

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра деталей машин и прикладной механики

Р.Х. ФАТТАХОВ, С.Ю. РЕШЕТОВ, Г.А. КЛЕЩАРЕВА

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВЫХ И
ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ КОНСТРУКТОРСКОГО НАПРАВЛЕНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

УДК 621.88.085(076.5)
ББК 34.441 я73
Ф27

Рецензент
кандидат технических наук, доцент Р.С. Фаскиев

Фаттахов Р.Х.
Ф27 **Уплотнительные устройства: методические указания к выполнению курсовых и дипломных проектов конструкторского направления для студентов инженерно-технических специальностей / Р.Х. Фаттахов, С.Ю. Решетов, Г.А. Клещарева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. –26 с.**

Методические указания разработаны в соответствии с современными требованиями к конструкциям уплотнительных устройств неподвижных и подвижных соединений. Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей ГОУ ОГУ для выполнения ими курсовых и дипломных проектов конструкторского направления.

ББК 34.441 я73

© Фаттахов Р.Х., 2007
Решетов С.Ю., 2007
Клещарева Г.А., 2007
© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

1 Уплотнительные устройства неподвижных соединений.....	4
1.1 Контактные уплотнительные устройства.....	4
1.1.1 Сальники.....	4
1.1.2 Гидропластовые уплотнения.....	6
1.1.3 Манжетные уплотнения.....	6
1.1.4 Торцовые уплотнения.....	10
1.2 Бесконтактные уплотнения.....	11
1.2.1 Щелевые уплотнения.....	11
1.2.2 Лабиринтные уплотнения.....	11
1.2.3 Гидравлические центробежные уплотнения	13
1.2.4 Уплотнение деталей, движущихся возвратно-поступательно.....	14
2 Уплотнительные устройства подвижных соединений.....	17
2.1 Листовые прокладки.....	17
2.2 Уплотнение жестких стыков.....	19
2.3 Уплотнение фланцев.....	21
2.4 Уплотнение резьбовых соединений.....	21
2.5 Уплотнение ввёртных деталей.....	22
2.6 Уплотнение жидкостных стыков.....	24
2.7 Уплотнение цилиндрических поверхностей.....	25
Список использованных источников.....	27

1 Уплотнительные устройства неподвижных соединений

Наиболее обширная область использования уплотнительных устройств – это герметизация входных, выходных и рабочих валов машин, передаточных механизмов, редукторов, коробок скоростей и т.п.. Уплотнительные устройства предупреждают утечку масла из корпуса машины и защищают внутренние полости корпуса от внешних воздействий, что особенно важно для машин, работающих на открытом воздухе, в запыленных помещениях и в соседстве с агрессивными средами.

Другая область использования уплотнительных устройств – это герметизация полостей в узлах, механизмах и машинах, содержащих газы и жидкости при высоких давлениях или под вакуумом. В роторных машинах необходимо уплотнение вращающихся валов и роторов; в поршневых машинах – уплотнение возвратно-поступательно движущихся частей (поршней, штоков, скалок и плунжеров).

Существует большое количество разнообразных уплотнительных устройств. Эти конструкции уплотнительных устройств лежат и в основе специальных решений. Все уплотнительные устройства делятся на 2 класса: контактные и бесконтактные.

В первом случае уплотнение достигается непосредственным соприкосновением подвижной поверхности элемента машины и неподвижной части уплотнения. К числу этих уплотнений относят сальники, манжеты, разрезные пружинные кольца, торцовые уплотнения и т.д.

Во втором случае контакт между частями уплотнения отсутствует. Уплотнительный эффект достигается с помощью центробежных сил, гидродинамических явлений и т.д. К числу этих уплотнений относят лабиринтные уплотнения, отгонные резьбы, отражательные диски, ловушки разнообразных типов и т. д.

Контактные уплотнения обеспечивают высокую герметичность соединений. К недостаткам можно отнести: ограниченность допустимых скоростей относительного движения, изнашиваемость и потери уплотнительных свойств, в связи с износом.

Бесконтактные уплотнения не имеют пределов по скоростям относительного движения, их срок службы не ограничен; уплотнительные свойства ниже, чем у контактных уплотнителей, полной герметизации можно достичь лишь применением дополнительных устройств.

1.1 Контактные уплотнительные устройства

1.1.1 Сальники

Сальники применяются в узлах неответственного назначения при низких скоростях (до 1 м/с) относительного движения. Достоинства: простота и

дешевизна. Недостаток: повышенный износ и непригодность к большим окружным скоростям.

Сальники представляют собой кольцевую полость вокруг вала, набитую уплотняющим материалом. Для набивки применяют хлопчатобумажные ткани, очесы, шнуры, фетр, асбест и т.д. Кольцевая полость выполняется в виде цилиндрических и конических канавок. Основные конструкции сальников представлены на рисунке 1.

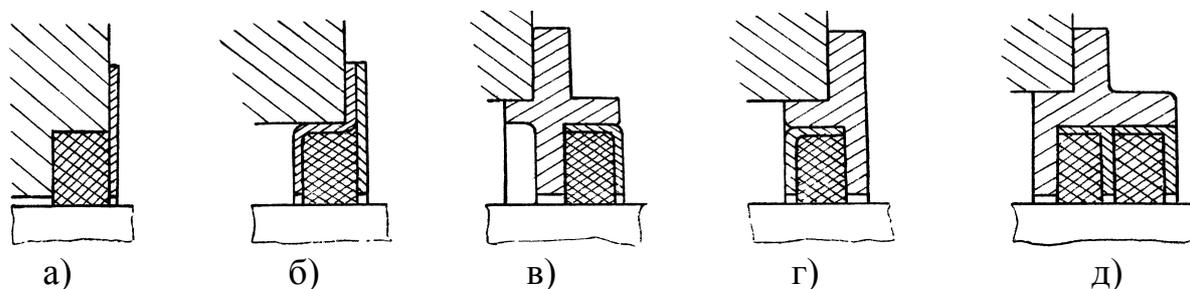


Рисунок 1 – Устройства сальников в цилиндрических канавках:

а, б – в корпусных деталях; в, г, д – в промежуточных деталях

Для увеличения надежности уплотнения применяют сальниковые уплотнения с конической канавкой (угол профиля $15^\circ \pm 1^\circ$), одинарные (рисунок 2, а) и двойные (рисунок 2, б) или, при ограничении осевых габаритов, друг над другом (рисунок 2, в). Для компенсации износа осуществляют затяжку набивки с помощью колец, гаек, винтов (рисунок 2, г, д).

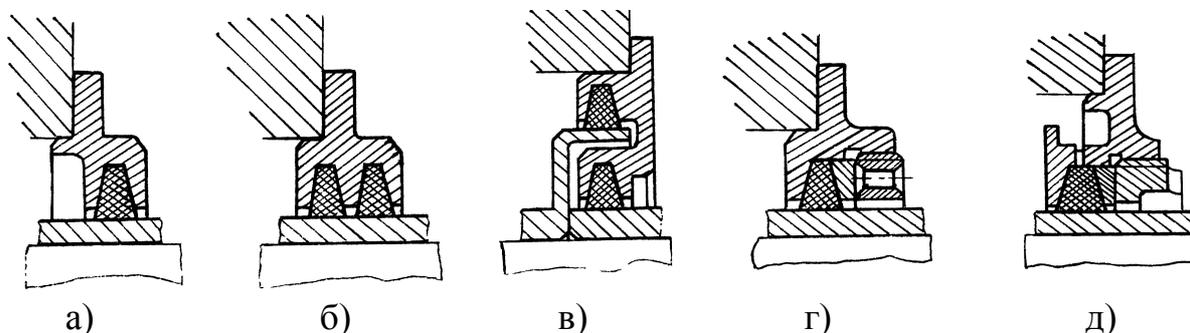


Рисунок 2 – Устройства сальников в конических канавках

Надежность сальников резко возрастает при подводе смазки (хотя бы в незначительном количестве), так как при смазке уменьшается коэффициент трения, тепловыделение и повышается герметичность. В конструкции, изображенной на рисунке 2, д смазка подводится из уплотняемой полости через радиальные отверстия в корпусе сальника.

Периодическая подтяжка крайне нежелательна, потому что требует постоянного внимания обслуживающего персонала. Кроме того, при неумелом обращении возможна перетяжка сальника, приводящая к перегреву и выходу уплотнения из строя.

1.1.2 Гидропластовые уплотнения

Часто используют сальники с уплотняющим элементом в виде втулки из термопластов (поливинилхлоридов). Гидропластовую втулку заключают в замкнутое кольцевое пространство в корпусе (рисунок 3, а). Зазор между валом и отверстием делают минимальным. Уплотняющий элемент затягивают на валу винтом, действующим на гидропласт через притертый плунжер; давление плунжера, передаваясь всей массе гидропласта, заставляет втулку плотно охватывать вал.

Во избежание выдавливания гидропласта в зазор между валом и корпусом, на торцах кольцевой канавки корпуса устанавливают выполненные из антифрикционного металла кольца по посадке H7/h6 относительного вала (рисунок 3, б). Кольцам придают некоторую свободу радиального перемещения для того, чтобы поверхности скольжения не разрабатывались при биении вала.

