

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Директор Морского колледжа

М.М. Майстришин

2026 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
МДК.01.01. Основы эксплуатации, технического обслуживания и  
ремонта судового энергетического оборудования

специальность

26.02.05

Эксплуатация судовых энергетических

установок

уровень среднего  
профессионального  
образования

Специалист среднего звена

квалификация

Техник-судомеханик

Год приема 2026

Севастополь

2026

Методические указания для выполнения практических и лабораторных работ по дисциплине **МДК.01.01. Основы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судового энергетического оборудования** разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок (3 года 10 месяцев), входящей в укрупненную группу специальностей 26.00.00 Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта

Организация-разработчик: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Разработчик:

Семенюта Андрей Викторович, преподаватель

Рассмотрено и одобрено на заседании  
цикловой комиссии

«Судомеханических дисциплин»

Протокол № 6

от « 12 » 01 2026 г.

Председатель цикловой комиссии

Семенюта А.В. / 

## Практическая работа № 1

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации поршневых насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** макеты поршневых насосов, плакаты, схемы.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем поршневых насосов:

- а) поршневой насос одностороннего и двустороннего действия (рис.1);
  - б) прямодействующий поршневой насос (рис. 2);
  - в) поршневой насос ЭНП 4/1 (рис. 3);
  - г) прямодействующий поршневой насос типа ПНП (рис. 4);
  - д) основные детали поршневых насосов (рис. 5-7).
2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей поршневых насосов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

### Поршневой насос одностороннего и двустороннего действия

У поршневого насоса подача осуществляется при помощи вытеснителя (поршня или плунжера), совершающего возвратно-поступательное движение в цилиндре. Простейший поршневой насос показан на рис. 1, а. В цилиндре 3 помещен поршень 4, плотно прилегающий своей боковой поверхностью к стенке цилиндра. Поршень получает движение от двигателя (не показан) при помощи кривошипно-шатунного механизма 6 и штока 5. К цилиндру прикреплена (или отлита заодно с ним) клапанная коробка 2, в которой размещены всасывающий 9 и напорный (нагнетательный) 10 клапаны. К клапанной коробке присоединены всасывающая 7 и напорная 1 трубы. Насос забирает жидкость из резервуара 8. Через  $z_1$  обозначена геометрическая высота всасывания насоса.

Клапаны насоса самодействующие и пропускают жидкость только в одном направлении — снизу вверх. Пространство, заключенное между поршнем и клапанами, называется рабочей камерой насоса. Расстояние между крайними положениями поршня называется его ходом  $S = 2r$ , где  $r$  — радиус кривошипа.

Во время работы насоса поршень передвигается внутри цилиндра возвратно-поступательно на длину хода. Крайнее левое и крайнее правое положения поршня называют соответственно левой и правой мертвыми точками. У вертикальных насосов крайнее нижнее и крайнее верхнее положения поршня называют нижней и верхней мертвыми точками.

При движении поршня из крайнего левого положения вправо объем рабочей камеры увеличивается и давление в ней понижается. Так как клапаны насоса самодействующие, то всасывающий клапан 9 откроется и жидкость по всасывающей трубе 7 под действием внешнего давления  $p_0$  устремится из резервуара 8 в рабочую камеру насоса. По достижении поршнем крайнего правого положения всасывание жидкости прекращается, и всасывающий клапан закроется. В дальнейшем поршень при движении справа налево будет давить на находящуюся в рабочей камере жидкость и вытеснять ее через напорный клапан 10 в напорную трубу 1.

У насоса, изображенного на рис. 1, а, жидкость вытесняется при движении поршня только в одну сторону. Такие насосы называются насосами одностороннего (простого) действия. Если жидкость вытесняется при движении поршня в обе стороны, то такие насосы называются насосами двустороннего (двойного) действия (рис. 1, б). Всасывание и нагнетание у данного насоса совершаются при каждом ходе поршня. При ходе поршня влево всасывающий 4 и напорный 2 клапаны открыты. Через клапан 4 происходит всасывание жидкости в рабочую камеру, а через клапан 2 — вытеснение жидкости в напорную трубу. В это время клапаны 1 и 3 закрыты.

