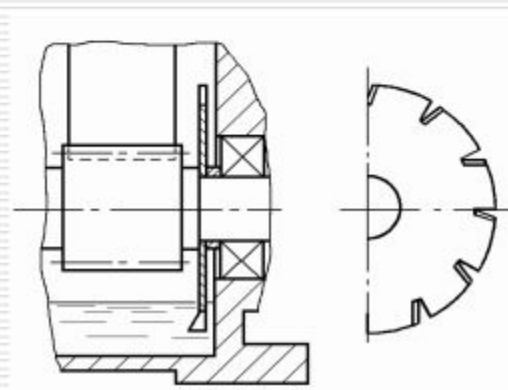


Поскольку уровень смазки ограничен, то для смазывания высоко расположенных узлов применяют комбинированный способ, сочетающий картерную и циркуляционную системы. В зависимости от взаимного расположения узла и ванны, скорости движения деталей и подаваемого количества смазки возможны следующие его способы:

- смазывание окунанием в ванну специально введенных деталей, которые затем подают смазку к рабочим поверхностям основных деталей. Например, смазывание посредством вспомогательных колес (в зубчатых передачах – смазочные шестерни), дисков с лопатками, навесными кольцами и т.д. Возможно применение скребков, которые снимают слой смазки с боковых сторон колес и по желобам и каналам самотеком подают ее к смазываемым узлам;
- смазывание благодаря действию центробежных или иных сил, обеспечивающих подачу смазки из ванны к узлу;
- смазывание разбрызгиванием. Здесь смазка захватывается из ванны и разбрызгивается быстро вращающейся деталью, например, быстроходным колесом передачи или специальными брызговиками (дисками с лопатками). Брызги в виде капель и тумана могут непосредственно попадать на рабочие поверхности деталей, либо оседать на стенках корпуса или специальных лотках, затем стекать по каналам в нужные узлы и, омывая их, возвращаться в ванну.



Центроб
ежная
форсунк
а



При **циркуляционной системе** смазывания смазка на рабочие поверхности деталей принудительно подается насосом или иным внешним устройством: из картера или специального бака смазка прогоняется сквозь фильтр и охладитель, затем подается на смазываемые поверхности, стекает и снова собирается в емкости. Масляные насосы могут приводиться в движение от независимого двигателя либо от одного из валов машины. Циркуляционная система сложна, ведет к увеличению габаритов машины, но обеспечивает хорошие условия смазывания, и следовательно, высокую эффективность работы машины. Ее применяют в ответственных и высоко скоростных устройствах.

Возможны следующие способы циркуляционной системы смазывания:

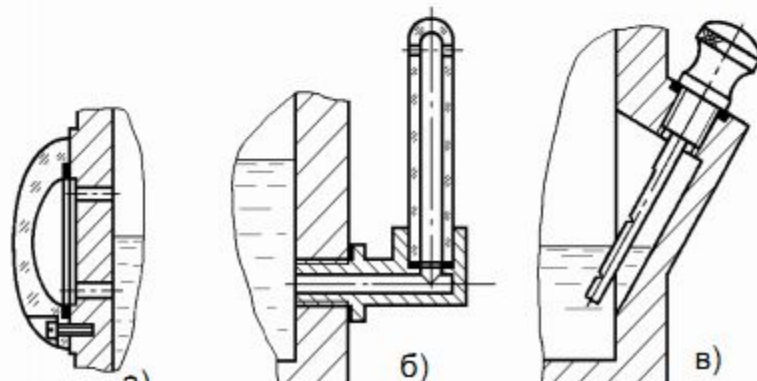
- струйное смазывание. Здесь смазка по трубопроводам непрерывным потоком прокачивается сквозь рабочий узел;
- капельное смазывание. Применяется при необходимости непрерывной подачи смазки малыми дозами (каплями). Для этих целей часто используются фитильные или капельные масленки. В фитильной масленке по фитилю из бачка непрерывно, даже в остановленной машине, подается смазка. В капельной масленке имеется игла, регулирующая или запирающая канал в трубке, по которому из бачка поступает смазка;
- смазывание масляным туманом, т.е. распыленными в воздухе мелкими частицами смазки, которые вместе с воздухом продуваются сквозь опору. Применяется для особо быстроходных узлов. На выходе из машины (узла) воздух осушается, а смазка отфильтровывается.

При **картерной системе смазывания** смазка заливается через отверстия, закрываемые пробками, либо через смотровые люки. Слив смазки производится через отверстия, располагаемые в самой низкой точке масляной ванны, так чтобы все масло могло стечь.

При **циркуляционной системе смазывания** смазка подводится и отводится по трубопроводам, но предусматриваются и дренажные отверстия, закрываемые пробками. Залив масла в ванну производится также как и при картерной системе смазывания.