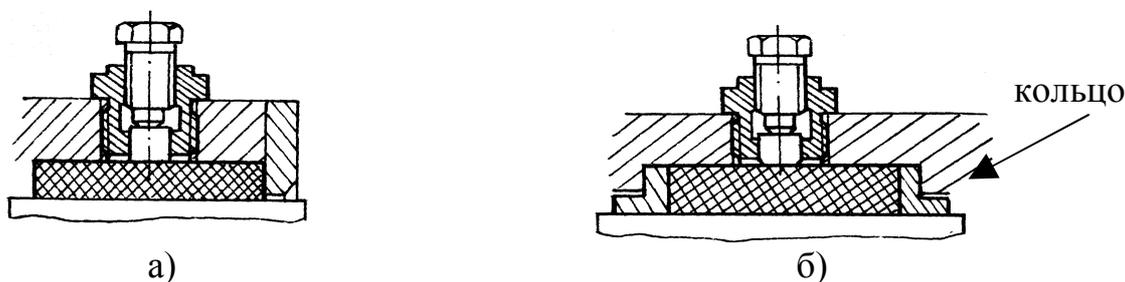


Рисунок 3 – Гидропластовые уплотнения

1.1.3 Манжетные уплотнения

Манжета представляет собой выполненное из мягкого упругого материала кольцо с воротником, охватывающим вал. Для обеспечения надежного постоянного контакта воротник стягивают на валу кольцевой пружиной. На рисунке 4 показаны варианты установки кожаных манжет.

В современных конструкциях посадочный пояс уплотнения выполняют как одно целое с манжетой (рисунок 5, а). Благодаря податливости материала в этом случае легко достигается уплотнение по корпусу даже при значительных колебаниях посадочных размеров.

Манжеты делают с одним (рисунок 5, к; рисунок 6, а, б) уплотнительным гребешком, с двумя (рисунок 5, м, л) и большим (рисунок 5, н) числом гребешков.

На рисунке 5, р показана рациональная конструкция манжеты с двумя гребешками: один (стянутый пружиной) уплотняет вал, другой – предупреждает проникновение в уплотнение извне абразивных частичек, влаги и грязи.

На рисунке 5, е показана конструкция манжеты для радиальной сборки, на рисунке 5, г, у – конструкция сдвоенных манжет. Оригинальная конструкция двух гребешковой манжеты показана на рисунке 5, ф, х. В свободном состоянии манжета имеет форму, изображенную на рисунке 5, ф, а при установке в корпус уплотнительные гребешки расходятся создавая натяг на поверхности вала, натяг поддерживается brasлетной пружиной (рисунок 5, х).

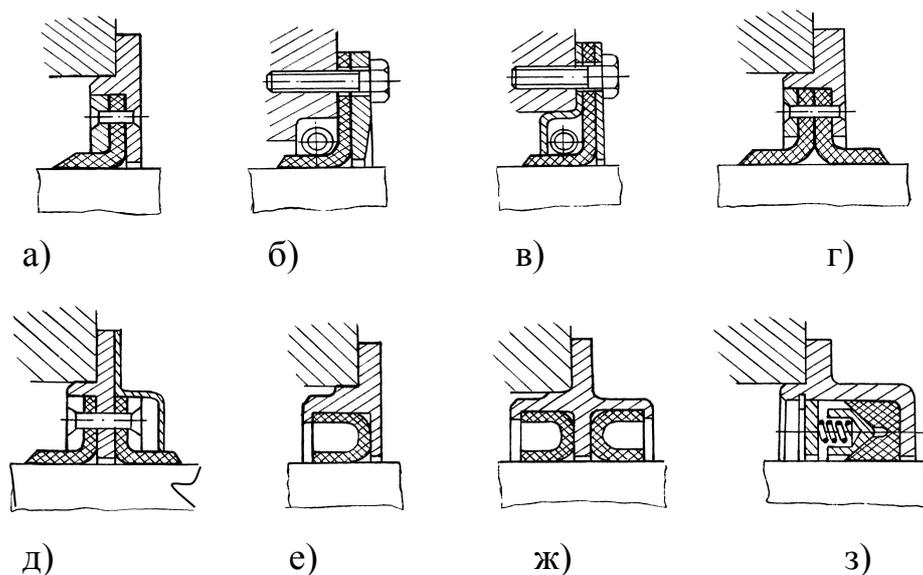


Рисунок 4 – Варианты установки кожаных манжет:

а, е – односторонних; б, в – односторонних с пружинной системой воротника; г, д, ж – двухсторонних; з – односторонних с пружинным распором воротников

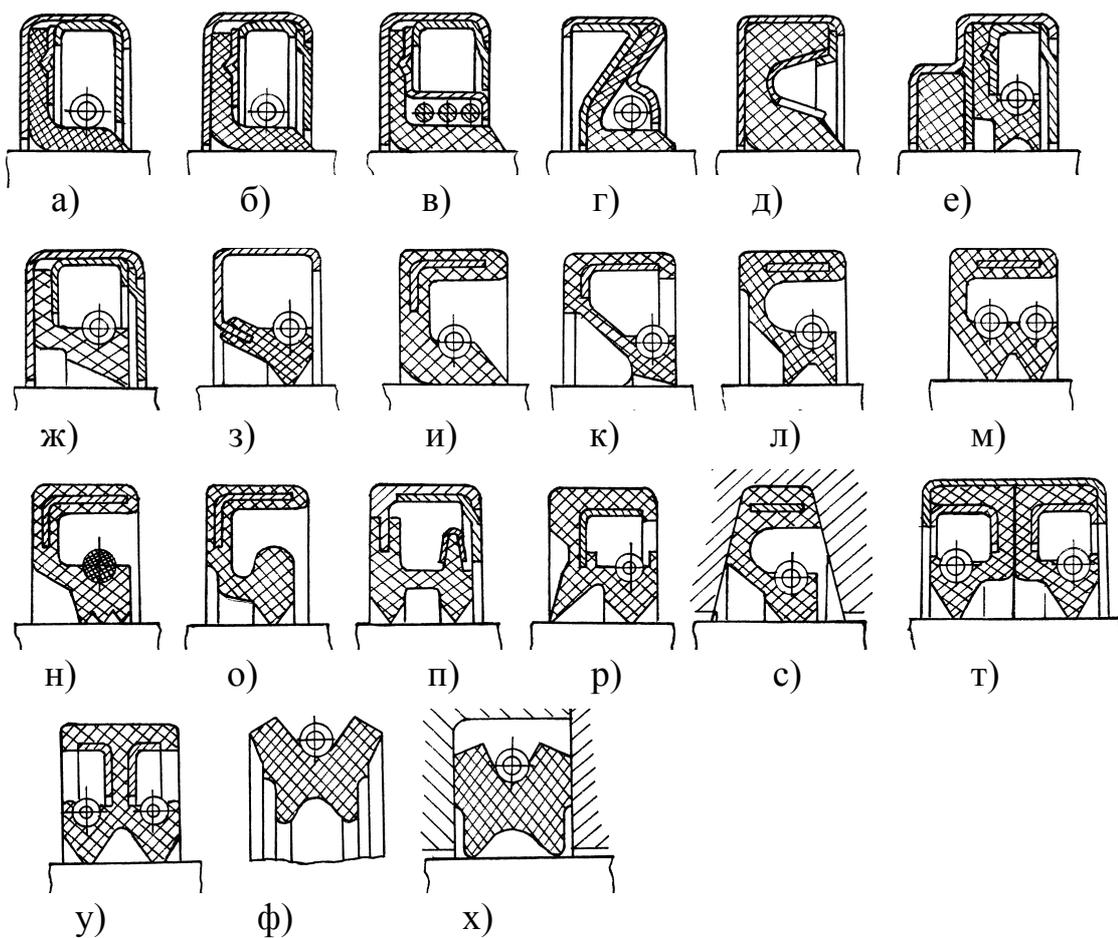


Рисунок 5 – Манжеты резиновые армированные для валов

Основные характеристики армированных манжет (в соответствии с рисунком 6) для валов по ГОСТ 8752 представлены в таблице 1.

Способы установки манжетных уплотнений в корпусах показаны на рисунке

7.