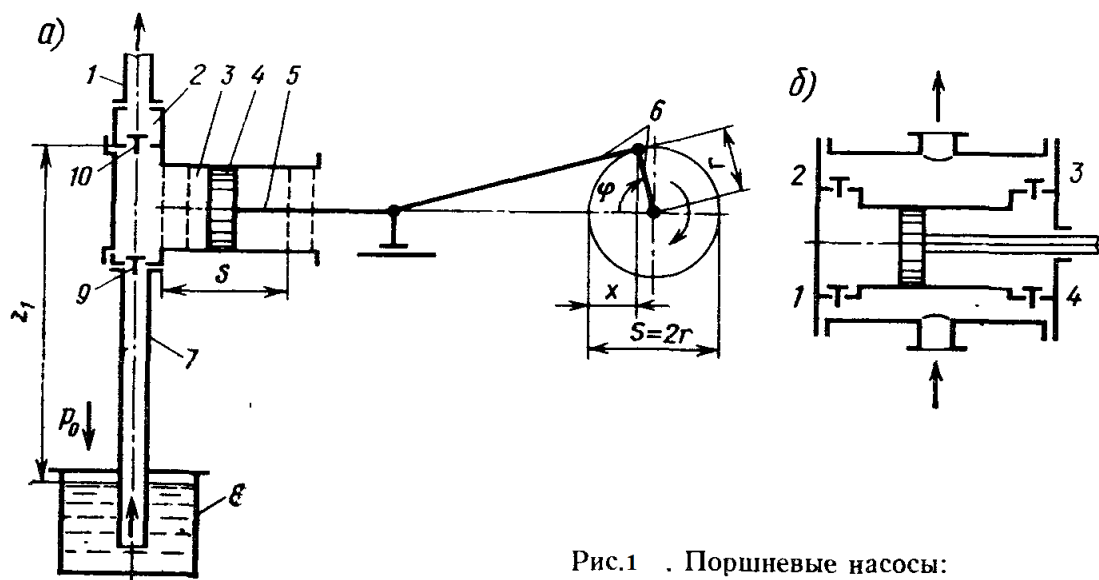


Рис.1 . Поршневые насосы:  
а — одностороннего действия; б — двустороннего действия

При обратном ходе поршня через клапан 1 жидкость поступает в рабочую камеру, а через клапан 3 производится подача жидкости в напорную трубу; клапаны 4 и 2 закрыты.

Поршневые насосы обладают многими положительными свойствами, а именно: способностью к сухому всасыванию; возможностью достижения высоких давлений; пригодностью для перекачивания разнообразных жидкостей при различных температурах, высоким к. п. д. К недостаткам поршневых насосов относятся: тихоходность, влекущая за собой большие размеры и массу насоса при большой подаче; относительная сложность конструкции; неравномерность подачи, для уменьшения которой в ряде случаев приходится устанавливать воздушные колпаки; непригодность без специальных устройств для регулирования подачи при постоянной частоте вращения привода.

### Прямодействующий поршневой насос

Рассмотрим принцип действия и устройство паровых поршневых машин. Паровая вспомогательная машина является тепловым двигателем, в цилиндрах которого потенциальная энергия пара (энергия давления) преобразуется непосредственно в механическую работу, затрачиваемую на перемещение поршней. Эту работу прямолинейного перемещения поршней вспомогательной паровой машины используют как привод только в прямодействующих насосах, имеющих на общем штоке паровой и водяной поршни. Большой же частью паровая поршневая машина, являющаяся приводом вспомогательных механизмов, сообщает им вращательный момент, передаваемый посредством механической передачи к исполнительнй части механизма, которая обеспечивает выполнение производственной операции в соответствии с назначением вспомогательного механизма. Преобразование поступательного движения поршней в работу вращательного движения вала паровой машины осуществляется с помощью шатунно-мотылевого механизма, состоящего из штока, шатуна и мотыля коленчатого вала.

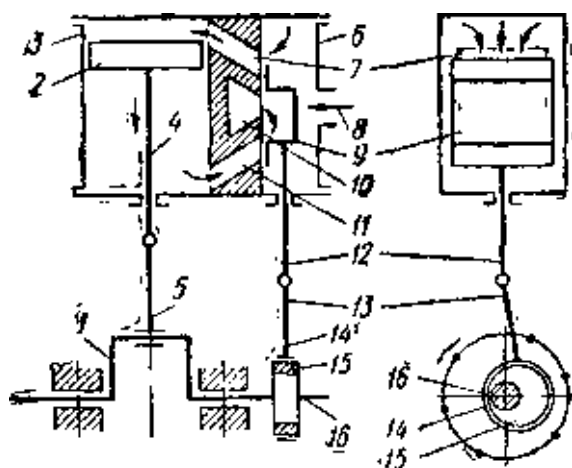


Рис. 2. Схема устройства  
прямодействующего насоса

Вспомогательные паровые машины классифицируют по следующим признакам: состоянию пара, числу цилиндров, работе пара в цилиндре, давлению пара.

Вспомогательные паровые машины однократного расширения строятся, как правило, одноцилиндровыми. Они имеют меньшие габаритные размеры и более экономичны, чем двух- и трехцилиндровые. Из схемы вертикальной вспомогательной машины (рис. 2) видно, что при наличии в цилиндре 3 пара его давление на поршень 2 создает силу, передаваемую штоком 4 шатуну 5, с которым он соединен шарнирно. Шатун, соединенный

с шейкой мотыля 1 коленчатого вала 16, при перемещении поршня вращает последний. Число колен на коленчатом валу обычно равно числу цилиндров.