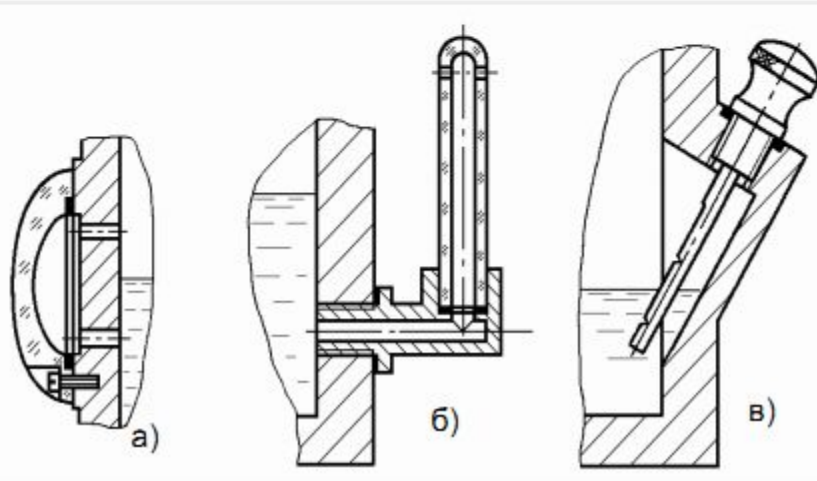
Контроль прокачиваемого объема смазки при циркуляционной системе смазывания регулируется настройкой системы. При картерной системе смазывания контроль уровня (объема) жидкой смазки производят следующими способами:

- фонарным маслоуказателем (глазком) круглой (рис. а) или, при большом перепаде уровня, удлинненно-овальной формы. Они конструктивно просты, но их применяют, если наблюдение за уровнем не вызывает неудобства, т.е. уровень глаз человека может легко располагаться на уровне маслоуказателя;
- трубчатым маслоуказателем. Он использует принцип сообщающихся сосудов. Возможны конструкции замкнутых и открытых (сообщающихся с внешней средой, как, например, на рис. б) указателей. Трубчатые, как и фонарные, указатели требуют внимательного обращения, особенно при транспортировке и монтаже, так как легко бьются. Они позволяют легко вести непрерывный контроль;



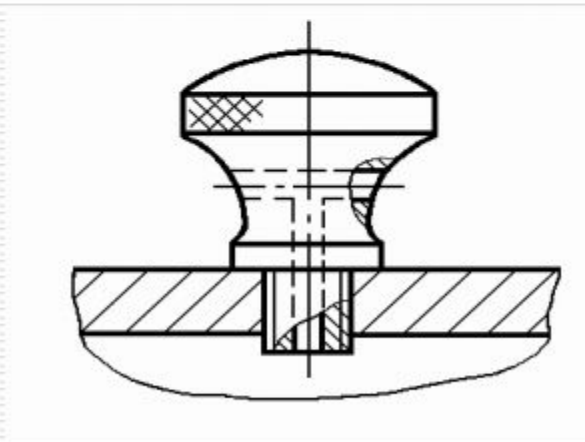
- крановым маслоуказателем. Он представляет собой краны или пробки, закрывающие отверстия в корпусе, расположенные на уровне смазки. Уровень контролируется по вытеканию смазки при их открытии. Предпочтительно краны устанавливать попарно, с целью контроля нижнего и верхнего предельных уровней;
- жезловым маслоуказателем (рис. в). Уровень контролируют по следу смазки на жезле (щупе) после того, как его вынули из гнезда, имеющего доступ к ванне с маслом. Предельные значения уровня указываются на щупе посредством рисок. Указатель применяют для контроля в труднодоступных местах машины. Обычно контроль ведется при остановленной машине, и предварительно щуп вынимают и протирают. При неизбежности контроля уровня во время работы, в условиях волнения и брызг, щуп помещают в трубку, закрепленную в корпусе, либо в отделенное перегородкой пространство;

по объему заливаемой смазки. Способ заключается в том, что сначала полностью сливают имеющуюся в машине смазку, а затем заливают необходимый объем новой смазки (количество заливаемой смазки указывается в документации по эксплуатации). Способ применяют при невозможности контроля уровня никакими другими способами.



Помимо контроля уровня может возникать потребность в контроле давления, температуры и других параметров смазки.

Необходимость *контроля давления* связана с тем, что при работе машина нагревается, и давление внутри нее повышается, и тем сильнее, чем ниже КПД и теплоотдача. Это, в лучшем случае, ведет к выдавливанию смазки через щели стыков и уплотнений, а при последующем охлаждении машины (узла) – засасывает ее, но уже загрязненную, назад. Во избежание такого явления внутренний объем корпуса делают сообщающимся с внешней средой, например, выполняя отверстие в корпусе, либо устанавливая отдушину. Отдушину представляет собой пробку со сквозным отверстием. Форму канала отверстия выбирают такой, чтобы избежать попадания внутрь пыли, грязи и других нежелательных объектов. При большом размере отверстия внутри канала могут устанавливать сетку фильтра. Отдушину также используют в качестве ручки для удержания смотровой крышки.