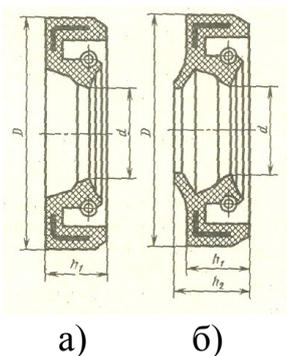


Рисунок 6 – Манжеты резиновые армированные (по ГОСТ 8752):
а) без пыльника; б) с пыльником

Таблица 1 – Манжеты резиновые армированные для валов по ГОСТ 8752

Диаметр вала d, мм	D ₁		h ₁	h ₂ , не более	Диаметр вала d, мм	D ₁		h ₁	h ₂ , не более
	1-й ряд	2-й ряд	1-й и 2-й ряды			1-й ряд	2-й ряд	1-й и 2-й ряды	
20	40	35	8	12	42	62	65	10	14
21		37			68				
22		38			–	62			
24	40	42	10	14	45	65	10	14	
		37	8	12					
		42	10	14	48	70			
		35	8	12					
		42	10	14					
42			50	70	65	72			
45					72	75			
25	42	40	8	12	52	75	80	12	16
		45	10	14			72	10	14
26	45	40	8	12	55	80	80	12	16
		47	10	14			75	10	14
28	–	45					82	12	16
		47			56		–	10	14
		50			58		75		
30	52	45			60	85	82	12	16
32		47					62	–	80
		50			82				
		45			80				
50			82						
35	58	47					85		
36		50					90	12	16
		55			63	90	–	10	14
38		57			65		95		
		52			67	–	90	12	16
		55			68	–	90		
		55				68	–	95	
60			70	95	100	10	14		
62			71	95	–				

40	60	55			75	100	—		
		58					102	12	16
		62							

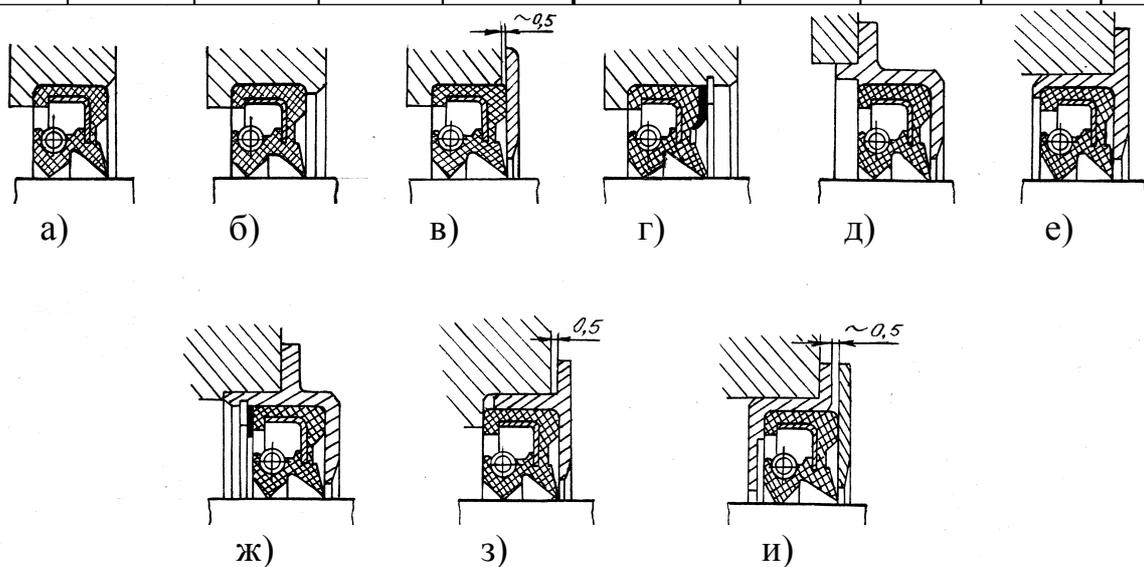


Рисунок 7 – Способы установки манжет

При способе установки, показанном на рисунке 7, а соединение с корпусом достигается за счет упругого радиального сжатия манжеты при вводе в корпус; однако соединение получается ненадежное. В конструкции на рисунке 7, б уплотнение, предварительно сжатое, вводят в выточку в корпусе; высота буртика у входа в канавку не должна превышать допустимого упругого сжатия манжеты.

На рисунке 7, в показан более правильный способ установки: манжету фиксируют в осевом направлении привертной шайбой. Во избежание проворота манжеты в корпусе и для обеспечения герметичности манжету сажают с небольшим осевым натягом (порядка 0,5 мм). На рисунке 7, г показана аналогичная установка с замыканием соединения в осевом направлении фигурной шайбой и зегером. На рисунке 7, д–и показаны способы установки манжет в промежуточных корпусах.

При установке манжет с гибким воротником, подверженных действию повышенного давления, необходимо предупреждать возможность выворачивания воротника манжеты под давлением. В этих случаях рекомендуется установка опорного диска с профилем, соответствующим профилю манжеты (рисунок 8).

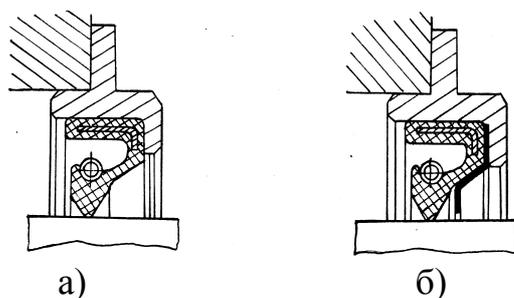


Рисунок 8 – Установка манжет при повышенном давлении:

а) неправильная; б) правильная (манжета застрахована от выворачивания ограничительным диском)

Поверхности, по которым работают манжеты, должны обладать твердостью не менее HRC45 и иметь шероховатость не более $R_a = 0,16 \div 0,32$ мкм.

На рисунке 9 даны примеры установки манжетных уплотнений в узлах с шарикоподшипниками.

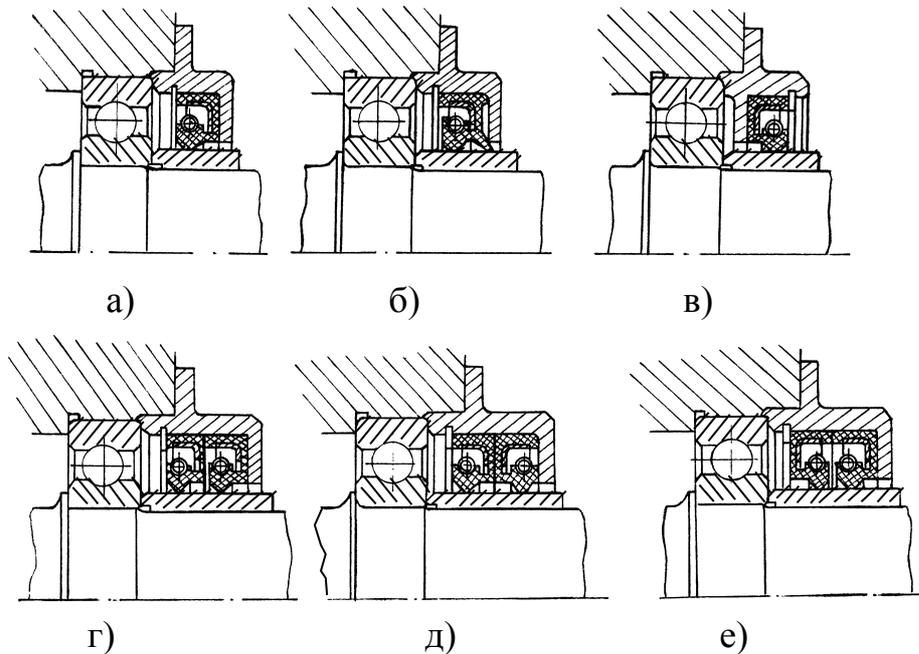


Рисунок 9 – Установка манжетных уплотнений:

а, б, г – при повышенном давлении в корпусе; в – при вакууме в корпусе; д, е – двухсторонняя установка.

1.1.4 Торцовые уплотнения

Принадлежат к числу контактных уплотнений и состоят из двух уплотнений: торцового и радиального. Торцовое уплотнение представлено на рисунках 10, а, б, где 1 – диск; 2 – зубья; 3 – шайба; 4 – резиновые кольца; 5 – пружина.

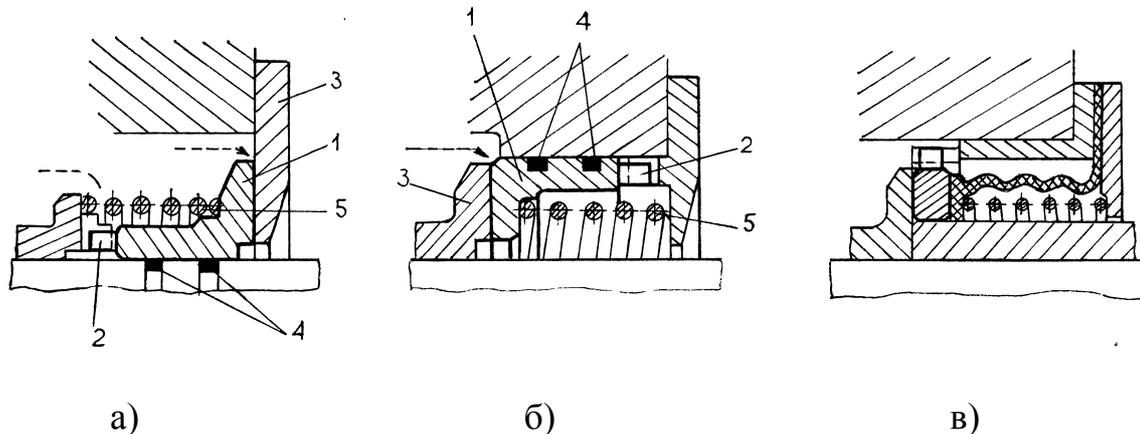


Рисунок 10 – Торцовое уплотнение.

а – диск 1 запрессован на валу; б – диск 1 запрессован в корпусе; в – уплотнение с полной герметизацией радиального зазора

Достоинством торцовых уплотнений является то, что износ трущихся поверхностей компенсируется перемещением диска 1 в основном направлении под действием пружины 5.

При наличии давления в уплотняемой полости контактирующие поверхности нагружены не только силой пружины, но и силами давления.

Для поверхностей трения применяют антифрикционные пары с обработкой до шероховатости $R_a=0.16\div 0,32$ мкм.

При отсутствии давления в уплотняемой полости применяют торцовые уплотнения с полной герметизацией радиального зазора с помощью резиновой гофрированной манжеты (рисунок 10, в).