Кроме парового цилиндра и шатунно-мотылевого механизма, основной частью каждой паровой машины является парораспределительный механизм, осуществляющий выпуск свежего и выпуск отработавшего пара из цилиндра. Свежий пар поступает в золотниковую коробку 6 (расположенную сбоку цилиндра) по трубе 8. Дальнейшее движение пара в верхнюю или нижнюю полость цилиндра зависит от положения золотника 9 (в данной конструкции используется золотник без перекрышей). Последний приводится в движение от коленчатого вала с помощью эксцентрика 15, эксцентриковой тяги 13 и золотникового штока 12. Эксцентрик представляет собой диск, насаженный на коленчатый вал таким образом, чтобы центр диска не совпадал с осью вала. Он охватывается бугелем 14, который соединен с эксцентриковой тягой. Золотниковая коробка соединена с цилиндром каналами 7 и 11, а с помощью канала 10 — с паровыпускной трубой. При вращении коленчатого вала получает вращение и эксцентрик; при этом его вращательное движение при помощи бугеля, эксцентриковой тяги и золотникового штока будет преобразовываться в поступательно-возвратное движение золотника. В то время как в одну полость цилиндра производится выпуск свежего пара, другая полость сообщается через канал 10 с областью, где поддерживается пониженное давление (конденсатор, атмосфера). Так, при положении, изображенном на рис. 11, свежий пар по каналу 7 (см. рис. 2) поступает в верхнюю полость цилиндра, а отработавший пар из нижней полости цилиндра по каналу 11 попадает под золотник и далее через паровыпускную трубу в конденсатор (атмосферу). При этом поршень совершает движение в направлении полости, из которой отводится пар, а с выпуском пара из другой полости при наличии перепада давлений меняет свое движение на противоположное. В этом заключается принцип действия паровой машины. Двигаясь между своими крайними положениями, поршень достигает нижней, а затем верхней мертвой точки, которые часто обозначают соответственно н. м. т. и в. м. т. (для горизонтальных машин п. м. т. — правая и л. м. т. — левая мертвые точки).

Расстояние между крайними положениями называют ходом поршня, который равен двум радиусам мотыля  $R$ . Этот радиус измеряется между центром вала 16 и центром шейки мотыля 1. Ход золотника равен двум эксцентриситетам  $r$ . Эксцентриситетом эксцентрика называют расстояние между центром вала и центром эксцентрика. В машинах, работающих без расширения, у которых свежий пар поступает в цилиндр на протяжении всего хода поршня, применяются золотники без перекрышей.

Прямодействующие насосы обладают только им свойственными преимуществами и недостатками. Бесспорным преимуществам относятся: отсутствие в кинематической схеме коленчатого вала и шатунных механизмов, что делает насос более легким, а также позволяет уменьшить его габаритные размеры; надежная и спокойная работа; более равномерная по сравнению с приводными и насосами других конструкций подача (за исключением насосов тройного действия). Всасывающая способность их больше, чем у приводных насосов многократного действия.

Недостатками этих насосов являются: тихоходность (по сравнению с приводными поршневыми насосами); низкий механический к. п. д. из-за сложной передачи движения золотникам; потеря мощности от дросселирования пара, проходящего через постепенно увеличиваемую золотником щель паровпускного канала; низкая экономичность вследствие работы насоса без расширения пара, что вызывает его повышенный расход (в среднем 30—50 кг на единицу полезной мощности в час, что в десять раз больше затрат энергии при электроприводе).

### Конструкции поршневых насосов

Конструктивное выполнение поршневых насосов довольно разнообразно. В качестве примеров ниже помещены конструкции приводного и ручного поршневых насосов. Из приводных насосов широкое распространение получил двухцилиндровый насос двустороннего действия ЭНП-4/1 (рис. 3). Буквы и цифры обозначают: Э — электрический; Н — насос; П — поршневой; 4/1 — номер модели. Подача насоса составляет 25 м<sup>3</sup>/ч при давлении 0,3 МПа.

Насосы данной марки используются для перекачивания темных нефтепродуктов, а также пресной и соленой воды.