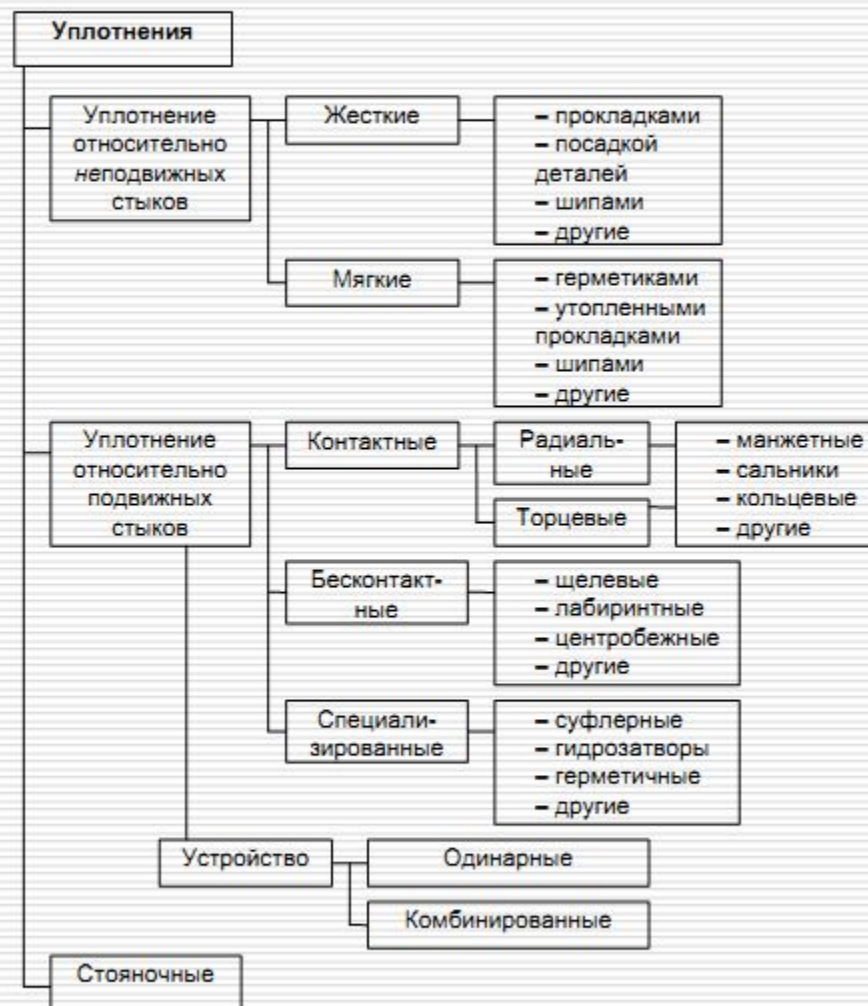


Уплотнения

Уплотнения предназначены для герметизации внутренних объемов технических систем (машин и их узлов, аппаратов, приборов) с целью:

- их защиты от неблагоприятных внешних воздействий (влага, пыль, грязь и т.п.);
- защиты внешней среды от вредных воздействий со стороны технической системы (утечки или испарения экологически опасных веществ);
- экономии расхода рабочих материалов (снижение утечек смазки и потерь хранимых жидкостей и газов, предотвращение изменения рабочих параметров, например, стравливание давления и т.п.).

В зависимости от условий работы уплотняемого узла различают уплотнения подвижных и неподвижных стыков.



Уплотнения неподвижных стыков

Уплотнения неподвижных стыков подразумевают герметизацию узла по стыкам деталей, неподвижных относительно друг друга. На степень герметичности существенно влияют качество обработки контактирующих поверхностей: шероховатость и отклонения форм (такие как, например, плоскостность, цилиндричность, перпендикулярность). Для облегчения обработки этих поверхностей им стараются придать простую геометрическую форму – плоскую или кольцеобразную.

В зависимости от требований к точности взаимного положения стыкуемых деталей уплотнения подразделяют на мягкие и жесткие.

Мягкие уплотнения конструктивно и технологически просты. Их применяют, когда нет необходимости точно выдерживать взаимное осевое положение соединяемых деталей: расстояние между поверхностями стыка зависит от степени обжатия расположенной между ними прокладки. Герметичность достигается тем, что при обжатии материал прокладки упруго или пластически деформируется и заполняет собой щели и микронеровности поверхностей стыка. Поперечная (радиальная) центровка соединяемых деталей посредством прокладки недопустима, и при необходимости осуществляется штифтами, центрирующими выступами, сопрягаемыми с канавками, или другими средствами.

Пластически деформируемые прокладки лучше герметизируют стыки, но плохо работают в часто разбираемых узлах и в податливых стыках при действии пульсирующих внешних нагрузок (прокладки не восстанавливают свою форму). В таких случаях применяют упругие прокладки. Их податливость выбирается тем выше, чем больше возможное циклическое расхождение стыков.