1.2 Бесконтактные уплотнения

1.2.1 Щелевые уплотнения

Являются наиболее простым видом бесконтактного уплотнения. Уплотняющая способность обеспечивается кольцевой щелью между валом и корпусом. Эффективность щелевого уплотнения (см. рисунок 11) повышают кольцевыми канавками, которые могут быть выполнены на валу (рисунок 11, а), во втулке (рисунок 11, б) или одновременно на валу и во втулке (рисунок 11, в).

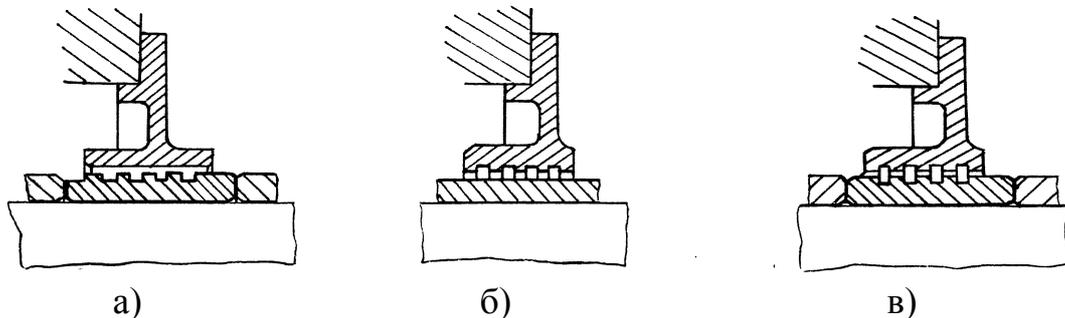


Рисунок 11 – Щелевые уплотнения

1.2.2 Лабиринтные уплотнения

Используется для уплотнения полостей заполняемых газом и паром. Действие лабиринтного уплотнения основано на завихрении газа в узкой кольцевой щели с последующим расширением в смежной кольцевой камере большего объема.

Лабиринтные уплотнения применяют при высоких окружных скоростях и температурах, когда исключена возможность установки контактных уплотнений. Они могут работать при любых скоростях и температурах.

Лабиринтные уплотнения не могут исключить полностью истечение газа, напротив, постоянное увеличение газа вдоль лабиринта лежит в основе принципа действия лабиринта и является неременным условием его функционирования. Лабиринт только ослабляет истечение газа через уплотнение.

На рисунке 12 изображены формы лабиринтных уплотнений.

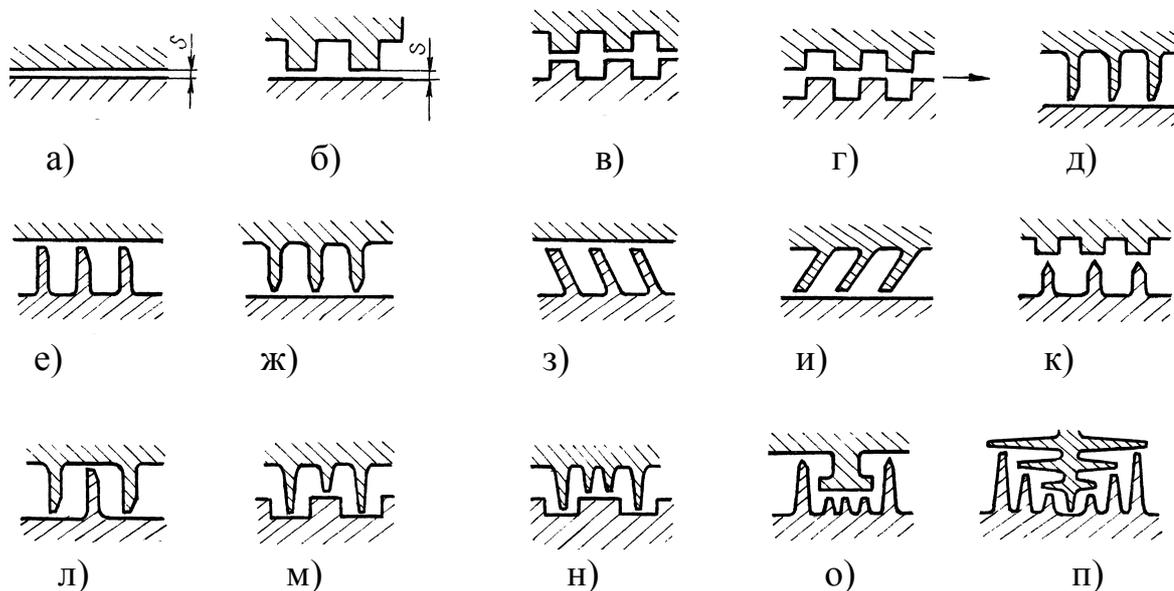


Рисунок 12 – Лабиринтные уплотнения

На рисунке 12, а показана простая гладкая щель; введение выступов (рисунок 12 б-г) значительно (в 2-3 раза) снижает расход газа при той же длине уплотнения и при том же минимальном зазоре.

В лабиринтах на рисунке 12, в-г невыгодно используются осевые габариты. Предпочтительнее применять вместо выступов тонкие и высокие гребешки, позволяющие разместить на единицу длины уплотнения большее число камер нужного объема. Кроме того, тонкие перегородки с острыми кромками, вызывая увеличение потерь при завихрении газа, способствуют повышению эффективности уплотнения.

На рисунке 12, д изображены гребешки, выполненные в корпусе, на рисунке 12, е – на валу. Кромки гребешков заостряют фаской, направленной навстречу потоку газа; на рисунке 12, ж показаны гребешки с двойной фаской, приспособленные для двухстороннего уплотнения. Дальнейшего повышения эффективности достигают наклоном гребешков навстречу потоку газа (в соответствии с рисунком 12, з, и). Конструкция с наклонными гребешками в корпусе (рисунок 12, и) обладает ценным свойством: при случайном касании о вал гребешки, нагреваясь, раскрываются, отходя от поверхности вала и тем самым предупреждая дальнейшее нарушение нормальной работы. На рисунке 12, к показана конструкция, в которой сочетаются гребешки и выступы. Эта конструкция применима при осевой и радиальной сборках. Радиальная сборка (с

разъемом корпуса в меридиональной плоскости) значительно расширяет конструктивные возможности лабиринтных уплотнений. На рисунке 12, л показан лабиринт, у которого гребешки вала заходят в гребешки корпуса: здесь поток газа многократно меняет направление, от чего эффективность уплотнения увеличивается. На (рисунке 12, м-п) показаны сложные лабиринты с радиальной сборкой.

1.2.3 Гидравлические центробежные уплотнения

Гидравлические центробежные уплотнения (в соответствии с рисунком 13) состоят из крыльчатки, вращающейся в замкнутой кольцевой плоскости, в которую залита уплотняющая жидкость (масло, вода и т.д.). Центробежной силой жидкость прижимается к периферии плоскости. Если с одной стороны на уплотнение действует давление, то жидкость занимает в плоскости положение, показанное на рисунке 13. Разность центробежных сил, действующих на жидкость с одной и другой стороны крыльчатки, определяет давление (МПа), которое держит уплотнение:

$$p = 10^{-13} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{4} \cdot (D_2^2 - D_1^2),$$

где ω – угловая скорость крыльчатки, об/мин;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

D_2 и D_1 – диаметры колец жидкости по одну и другую стороны крыльчатки, мм.

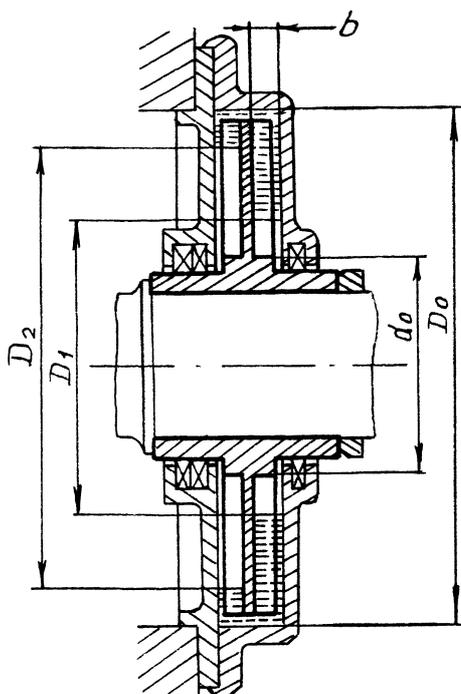


Рисунок 13 – Гидравлическое центробежное уплотнение

Максимальное давление, удерживаемое уплотнением (предельный случай, когда почти вся жидкость переходит в одну сторону крыльчатки):

$$p_{\max} = 10^{-13} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{4} \cdot (D_0^2 - d_0^2),$$

где D_0 и d_0 – соответственно наружный и внутренний диаметры крыльчатки, мм.

Минимальный необходимый объем жидкости, который должен быть залит в уплотнение:

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_0^2) \cdot b,$$

где b – ширина лопаток крыльчатки, мм.

Следовательно:

$$p_{\max} = 10^{-13} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{\pi \cdot b} \cdot Q.$$

Гидравлические уплотнения могут выдерживать довольно значительные давления. Например, уплотнение с крыльчаткой диаметром около 200 мм при частоте вращения 2000 об/мин (уплотняющая жидкость – масло) выдерживает избыточное давление около 0,3 МПа. Применяя тяжелые жидкости, например, ртуть, можно довести давление в рассматриваемом случае до 5 МПа.