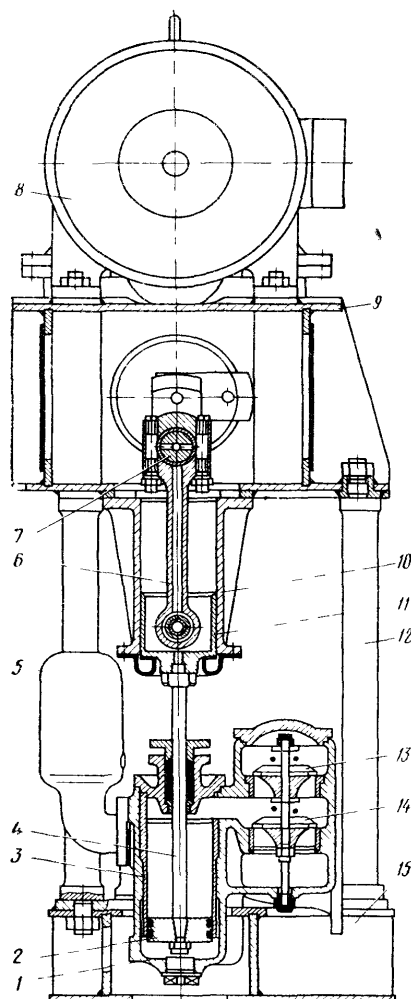


Рис.3. Поршневой насос ЭНП 4/1

Насос в сборе смонтирован на стальной сварной раме, состоящей из двух частей — верхней 9 и нижней 5, соединенных между собой четырьмя колоннами 12. Чугунный блок цилиндров закреплен на нижней части рамы, а коленчатый вал 7, редуктор и электродвигатель смонтированы на верхней ее части. В блоке цилиндра размещены 4 всасывающих 14 и 4 нагнетательных 13 однокольцевых клапана. Каждый цилиндр 1 имеет вставную втулку 3 из кремнистой латуни. Между цилиндрами расположена камера всасывающего воздушного клапана 5. Поршень 2 изготовлен из кремнистой латуни, поршневые кольца — из эбонита для воды и текстолита для нефтепродуктов. Кольца пружинят при помощи специального разжимного кольца, на которое они насажены.

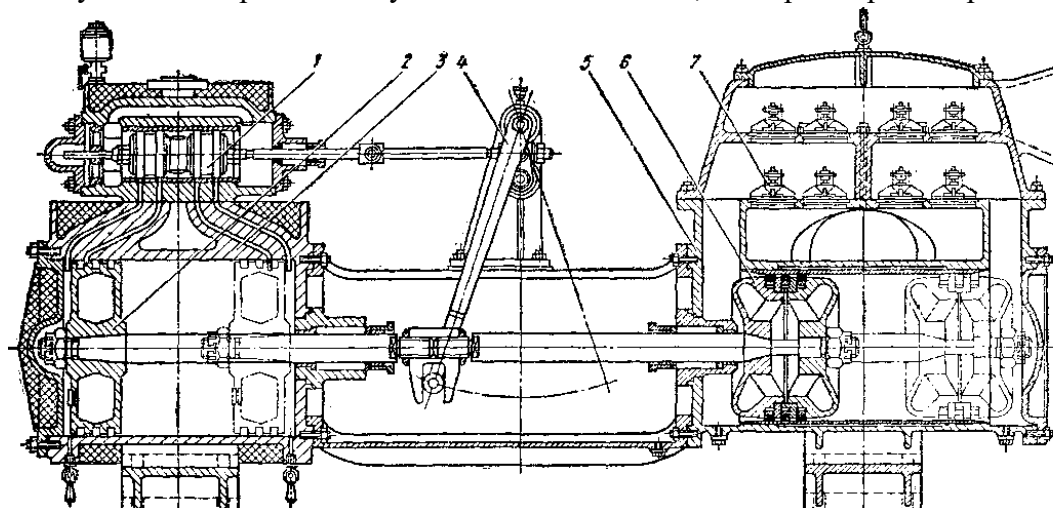
Передача движения поршню от коленчатого вала осуществляется шатуном 6, связанным со стальным ползуном 11. К торцу ползуна на резьбе и с помощью контргайки прикреплен поршневой

шток 4. Ползун ходит по чугунным направляющим 10.

Механизм привода смазывается при помощи шестеренного насоса, смонтированного на корпусе редуктора. Смазочное масло содержится в баке, установленном на нижней части рамы.

Насос приводится в действие от электродвигателя 8 через редуктор. Вал редуктора соединен с валом электродвигателя при помощи эластичной муфты.

Прямодействующим с принудительным механическим парораспределением является насос типа ПНП (поршневой насос прямодействующий). На рис. 4 изображен ПНП горизонтального типа. Каждый из двух гидравлических его цилиндров 5 имеет по восемь клапанов 7, размещенных в клапанной коробке, из них два приемных и два отливных для каждой полости. Сборный гидравлический поршень 6 расположен на одном штоке с паровым поршнем 2. Пар по полостям парового цилиндра 3 распределяется цилиндрическим золотником 1 (иногда применяются коробчатые золотники), перемещающимся от системы рычагов золотникового движения 4. При поочередном впуске пара золотником через паровпускные каналы (крайние на золотниковом зеркале) в правую и левую рабочие полости паровых цилиндров паровые поршни получают возвратно-поступательное движение, которое при посредстве штоков сообщается



гидравлическим поршням. Насос осуществляет всасывание и нагнетание в каждой из четырех рабочих полостей гидравлических цилиндров. При этом поршни спаренных цилиндров



двигаются с интервалом в половину рабочего хода, что обеспечивает наибольшую равномерность подачи.

Рис. 4. Прямо-  
действующий  
поршневой насос  
типа ПНП

### Основные детали поршневых насосов

Поршневой насос конструктивно состоит из двух групп деталей:

1. Неподвижные детали, объединяемые под общим названием «корпус насоса», включают в себя: рабочие цилиндры с крышками и днищами, патрубки приемный (всасывающий) и отливной (нагнетательный), клапанную коробку и уплотнения (сальники).