Степень герметичности, т.е. просачиваемость и диффузия среды сквозь прокладку, зависит от плотности прилегания прокладки к поверхностям стыка и ее ширины. Во избежание диффузии прокладка широкой. С другой стороны, для обеспечения плотного прижатия прокладки приемлемым по величине усилием (усилием обжатия)²¹

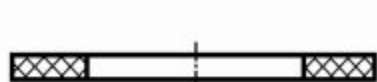
Прокладки выполняют следующих форм поперечного сечения (на примере кольцевых прокладок):

- плоские прямоугольного сечения (рис. а). Они просты в изготовлении, но требуют приложения большого усилия обжатия;
- зубчатые прокладки (рис. б). Для их обжатия достаточно небольшого усилия, поскольку начальная поверхность контакта мала;
- круглого или овального сечения (рис. в). Они компактны, но нуждаются в дополнительной осевой фиксации, так как легко выдавливаются из стыка;
- V-образные (рис. г). Хорошо работают в податливых стыках, но сложны в изготовлении. Выполняются из материалов с высокой жесткостью.

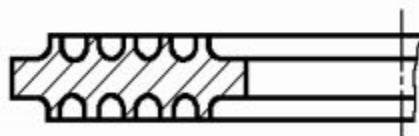
Возможна герметизация стыков без применения прокладок:

- посадкой соединяемых поверхностей с натягом;
- посадкой по конической поверхности, в том числе – сбегом резьбы;
- посредством внедрения острого выступа (шипа) одной детали в торец другой детали (рис. д).

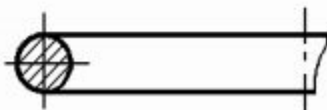
Выбор формы и материала прокладок также существенно зависит от перепада давлений в разделяемых пространствах, агрессивности среды и ее температуры.



а)



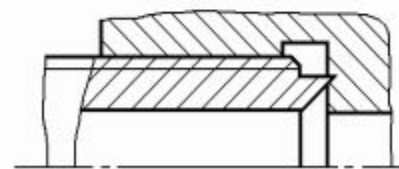
б)



в)



г)

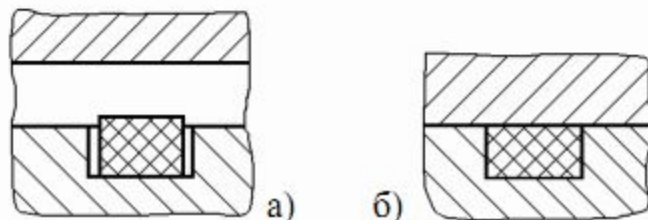


д)

Жесткие уплотнения применяют, когда точность взаимного положения соединяемых деталей должна быть высокой. В этом случае стыкуемые поверхности деталей входят в непосредственный контакт и являются базирующими, а герметизация достигается следующими способами:

- нанесением на поверхности стыка герметизирующих составов (герметиков) в виде пасты или лака. При обжатии соединения их избыток выдавливается (до посадки одной поверхности на другую), и в стыке остается очень тонкая пленка, не нарушающая точность взаимного расположения деталей (например, частей корпуса при радиальной сборке). Разборка таких соединений из-за слипания поверхностей бывает затруднена, поэтому в конструкции должны быть предусмотрены съемные устройства (например, отжимные винты). Герметизируемые поверхности обрабатываются с высокой точностью;
- использованием утопленных прокладок. Первоначально, при установке, прокладка выступает над плоскостью стыка (рис. а). После обжатия соединения прокладка осаживается пока поверхности стыка не лягут друг на друга (рис. б). Такой способ применяется, например, при уплотнении корпусных деталей при осевом способе сборки. При деформации прокладки в стесненных условиях паза (условиях всестороннего сжатия) ее жесткость значительно возрастает. Поэтому паз должен быть шире начального сечения прокладки, чтобы не препятствовать свободе ее деформации, но не настолько, чтобы плотность прилегания прокладки была недостаточной.

Основные отказы уплотнений неподвижных стыков связаны с нарушением прочности и плотности соединений.



Уплотнения подвижных стыков

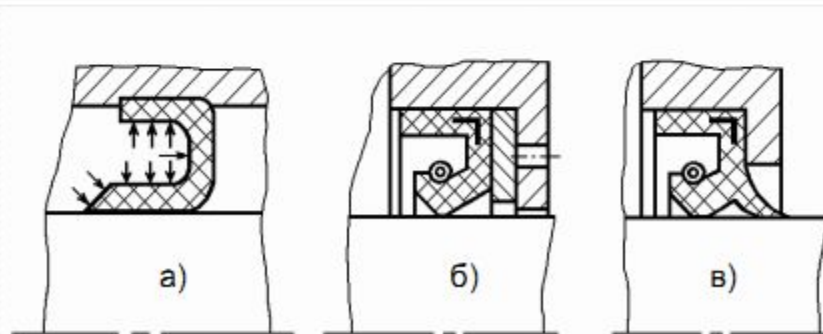
Уплотнения подвижных стыков конструктивно и технологически сложнее.