В конструкции гидравлического уплотнения должна быть предусмотрена циркуляция уплотняющей жидкости с отводом теплоты, выделяющейся при вращении крыльчатки. В противном случае уплотняющая жидкость перегревается через короткое время работы.

1.2.4 Уплотнение деталей, движущихся возвратно-поступательно

1.2.4.1 Уплотнение штоков

Возвратно-поступательно движущиеся поршневые штоки, скалки насосов и т.д. уплотняют чаще всего сальниками (в соответствии с рисунком 14), а также с набивкой из материала, соответствующего условиям работы уплотнения.

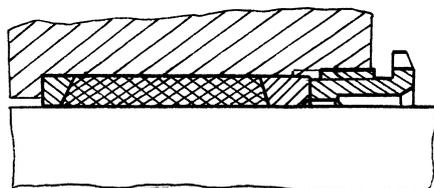


Рисунок 14 – Уплотнение штока сальником

При невысоких давлениях и температурах (штоки гидравлических, пневматических и вакуумных цилиндров) применяют уплотнение резиновыми кольцами, установленными в выточки корпуса (см. рисунок 15).

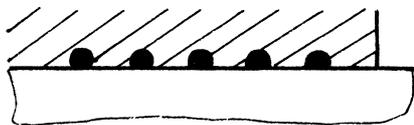


Рисунок 15 – Уплотнение штока резиновыми кольцами

В условиях высоких давлений и температур применяют сальники с металлическими пружинно-затяжными кольцами (в соответствии с рисунком 16). Уплотнение состоит из набора чередующихся конических и обратно- конических колец. При затяжке наружные кольца упруго расширяются, прилегая к поверхности корпуса, внутренние кольца сжимаются, уплотняя поверхность вала.

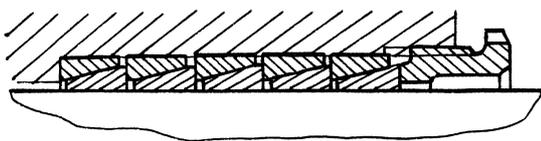


Рисунок 16 – Сальник с металлическими пружинно-затяжными кольцами

Наружные кольца должны быть менее жесткими, чем внутренние, и прилегать при затяжке к поверхности корпуса ранее, чем выберется зазор между внутренними кольцами и валом. Зазор между внутренними кольцами и валом регулируют затяжкой. При неосторожном обращении уплотнение легко перетянуть до полного заклинивания штока.

Угол α наклона образующих конической поверхности (см. рисунок 17) должен быть больше угла трения во избежание самозаклинивания колец. В существующих конструкциях угол α составляет $12-20^\circ$.

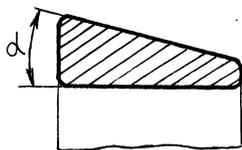


Рисунок 17 – К определению угла наклона образующих пружинно-затяжных колец

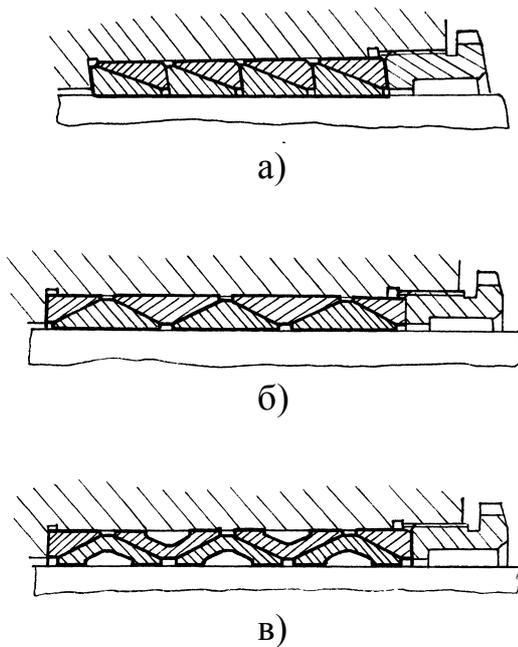


Рисунок 18 – Формы пружинно-затяжных колец

На рисунке 18 , а-в показаны различные формы колец. Кольца на рисунке 18-в отличаются повышенной податливостью. Для увеличения податливости кольца иногда делают разрезными, однако эффективность уплотнения при этом снижается.

Кольца изготавливают из пружинной стали и подвергают закалке и среднему отпуску. В ответственных случаях кольца изготавливают из бериллиевой бронзы.

1.2.4.2 Уплотнение поршней

Поршни небольшого диаметра (плунжеры гидравлических, масляных, топливных насосов и т.п.) уплотняют притиркой к поверхностям цилиндров. Уплотнение улучшается при наличии лабиринтных канавок (см. рисунок 19).

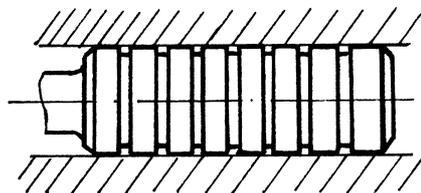


Рисунок 19 – Уплотнение плунжера притиркой и лабиринтными канавками

Поршни большого диаметра, работающие при низких температурах и высоких давлениях (например, в гидравлических, пневматических и вакуумных цилиндрах), уплотняют лабиринтными канавками (рисунок 20, а) или резиновыми кольцами (рисунок 20, б). При более высоких давлениях применяют манжетные уплотнения (рисунок 20, в). Наиболее надежное и универсальное уплотнение,

способное работать при высоких температурах и держать самые высокие давления, - это уплотнение поршневыми кольцами (рисунок 20, г). Оно применяется для уплотнения жидкостей и газов.

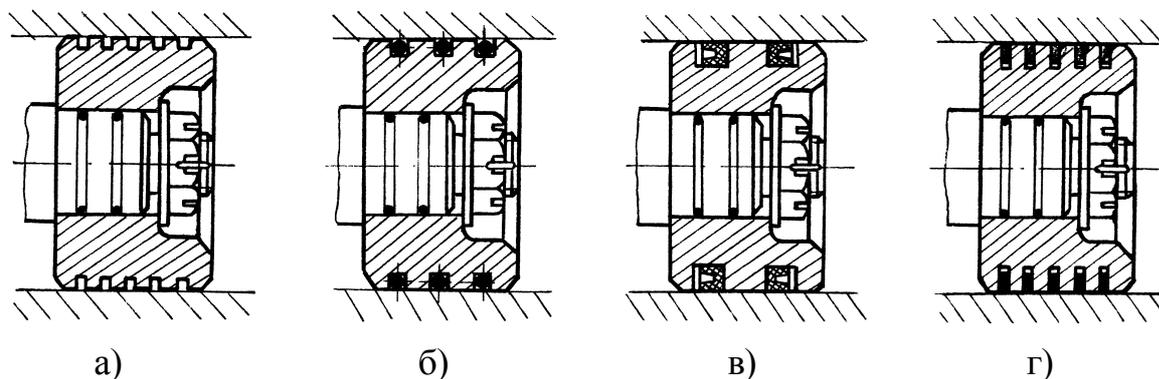


Рисунок 20 – Уплотнение поршней

2 Уплотнительные устройства подвижных соединений

2.1 Листовые прокладки

Герметичность плоских стыков чаще всего обеспечивают листовыми прокладками из упругого материала. На прокладках ставят крышки маслосодержащих резервуаров, работающих под давлением или вакуумом, фланцы трубопроводов и т.д. На мягких прокладках собирают также части корпусов механических передач.

Прокладочный материал выбирают в зависимости от условий работы, давления, температурного режима и т.д. Для уплотнения соединений общего назначения, например крышек маслосодержащих полостей, чаще всего применяют прокладочную бумагу толщиной 0,05-0,15 мм, кабельную бумагу (бумагу, пропитанную бакелитом или другими синтетическими смолами), прокладочный картон толщиной 0,5-1,5 мм, прессшпан и т.д. Наилучшими свойствами обладают прокладки из синтетических материалов типа полихлорвинила и политрифторэтилена.

Для соединений, работающих при высоких температурах, применяют прокладочные материалы с асбестом (асбестовую бумагу, асбестовый картон и т.д.). Паропроводы уплотняют чаще всего паронитом, представляющим собой композицию асбеста с натуральной или синтетической резиной. Паронит выдерживает температуру до 450 °С. При высоких температурах применяют также листовые прокладки из пластичных металлов – листового свинца, алюминиевой и медной фольги и т.д. Эти прокладки требуют повышенной силы затяжки.

В случаях, когда наряду с уплотнением требуется еще регулирование расстояния между стыкуемыми деталями, применяют шимы – набор прокладок из тонкой (0,05 мм) латунной или медной фольги (например, для

регулирования натяга и одновременного уплотнения в парных установках конических или радиально-упорных подшипниках качения).

Для увеличения надежности уплотнения прокладки смазывают уплотняющими составами. Бумажные и картонные прокладки ставят на вареной олифе, шеллаке, бакелите-сырце, жидком стекле, сурике, белилах и т.д.

Хорошими герметизирующими свойствами обладает мазь следующего состава: шеллак 35 %; спирт 55 %; графит чешуйчатый 6 %; касторовое масло 3 %; краситель (охра) 1 %.