2. Движущиеся детали, к которым относятся поршни с уплотнительными кольцами, поршневые штоки и клапаны.

**Неподвижные детали.** Корпус насоса в большинстве случаев отливают из чугуна марки СЧ12-28 или стали с содержанием 0,3—0,4% углерода. В некоторых случаях для повышения износостойкости внутрь цилиндра вставляют бронзовые втулки. Внутреннюю форму корпуса выбирают такой, чтобы жидкость проходила в цилиндр без лишних поворотов. На внешней стороне корпуса для присоединения различной арматуры, кранов и клапанов, а также для соединительных фланцев предусматривают приливы.

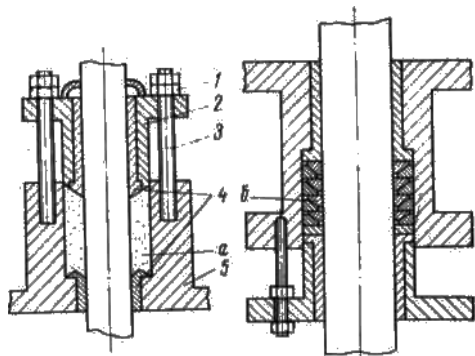


Рис. 5. Уплотнения (сальники)  
поршневых насосов

Сальники представляют собой уплотнения отверстий в днищах цилиндров в местах выхода скалок и штоков. Сальник состоит из нажимного приспособления и набивки. Набивка может быть мягкая *а* или металлическая *б* (рис. 5). Мягкие набивки изготовляют из хлопчатобумажных тканей, пропитанных маслом с тальком; пеньковые и асбестовые — из плетеных шнуров и колец, пропитанных графито-жировой смазкой; манжетные — из кожи и эластичной пластмассы, связанной вулканизированной резиной, иногда со вставками из колец белого металла в случае высоких давлений и температур перекачиваемой жидкости. Существуют различные виды патентованной набивки, сердцевина которой

сделана из свинцовой проволоки с хлопчатобумажной оплеткой, придающей набивке жесткость и износостойкость.

Металлическая набивка состоит из разрезных бронзовых колец треугольного сечения, чередующихся с кольцами из белого металла. Кольца закладывают так, чтобы бронзовые были обращены широкой стороной к телу сальника, а из антифрикционного белого металла — к штоку. При затягивании сальника, вследствие наличия клиновых поверхностей, кольца распираются и обеспечивают хорошую непроницаемость. Стыки полуколец набивки должны разноситься на расстояния  $1/2$  окружности поршневого штока или плунжера. Металлическая набивка применяется в насосах со скоростями более 3—5 м/с, при больших напорах и температурах.

Нажимное приспособление состоит из сальниковой нажимной втулки (стакана) 2. На штоке свободно скользят две втулки (грудбуксы) 4: верхняя — в сальниковом стакане 2, нижняя

— в патрубке 5 насоса. При навинчивании гаек 1 на шпильки 3 осуществляется равномерное сжатие сальниковой набивки, которая обжимает шток, уплотняя его. По мере износа мягкой набивки ее нужно периодически поджимать, не допуская перекоса нажимной буксы или

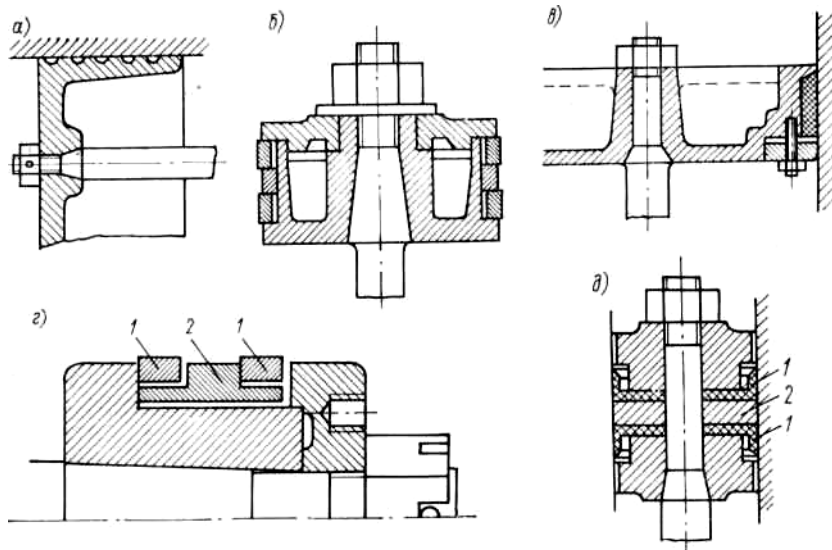
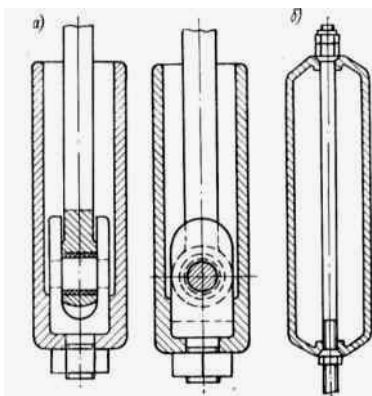