Различают три способа уплотнения: контактное, бесконтактное и специализированное.

В **контактном уплотнении** герметичность достигается благодаря плотному соприкосновению участков поверхностей подвижной и неподвижной деталей. В зависимости от расположения соприкасающихся участков уплотнения подразделяют на *радиальные* (контакт по цилиндрической поверхности) и *торцевые* (контакт по торцам деталей).

В группу контактных уплотнений, прежде всего, входят манжетные уплотнения, сальники и уплотнения кольцами.

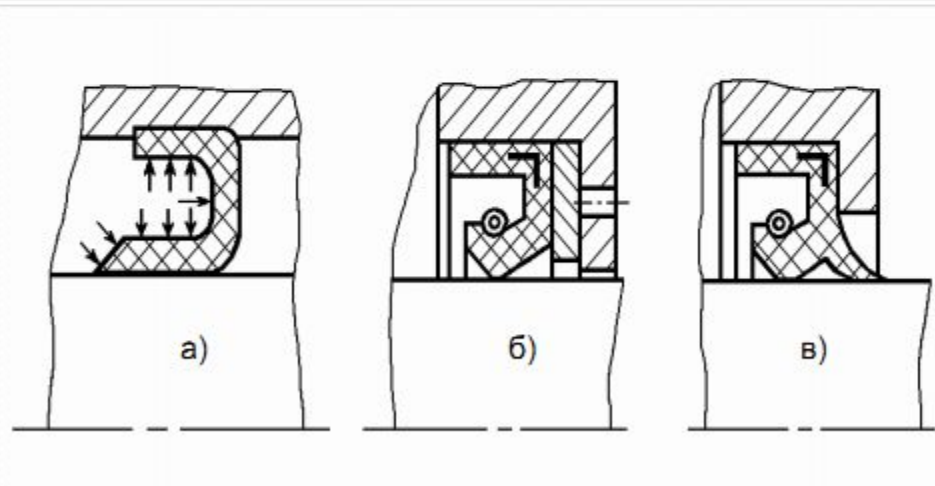
Манжетные уплотнения. Герметичность обеспечивается установкой специальной кольцевой детали – манжеты, выполняемой из мягкого упругого материала, с различной формой поперечного сечения (рис. 6). Обычно манжету закрепляют в неподвижной детали. Под действием давления в уплотняемом пространстве она плотно прижимается к подвижной детали (рис. а). При обратном расположении манжеты давление среды будет отжимать ее от подвижной детали. При необходимости двустороннего уплотнения устанавливают две противоположно направленные манжеты.



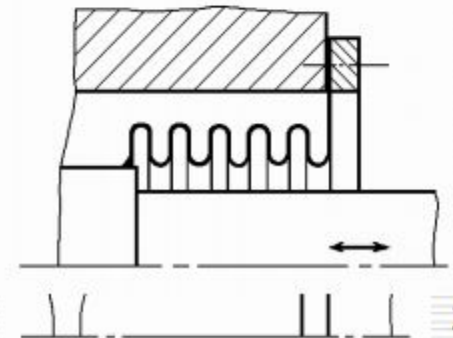
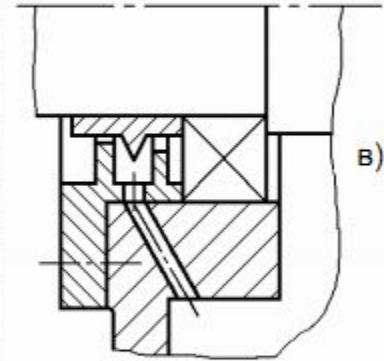
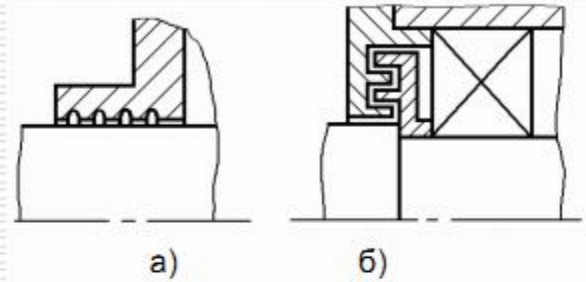
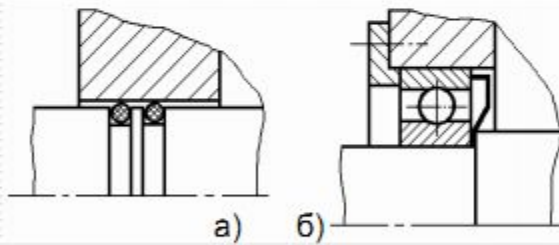
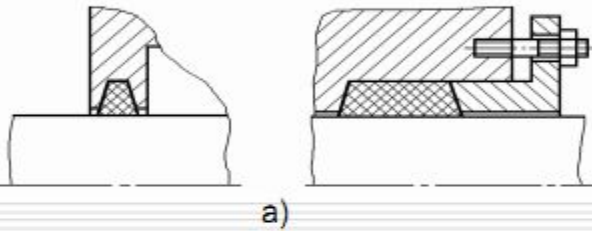
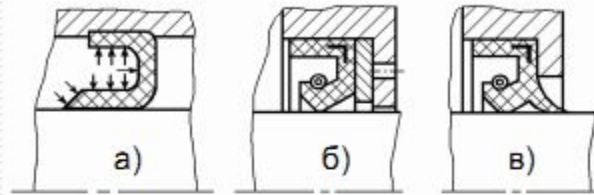
Уплотнения подвижных стыков