Широко применяют также герметики – уплотняющие мази разнообразной рецептуры, преимущественно натуральной или синтетической резины, соответствующими растворителями. Для уплотнений, работающих при высоких температурах, применяют термостойкие мази, например этилсиликат, силоксановые эмали и т.д.

Прокладки из мягких материалов после однократного пользования подлежат замене.

Редко разбираемые соединения уплотняют материалами, которые в стыках расплющиваются, а именно: хлопчатобумажной ниткой, проваренной в масле; резиновыми нитками и шнурами; просаленными асбестовыми шнурами; проволокой из свинца, алюминия или отожженной красной меди. Последние два способа применяют для соединений, работающих при высоких температурах.

Прокладки из мягких материалов применяют для соединений, стягиваемых болтами, шпильками и т.д., когда прокладка при затяжке подвергается только сжатию.

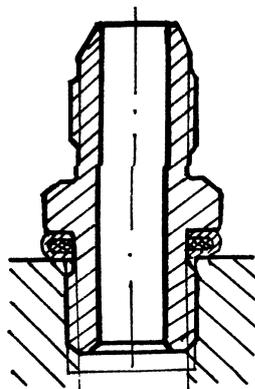


Рисунок 21 – Уплотнение ввёртного штуцера армированной прокладкой

На рисунке 21 показан пример применения армированной прокладки для уплотнения ввёртного штуцера. Прокладки такого типа могут быть использованы многократно.

В соединениях, собираемых на шпильках (рисунок 22, а) допустимо центрировать прокладку по стержням шпилек; при монтаже прокладка надевается на шпильки и протягивается привертываемой деталью, например крышкой. В соединениях на ввертных болтах правильнее вводить центрирующий буртик

(рисунок 22, б); в данном случае прокладку укладывают на крышку, подравнивают по отверстиям в крышке и вместе с ней устанавливают на место.

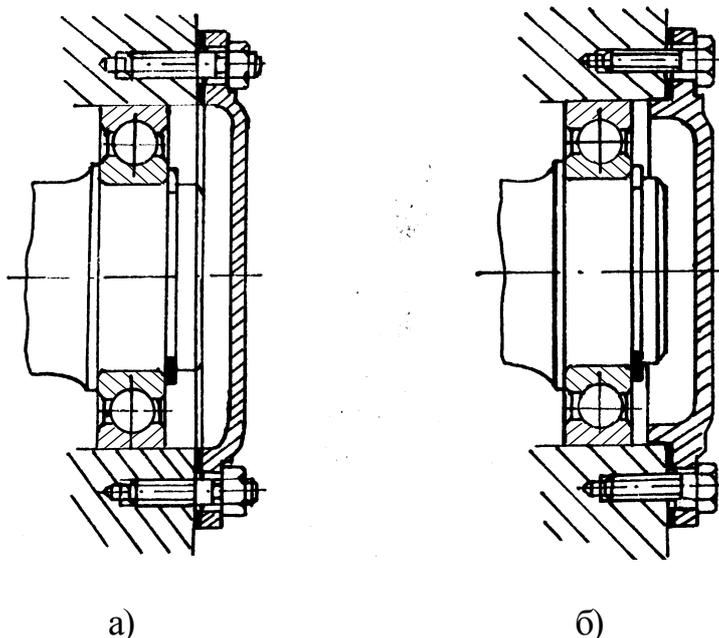


Рисунок 22 – Центрирование прокладок:

а) по стержням шпилек; б) по стержням болтов.

2.2 Уплотнение жестких стыков

При уплотнении прокладками из мягких материалов происходит изменение расстояния между уплотняемыми деталями. Для уплотнения стыков типа «металл по металлу» (части корпусов с опорами скольжения или качения) с соблюдением точности взаимного расположения стыкуемых деталей используются несколько способов. Неразборные и редко разбираемые соединения уплотняют герметизирующими составами (бакелит, белила, сурик и т.д.).

Промышленность выпускает широкий ассортимент герметиков, предназначенных для работы в разнообразных соединениях. К их числу относятся:

а) герметик У-30М ГОСТ 13489 на основе тиоколового каучука; масло-, бензо- и водостоек, отличается высокой газонепроницаемостью; диапазон рабочих температур от -60 до $+130$ °С; адгезия к металлу невысокая;

б) герметик ВТУР на основе тиокола с динзоцианатом; масло-, бензо- и водостоек; диапазон рабочих температур от -50 до $+130$ °С; адгезия к металлу высокая;

в) герметик ВГХ-180 – фенолформальдегидная смола с натуральным каучуком; масло- и водостоек; диапазон рабочих температур от -50 до $+130$ °С; высокая адгезия к металлу; под действием бензина и керосина набухает;

г) герметик 5Ф-13 – фторкаучук с эпоксидной смолой ЭД-6; масло-, бензо- и водостоек; диапазон рабочих температур от -50 до $+200$ °С; адгезия к металлу невысокая;

д) герметики ВИКСИНТ У-1-18, ВМТ-1 на основе полисилоксанов; масло- и водостойки; теплостойкость до 300 °С; в бензине и керосине набухают; адгезия к металлу невысокая.

Герметики выпускаются в виде паст и лаков. Их наносят на уплотняемые поверхности поливом, кистью или шпателем. Устойчивая герметизирующая пленка образуется в среднем через пять-шесть суток.

Для соединений, работающих при особо высоких температурах, применяются силоксановые эмали (кремнийорганические пластмассы с порошкообразным металлическим наполнителем – Al, Zn), выдерживающие температуру до 800 °С.

При затяжке избыток герметизирующего состава выдавливается; на стыке остается тонкая пленка (толщиной несколько сотых долей миллиметра), практически не влияющая на точность взаимного расположения соединяемых деталей

Соединения, собираемые на герметизирующих составах, с трудом поддаются разборке, особенно после работы «вгорячую». В таких соединениях необходимо предусматривать съемные устройства, отжимные винты и т.п.

Особо точные разъемные стыки типа «металл по металлу» уплотняют путем тонкой плоскостной обработки – притиркой или шабрением.

Другой способ уплотнения жестких стыков заключается в установке на стыкуемых поверхностях утопленных упругих прокладок прямоугольного или круглого сечения. Прокладки устанавливают в канавках, выполненных по всей периферии стыка. В свободном состоянии прокладка выступает под поверхностью стыка на строго определенную величину h , (рисунок 23, а) зависящую от материала прокладки и желаемой силы уплотнения. При затяжке стыкуемые поверхности доводят до соприкосновения, причем материал прокладки упруго или пластически деформируется, осуществляя уплотнение поверхностей (рисунок 23, б).

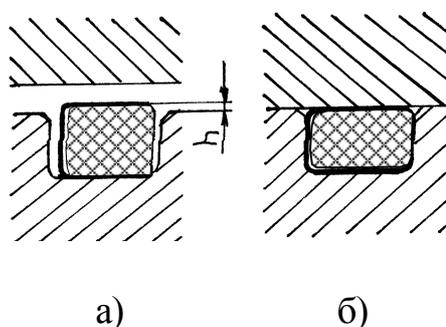


Рисунок 23 – Способы уплотнения стыков упругими утопленными прокладками

2.3 Уплотнение фланцев

На рисунке 24, а изображено простейшее уплотнение мягкой прокладкой из листового материала.

На рисунке 24 б, в показаны уплотнения шнуром, из упругого материала установленным в выточку на торце фланца или корпуса. Эти торцовые уплотнения заставляют разносить крепежные болты в радиальном направлении и увеличивать тем самым радиальные уплотнения фланца, а торцовые уплотнения с канавками в теле фланца ослабляют фланец. В этом отношении лучше угловые уплотнения (рисунок 24, г). Наиболее удобны конструкции, в которых уплотняющий шнур заводится в выточку в теле фланца, составляя с ним при монтаже одно целое (рисунок 24, д, е). Уплотнение на рисунке 24, ж рассчитано на повышенное давление в уплотняемой полости и основано на манжетном эффекте: давление в уплотняемой полости, заставляя шнур перемещаться в сужающееся пространство канавок, увеличивает силу прижатия шнура и уплотняемой поверхности. Существуют всевозможные разновидности приведенных на рисунке 24 уплотнений фланцев, которые представлены в специальной литературе.

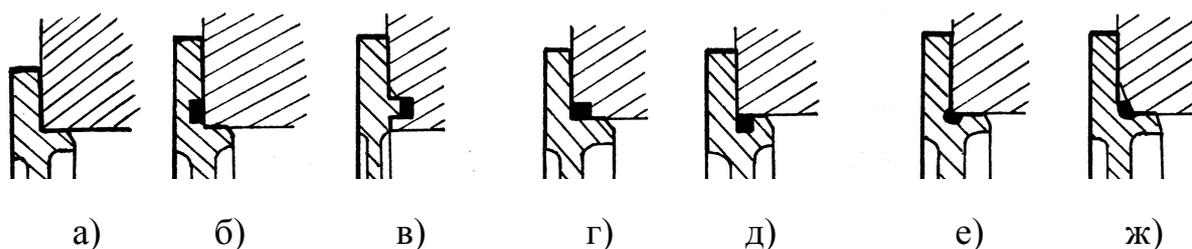


Рисунок 24 – Способы уплотнения фланцев мягкой прокладкой из листового материала

2.4 Уплотнение резьбовых соединений

На рисунке 25 представлены некоторые способы уплотнения резьбовых соединений кольцевыми прокладками и шнурами (существуют и другие способы). На рисунке 25, а показан способ углового уплотнения шнуром, укладываемым в кольцевую выточку в теле гайки; на рисунке 25, б – способ уплотнения торцевой затяжкой шнура в замкнутом кольцевом пространстве между гайкой и корпусом; на рисунке 25, в, г – способ радиального уплотнения с помощью шнура, укладываемого в кольцевую выточку в теле гайки или в корпусе.