Рис. 6. Дисковые поршни насосов: а — цельный; б — составной; в — с набивкой; г — с кольцами из эбонита; д — с кожаными манжетами

слишком большого нажатия. И то, и другое увеличивает трение, ведет к потере мощности, повышенному износу набивки и поверхности штока. В некоторых конструкциях насосов при небольших диаметрах штока нажатие осуществляется нажимной гайкой, перемещающейся по нарезке гребенки.

Гидравлические поршни выполняются дисковыми и цилиндрическими (плунжерные или скальчатые). Дисковые поршни могут быть цельными или составными и изготавливаются из чугуна, бронзы или стали (рис. 6). Уплотнение поршней в цилиндре осуществляется самопружинящимися металлическими кольцами из чугуна, бронзы, стали или пластмассы; неразрезными кольцами из эбонита (поз. 1, рис. 6, г), фибры или текстолита; манжетами из кожи, резины или прорезиненной ткани; мягкой набивкой из пеньки. Кожаные манжеты (поз. 1, рис. 6, д) являются самоуплотняющимися кольцами, они создают хорошую герметичность, способствуют малому износу стенок рабочих цилиндров и обеспечивают надежную работу насоса при давлениях до 500 кгс/см<sup>2</sup> и диаметре поршней до 100 мм, при температуре перекачиваемой жидкости до 50° С. В некоторых случаях уплотнение достигается при помощи белого металла (баббита Б83), которым покрывается боковая поверхность поршня с пробивкой на ней кольцевых канавок, создающих лабиринтовое уплотнение.



Цельные поршни обладают повышенной прочностью, но снимать с них и устанавливать на них поршневые кольца значительно сложнее, чем у составных поршней с проставочным телом (поз. 2, рис. 6, г и д). В качестве уплотнителя составных поршней можно применять набивку из пеньково-асбестового шнура, который перед установкой на поршень прографичивается и промасливается, а также прорезиненную ткань, резину или пластмассу. Набивка из любого материала зажимается в поршне перед заведением его в цилиндр. Поршни с неметаллическими уплотнениями меньше изнашивают рабочие цилиндры насосов.

В насосах со скоростью поршня 1 м/с и давлением 5—30 кгс/см<sup>2</sup> допускаются уплотнения любого типа, в насосах с высоким давлением применяют только металлические уплотнения. Металлическое уплотнение пригодно как для холодной, так и для горячей жидкости; кожаные манжеты и мягкая набивка из пеньки пригодны для работы с жидкостью при температуре до 35° С.

Внутренняя поверхность цилиндра дисковых поршней более подвержена износу, и поэтому цилиндры имеют вставные рабочие втулки.

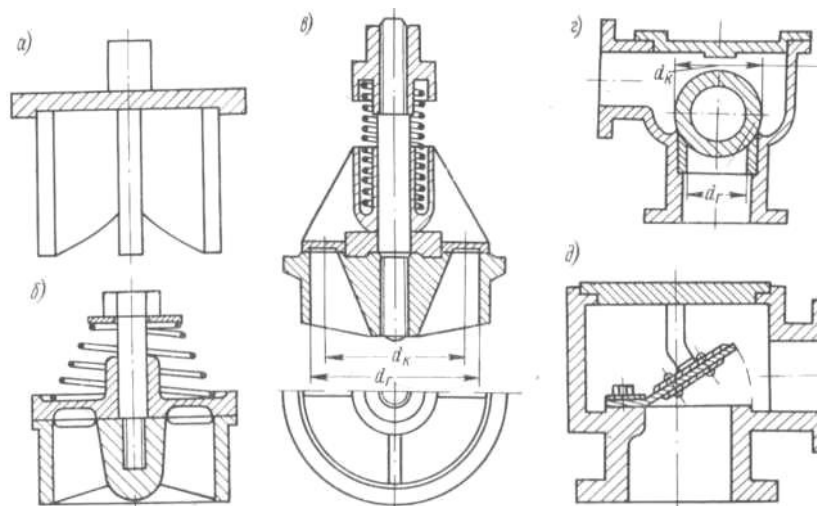
Плунжерные (скальчатые) поршни бывают открытыми (рис. 7, а) или закрытыми (рис. 7, б). Они обычно изготавливаются из чугуна и стали, но могут быть также покрыты бронзовой рубашкой либо изготавливаются целиком из бронзы.



Материал для изготовления — бронза марки Бр. ОФЮ-1. Цилиндры насосов с плунжерными поршнями можно выполнять без вставных рабочих втулок. Плунжерные (скальчатые) поршни увеличивают габариты насоса вследствие удлинения цилиндра. Однако в процессе эксплуатации можно контролировать состояние уплотнения плунжеров (скалок), в связи с чем их установка на судах более предпочтительна, чем насосов с дисковыми поршнями, у которых состояние уплотнений трудно проверять без разборки насоса.