Манжеты – стандартизированные, взаимозаменяемые, покупные детали. Для компенсации износа и хорошего поджатия в манжете имеется пружинное кольцо, а для повышения ее жесткости – армированное металлическое кольцо (рис. б, в). Манжету подбирают по величине диаметра вала, а их число – по необходимой степени уплотнения. Для работы в сильно загрязненной среде применяют манжеты с пыльником (рис. в).

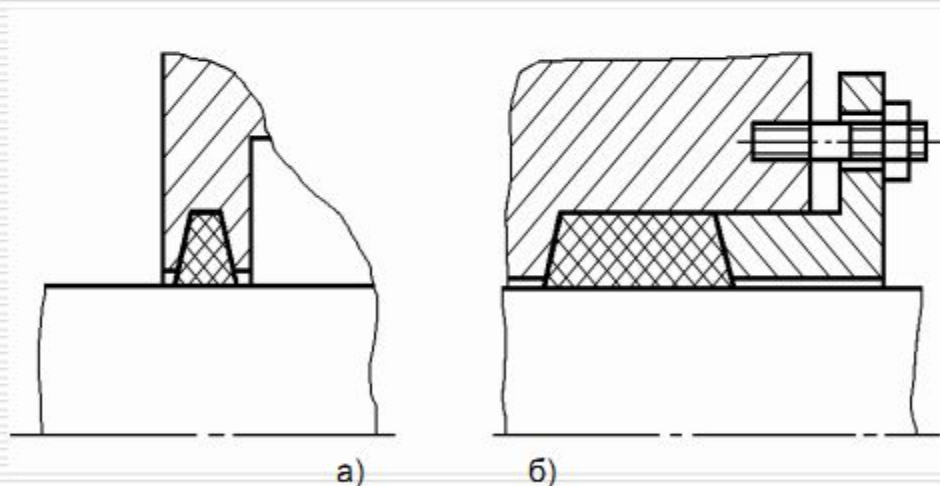
В конструкции узла с манжетным уплотнением необходимо предусматривать ее защиту от возможного выворачивания при действии высокого давления (например, опиранием манжеты о торцевую поверхность) и возможность удаления при замене, учитывая то, что манжета часто крепко схватывается с неподвижной деталью (удалять, например, выдавливанием манжеты посредством шайбы через отверстие, как показано на рис. б).



Смазка и



Сальники. Они представляют собой полость, набитую уплотняющим материалом, например, фторопластом или пропитанным маслом войлоком. Уплотнения конструктивно просты, но не взаимозаменяемы. На рис. а показано наиболее распространенное сальниковое уплотнение с трапецеидальной канавкой. Такая форма канавки благодаря действию сил упругости обеспечивает плотное поджатие уплотнения к подвижной детали (валу). Для компенсации износа применяют регулируемое уплотнение (рис. б), в котором уплотняющий материал поджимается втулкой (например, посредством затяжки гаек на шпильках). Длина участка набивки и плотность поджатия зависят от перепада давления в уплотняемых объемах и требования к степени их герметизации.

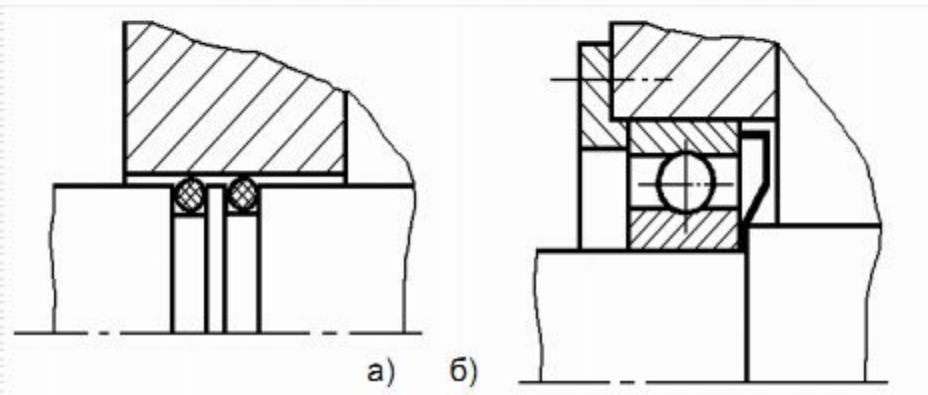


Уплотнения кольцами. Способ обычно применяют при возвратно-поступательном движении деталей. Кольца могут быть разрезными, если изготавливаются из твердых материалов, либо цельными, если допускают упругое растяжение (рис. а).