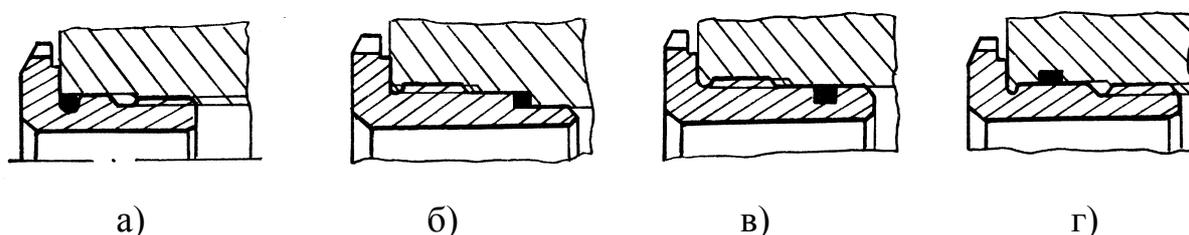


Рисунок 25 – Способы уплотнения резьбовых соединений кольцевыми прокладками и шнурами

2.5 Уплотнение ввёртных деталей

Самый простой способ уплотнения ввёртных деталей (штуцеров, пробок) – смазывание витков резьбы герметизирующими составами. Однако при этом способе затрудняется отвинчивание деталей вследствие «прилипания» герметизирующей мази к резьбе после некоторого периода эксплуатации.

Не рекомендуется применяемая иногда на практике (особенно в ремонтных условиях) «подмотка» последних (ближайших к торцу ввертной детали) витков резьбы ниткой, промазанной суриком, разведенным на масле и т.п.

На рисунке 26 приведены способы уплотнения ввертных деталей упругими прокладками. В конструкции на рисунке 26, а прокладка подвержена действию полной силы затяжки. Чтобы исключить раздавливание прокладки, ее необходимо выполнять из твердого или полутвердого материала, армировать или ограничивать силу затяжки.

В конструкции на рисунке 26, б прокладка заключена в замкнутое кольцевое пространство, образованное выточкой в корпусе. Материал прокладки может течь только в сторону резьбы, что улучшает условия уплотнения.

В конструкции на рисунке 26, в-д уплотнения достигается в результате деформации прокладки при затяжке детали на жесткий торец до отказа и определяется разностью высот прокладки и канавки под прокладку.

На рисунке 26, е, ж приведены способы уплотнения по внутреннему торцу детали. Как и в предыдущих случаях, затяжку производят до упора торца детали в корпус. В конструкции на рисунке 26, ж прокладка установлена в замкнутом кольцевом пространстве и не может быть выдавлена при затяжке, как в конструкции на рисунке 26, е. Затяжка детали возможна или на прокладку, или на жесткий торец; в последнем случае объем кольцевого пространства должен быть больше объема прокладки. Сила уплотнения определяется разностью высоты прокладки и высоты кольцевого пространства (при полной затяжке детали).

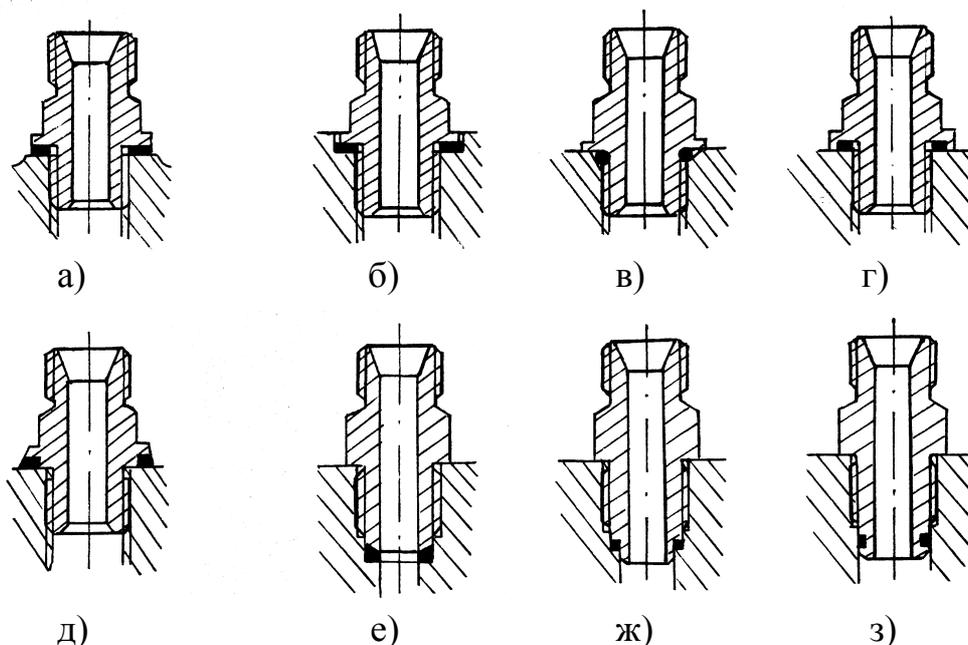


Рисунок 26 – Способы уплотнения ввертных деталей упругими прокладками

В конструкции на рисунке 26, з прокладка расположена в радиальной канавке на хвостовике детали и при затяжке свободно перемещается относительно корпуса. Сила уплотнения определяется величиной выступа прокладки из канавки в свободном состоянии.

На рисунке 27 показаны способы уплотнения ввертных деталей без прокладок. Завертывание на конической резьбе (рисунок 27, а) обеспечивает полную герметичность, особенно если корпус выполнен из пластичного металла. Остальные приведенные на рисунке 27 конструкции уплотнений основаны на пластической деформации материала корпуса или материала ввертываемой детали. Их можно применять для редко разбираемых или неразъемных соединений.

В конструкции на рисунке 27, б резьба на ввертной детали переходит в конус; при завертывании конус сминает входные витки отверстия, обеспечивая уплотнение и в то же время наглухо стопоря соединение. В конструкции на рисунке 27, в те же функции выполняет цилиндрический поясok на резьбе ввертной детали. Соединение приведены на рисунке 27, б, в – неразъемные.

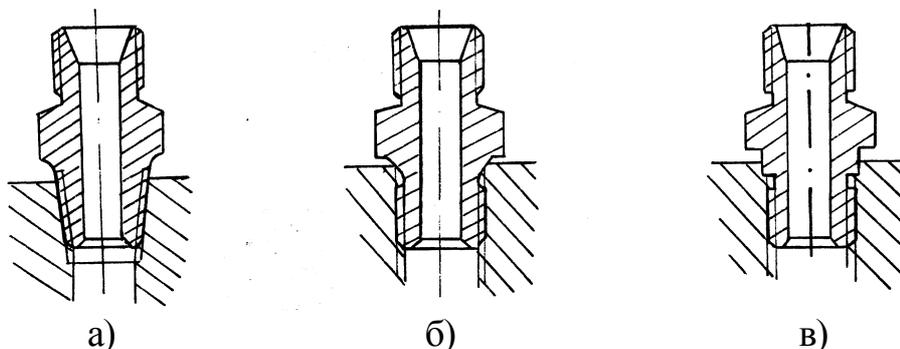


Рисунок 27 – Способы уплотнения ввертных деталей без прокладок

Герметизацию глухих резьбовых соединений большого диаметра, работающих при высоких температурах и высоких внутренних давлениях осуществляется с использованием посадок с натягом и свинчивают, предварительно подогрев охватываемую деталь или охладив охватываемую.

Резьбу выполняют с высокой степенью точности фрезерованием или шлифованием. Перед свертыванием резьбу смазывают герметизирующими мазями. При необходимости улучшить теплопередачу в состав мазей вводят металлические наполнители (алюминиевую, бронзовую или цинковую пудру).

2.6 Уплотнение жидкостных стыков

Простейший вид уплотнения – установка резинового кольца круглого сечения в канавке гильзы (рисунок 28, а). В свободном состоянии кольцо выступает над поверхностью гильзы, при введении гильзы в охлаждающую рубашку, кольцо снимается и уплотняет стык гильзы и рубашки. Для увеличения надежности уплотнения устанавливают последовательно несколько колец (рисунок 28, б).