Поршневые штоки, на которые насаживаются дисковые поршни, обычно изготавливают стальными цилиндрическими.

Клапаны — весьма ответственная деталь, от которой в значительной степени зависит работа насоса. Назначение клапанов состоит в том, чтобы периодически сообщать и разобщать



рабочие полости цилиндра со всасывающим и нагнетательным трубопроводами, тем самым обеспечивая движение жидкости в требуемом направлении. В насосах применяют самодействующие невозвратные клапаны, т. е. такие, которые открываются под действием разности давлений по обе стороны клапана и пропускают жидкость только в одном направлении. Для обеспечения упругого ограничения подъема и быстрого закрытия клапаны снабжены пружинами.

По действию клапаны подразделяются на поднимающиеся и откидные (шарнирные). На рис. 8 представлены различные конструкции клапанов. Пластинчатые клапаны представляют собой одну или несколько пластин, волнистых или плоских, толщиной 2—5 мм, при этом нижние пластины имеют отверстия диаметром около 4 мм и сдвинуты одна относительно другой. Клапаны бывают металлические: латунные, бронзовые или стальные; неметаллические: кожаные, резиновые и пластмассовые, а также композитные, т. е. металлические с облицовкой из

Рис. 7. Плунжерные (скальчатые) поршни:

а — открытые;

б — закрытые

кожи, пластмассы, бакаута и других уплотняющих материалов. Шаровые клапаны отливают из чугуна или бронзы и в некоторых случаях покрывают снаружи слоем резины. Их делают обычно пустотелыми диаметром, равным 1,5 диаметра седла. Клапан любой конструкции и из любого материала должен обеспечивать герметичность закрытия, бесшумную работу и быстрое открытие клапанного отверстия; создавать меньше гидравлических сопротивлений прохождению жидкости; быть прочным и износоустойчивым, иметь небольшую стоимость изготовления.

Рис. 8. Клапаны поршневых насосов: а — тарельчатый с нижними направляющими ребрами; б — тарельчатый с верхней направляющей; в — однокольцевой; г — шаровой; д — шарнирный; е — пластинчатые; ж — сферический с коническим седлом

Обеспечение указанных требований, прежде всего, зависит от тщательности пригонки тарелки клапана к седлу и конструктивных соотношений отдельных частей клапана.

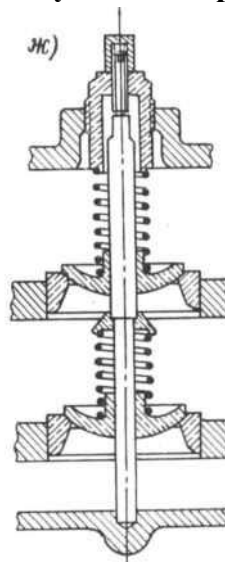
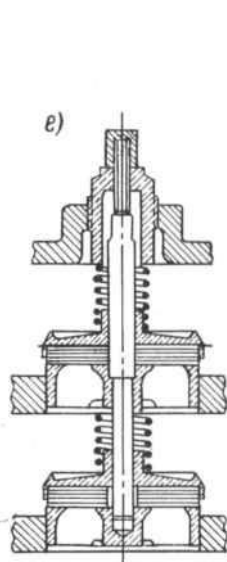
При работе клапанов их посадка на гнездо должна происходить без стука; в противном случае клапан изнашивается и от этого ухудшаются показатели работы насоса: КПД, производительность и напор. Бесшумная работа клапана зависит в первую очередь от высоты подъема клапана, его массы и быстроходности насоса.

#### Правила технической эксплуатации поршневых насосов

Перед пуском насоса и убедиться в том, препятствует. Если насос машиной, у прямодей-прогреть паровую машину. полагается проверить передач и подшипниках и в масло до отметки на

Следует убедиться в должен работать насос, перекачиваемой жидкости, беспрепятственно двигаться всасывающего

открывают клапаны на патрубках насоса и на проверяют плотность



необходимо произвести осмотр что его пуску ничего не приводится в действие паровой ствующих насосов нужно У приводного механизма наличие масла в коробках случае необходимости долить маслоуказателе.

том, что емкости, для которых подготовлены к приему и жидкость может к приемному отростку трубопровода. После этого всасывающем и нагнетательном трубопроводах. У насоса набивки сальников на

поршневых штоках и не слишком ли туго они затянуты. Перед пуском необходимо провернуть вручную механизм не менее чем на один рабочий оборот или ход и убедиться в том, что вращению ничто не препятствует, проверить правильность открытия отливных клапанов. Пуск при закрытых клапанах может вызвать разрыв корпуса клапанной коробки, цилиндров и трубопроводов в результате гидравлического удара.