Наряду с перечисленными способами в торцевом уплотнении широко применяется уплотнение упругими стальными шайбами (рис. б). Оно обладает способностью самоприрабатываться и компенсировать износ трущихся поверхностей.

Контактные уплотнения хорошо герметизируют при разных условиях эксплуатации (горизонтальное и вертикальное расположение валов, высокое давление и т.п.) за исключением высоких скоростей относительного перемещения деталей.

Эффективность герметизации зависит от силы прижатия уплотнения, что, с другой стороны, ведет к заметному износу и снижению КПД машины. Установка нескольких уплотнений еще в большей степени снижает КПД. Для повышения срока службы уплотняемого узла поверхность подвижной детали должна обрабатываться до высокой твердости (чем выше, тем лучше, обычно не менее HRC45) и шероховатости (не грубее Ra0,3...0,63). Для предохранения более дорогой детали (вала) от износа, на нее могут надевать сменную втулку, по наружной поверхности которой и будет контактировать уплотнение.



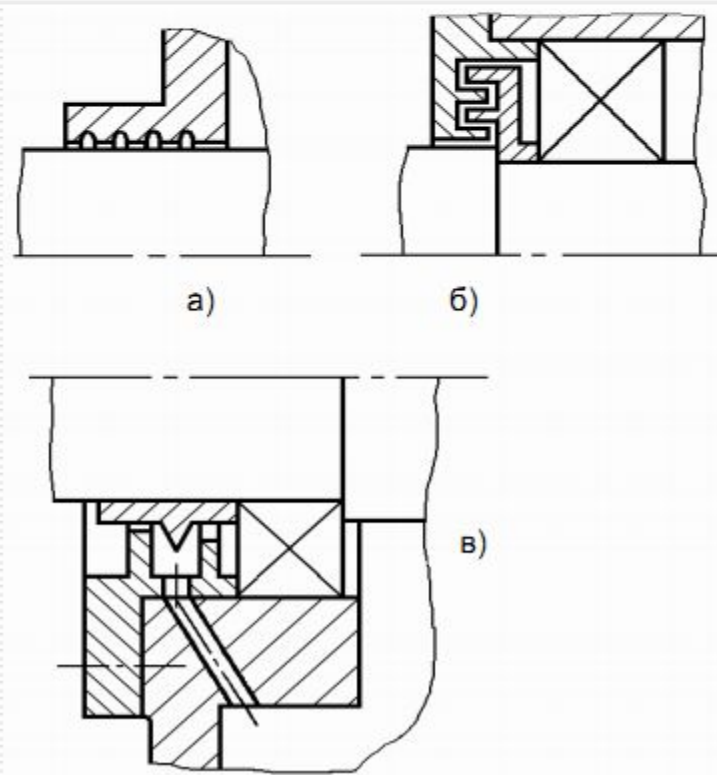
Бесконтактные уплотнения.

В *бесконтактном уплотнении* подвижные детали не касаются друг друга. Это обеспечивает им практически неограниченный срок службы, отсутствие износа и незначительные потери на трение (высокий КПД), отсутствие ограничений по скоростям. Однако уплотнительные свойства здесь ухудшаются при снижении вязкости среды (особенно для газообразных сред) или при остановке машины, а уплотнительный узел требует высокой точности изготовления и монтажа.

Герметизация основана на применении различных физических эффектов, по видам которых и подразделяют уплотнения.