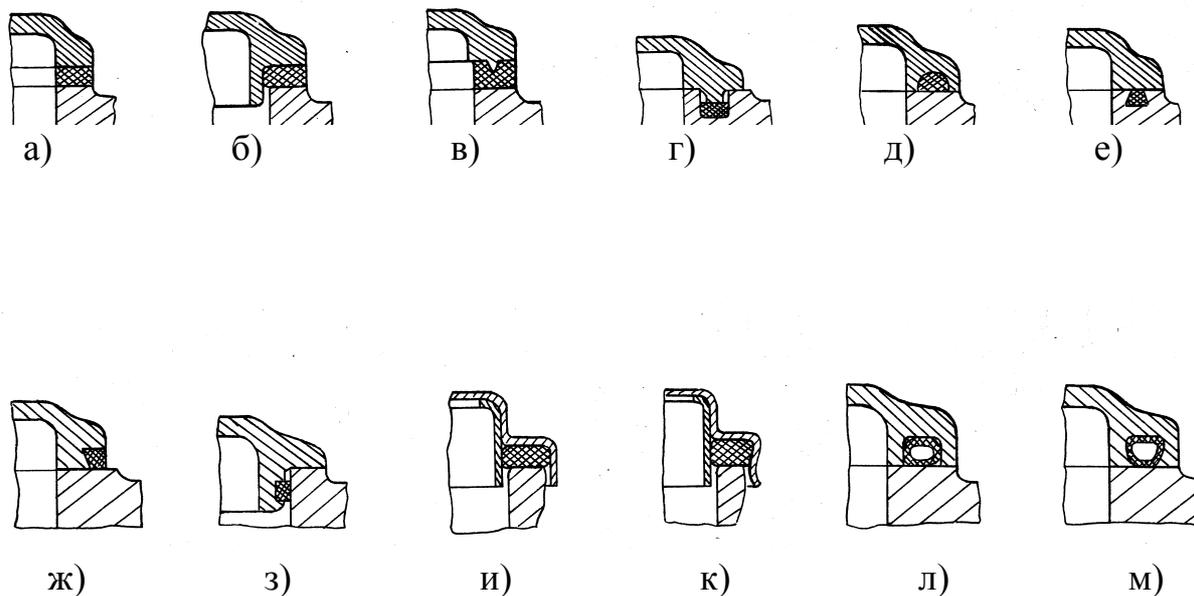


Рисунок 28 – Способы уплотнения жидкостных стыков

Улучшенная конструкция этого уплотнения показана на рисунке 28, в. Здесь канавки выполнены со скосом, направленным в сторону, противоположную действию давления жидкости. Под давлением жидкости кольца постоянно вытесняются в суживающуюся часть канавок и прижимаются к уплотняемым поверхностям с силой, пропорционально давлению. Между кольцами расположена выточка, сообщающаяся дренажным отверстием с атмосферой. В случае прорыва через первое кольцо жидкость стекает через дренажные отверстия наружу; второе кольцо,

разгруженное в данном случае от давления, предупреждает дальнейшее просачивание жидкости.

Для увеличения надежности на рабочей стороне уплотнения устанавливают несколько колец (рисунок 28, г). Другие формы канавок и колец показаны на рисунке 28, д. Во всех случаях необходимо, чтобы сечение канавки было больше сечения кольца, иначе резина, будучи практически несжимаемым материалом (не смешивать сжимаемость с упругой деформацией, связанной с изменением формы сечения), может развить значительные радиальные силы и вызвать «корсетную» деформацию гильзы на участке расположения колец.

Для обеспечения плотного прижатия колец к стенкам рубашки с тыльной стороны колец устанавливают волнистые двухвитковые кольцевые пружины (рисунок 28, е).

Иногда уплотнение подвергают осевой затяжке. Особенно просто это осуществляется в случае, когда рубашка съемная (рисунок 28, ж, з). Суммарную высоту элементов в данном случае делают несколько больше высоты канавки на величину h . При стягивании зазор h выбирается, и в уплотнении возникает осевой натяг.

При неразъемных рубашках осевую затяжку осуществляют гайкой, ввертываемой в рубашку (рисунок 28, и) или наворачиваемой на гильзу (рисунок 28, к).

Во избежание перетяжки уплотняемых колец и для поддержания постоянства натяга в эксплуатации в соединение вводят упругие элементы в виде конических пружинных колец (рисунок 28, л) или гофрированных кольцевых пружин круглого сечения (рисунок 28, м).

2.7 Уплотнение цилиндрических поверхностей

Цилиндрические соединения, собираемые по посадкам с натягом, как правило, не нуждаются в уплотнении; натяг сам по себе надежно уплотняет соединение даже при значительном перепаде давления. Подлежат уплотнению соединения, собранные по посадкам с зазором или переходным посадкам и подверженные действию давления или работающие под напором столба жидкости. Например, в соединениях поршней со штоками уплотнения достигают или установкой торцовых прокладок (рисунок 29, а, б), или установкой колец из упругого материала на цилиндрических поверхностях соединения (рисунок 29, в). При уплотнении вертикальных валов во избежание просачивания наружу масла из уплотняемой полости через зазор между валом и втулкой, затягивающей шарикоподшипник, распорную втулку уплотняют торцовыми прокладками (рисунок 30, а, б) или кольцами из упругого материала, установленными на цилиндрической поверхности вала на участке сопряжения вала с втулкой (рисунок 30, в). Кольцами уплотняют и другие части соединения, когда нет возможности применить торцовые прокладки.

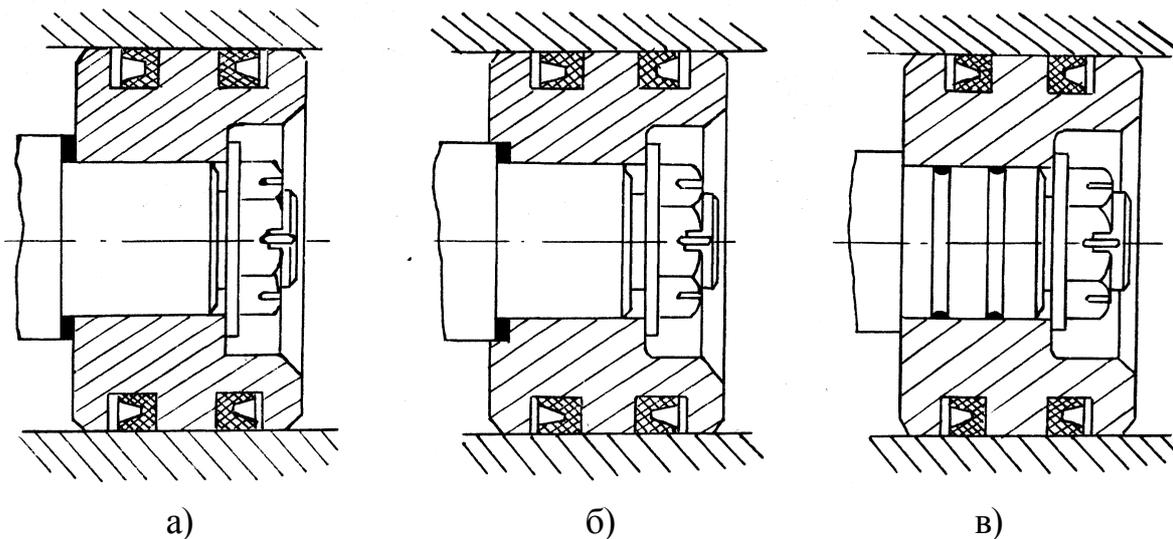


Рисунок 29 – Способы уплотнения в соединениях поршней со штоками

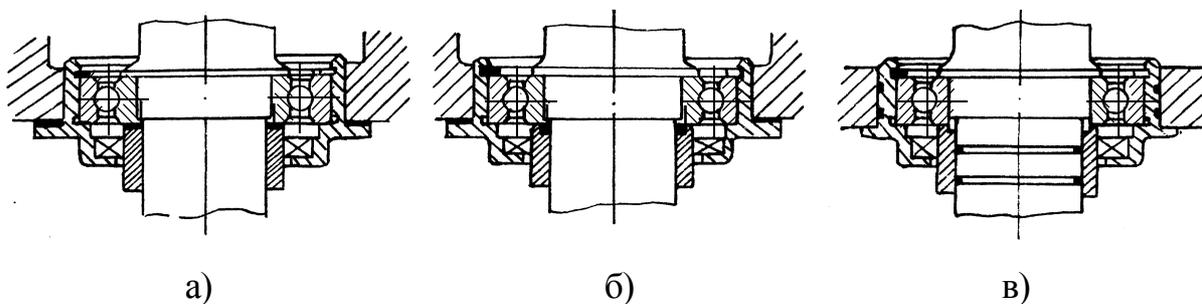


Рисунок 30 – Способы уплотнения вертикальных валов

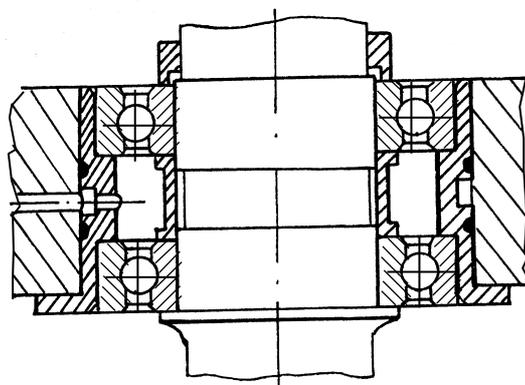


Рисунок 31 – Способ уплотнения резиновыми кольцами гильзы подшипников

На рисунке 31 показано уплотнение резиновыми кольцами гильзы подшипников качения на участке подвода смазки.

Список использованных источников

1 Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / Л.А. Кондаков, [и др.]; под общ. ред. А.И. Голубева и Л.А. Кондакова. – М.: Машиностроение, 1986. – 464 с.: ил.

2 Макаров Г.В. Уплотнительные устройства/ Г.В. Макаров. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1973. – 232 с.: ил.