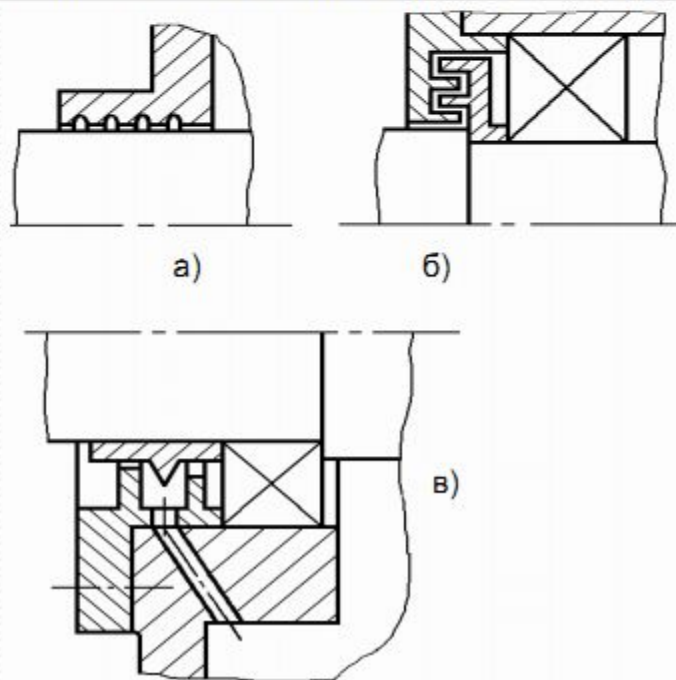
Щелевые уплотнения. Уплотняющий эффект связан с наличием сопротивления истечению жидкости в узкой длинной щели между относительно подвижными поверхностями деталей. Для повышения степени уплотнения на поверхности одной из деталей делают канавки (рис. а), часто заполняемые густой смазкой. Чем уже щель, тем выше герметичность, но и выше требования к точности изготовления и жесткости деталей (во избежание последствий от разброса размеров и перекосов).

При *неревверсивной работе* машины канавки выполняют винтовыми. Их направление согласуют с направлением вращения вала так, чтобы витки отгоняли уплотняемую среду назад.



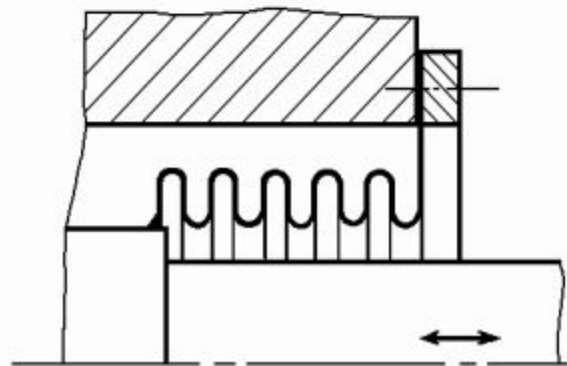
Лабиринтное уплотнение. Уплотняющий эффект основан на торможении вязкой среды в узкой извилистой щели, часто дополнительно заполняемой густой смазкой (рис. 8.99б). Эффективность этого уплотнения выше, чем щелевого, но выше и требования к точности изготовления и жесткости деталей, а также к точности осевого монтажа. Известно множество форм лабиринтов.

Центробежное уплотнение. Уплотняющий эффект основан на отбрасывании смазки с выступа вращающейся детали центробежной силой и возвращении ее назад через дренажное отверстие (рис. в). В качестве выступа может использоваться кольцо или диск, установленные на валу. Требования к точности изготовления и сборки здесь пониженные. Уплотнение применяется при достаточно высоких окружных скоростях. Для повышения степени герметизации могут последовательно устанавливать несколько уплотнений одного или разных видов (комбинированные уплотнения).



Для удовлетворения особо высоких требований к герметичности применяют **специализированные виды уплотнений**, обычно, более сложные и дорогие. Из них наиболее распространены следующие:

- суфлерные уплотнения (уплотнения передавливанием). Действие уплотнения основано на подаче под давлением в рабочую камеру (в герметизируемый объем) специальной жидкости или воздуха. Благодаря их постоянному вытеканию наружу через неплотности и зазоры, исключается проникновение во внутрь каких-либо веществ. Возможна подача специальной среды, обычно воздуха, в промежуточную камеру, расположенную между герметизируемыми полостями машины. В этом случае среда будет перетекать в оба соседних объема и исключит утечки из одной полости в другую;
- гидравлическое уплотнение. Действие основано на заполнении зазоров жидкостью, которая создает гидравлическую пробку. Жидкость в зазоре удерживается, например, центробежными силами;
- уплотнение с полной герметизацией гибкими элементами. Такие элементы служат гибкой стенкой, соединяющей относительно подвижные детали, либо движение передается сквозь гибкий элемент. Например, герметизация сальником при возвратно-поступательном движении деталей (рис.).



Сильфон представляет собой гофрированную тонкостенную трубку, которая одним концом плотно закрепляется в неподвижной детали (на рисунке – защемляется шайбой, закрепленной к корпусу), а другим концом – в относительно подвижной детали (на рисунке – приварена к штоку). Податливость сильфона позволяет штоку свободно смещаться в осевом направлении, а непрерывность стенки гарантирует отсутствие утечек. При передаче вращательного движения применяются специальные виды герметичных муфт и передач, например, герметичная волновая передача.

К промежуточному типу относятся **стояночные уплотнения**: при работе машины, в узле с подвижными деталями уплотнение работает как бесконтактное, а при их остановке уплотнение захлопывается, т.е. детали по поверхности стыка плотно прижимаются. Зазор в рабочем состоянии может создаваться вследствие действия центробежных сил, клиновым механизмом и иными способами.