При каждом пуске насоса следует проверить отсутствие заедания перепускного или предохранительного клапана насоса нагнетательной полости. Повышать давление подрыва выше указанного в инструкции или выше давления, превышающего рабочее больше, чем на 10 %, не разрешается. В случае неподрыва клапан следует отремонтировать.

Пуск механизма надо производить плавно, без рывков, переходя от малых ходов к номинальным. После того как насос начнет работать, устанавливают заданный режим, руководствуясь показаниями контрольно-измерительных приборов. Регулирование производительности и напора у приводных насосов осуществляется изменением частоты вращения двигателя, а у прямодействующих насосов — изменением числа его двойных ходов. В случаях, когда скорость приводного двигателя насоса не регулируется, производительность меняют путем изменения величины открытия клапана для перепуска части жидкости из нагнетательной полости насоса во всасывающую.

При обслуживании насоса во время действия необходимо следить за работой насоса и привода и своевременно устанавливать такой режим работы, какой требуют условия эксплуатации энергетической установки и общесудовых систем. Уход за приводным механизмом заключается в наблюдении за уровнем масла в передачах и подшипниках и его температурой. Уровень масла в коробках передач можно контролировать только при остановке насоса. Масло можно нагревать в пределах температур 60—80° С, допускается повышение температуры масла до 90° С. У поршневых насосов для смазки подшипников используют масло машинное или индустриальное. Смена масла в передачах производится в сроки, предусмотренные заводской инструкцией. При этом масло должно быть чистым от механических примесей. Если в отработавшем масле будут обнаружены металлические мелкие частицы, то перед заправкой маслом следует промыть коробку передач бензином, керосином или жидким маслом.

При кольцевой смазке подшипников приводного вала надо периодически наблюдать за уровнем масла. После 8—10 ч работы в масляни добавляют масло.

Если при пуске или во время работы возникают неисправности, причины которых сразу определить нельзя, то вначале следует выявить причины неисправностей вне насоса (в емкостях, трубопроводах и арматуре) и лишь после этого обследовать насос.

Рассмотрим некоторые, наиболее часто встречающиеся неисправности при работе поршневых насосов (также см. таблицу 1).

Насос не перекачивает жидкость. Это можно объяснить следующим:

- не открыты клапаны на всасывающем или нагнетательном трубопроводе (проверить открытие клапанов);
- сильно загрязнены кингстоны, фильтры или сетки на всасывающем трубопроводе (продуть кингстоны, очистить фильтры и сетки);
- сильно загрязнены кингстоны, фильтры или сетки на всасывающем трубопроводе (продуть кингстоны, очистить фильтры и сетки);
- на приемной распределительной клапанной коробке не прикрыт другой клапан из пустой емкости (проверить положение клапанов на распределительной коробке);
- уровень всасываемой жидкости понизился ниже уровня приемного отростка всасывающего трубопровода (остановить насос или перевести его на другую емкость);
- всасывающие клапаны не садятся на место из-за попавших под них посторонних тел (прочистить клапаны и устранить зависание).

Насос при работе не дает полной производительности или не создает полного напора. Возможные причины таких неисправностей следующие:

- клапаны на всасывающем и нагнетательном трубопроводах открыты не полностью (проверить величину открытия клапанов);
- на всасывающей линии трубопровода загрязнены фильтры, приемные сетки, приемные кингстоны или клапаны (очистить фильтры и сетки, продуть кингстоны и клапаны);
- неплотности в соединениях всасывающего трубопровода, через которые подсасывается воздух (устранить неплотности, поставив новый прокладочный материал и обжав соединения);
- утечка перекачиваемой жидкости через сальники или неплотности в соединениях нагнетательного трубопровода (сменить набивку сальников, устранить неплотности в нагнетательном трубопроводе, сменив прокладки и обжав соединения);
- значительный перепуск перекачиваемой жидкости через предохранительный клапан из нагнетательной полости во всасывающую (проверить предохранительный клапан, восстановить герметичность, сменить или подтянуть пружину клапана);

- повышенная вязкость перекачиваемой жидкости: масла, мазута, рыбьего жира и др. (включить подогрев перекачиваемой жидкости и повысить ее температуру);

- невозвратный клапан в приемном отростке всасывающего трубопровода неплотно садится или не полностью закрывается (устранить заедание или притереть клапан).

Периоды кратковременного бездействия насоса следует использовать для проверки крепежа и сочленений. Проверяют затяжку болтов и шпилек, а также состояние сальников и, если необходимо, их перенабивают. Если насос имеет централизованное смазывание, проверяют качество масла в масляном бачке и в случае надобности спускают из него отстой воды. Если же масло отработало свой срок, его следует заменить.

Таблица 1

**Неисправности поршневых насосов и способы их устранения**

| Неисправность                            | Причина неисправностей                                                                                             | Способ устранения                                                                       |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                                                                  | 3                                                                                       |
| Насос при пуске в ход не подает жидкость | Закрыт клапан на всасывающей трубе                                                                                 | Открыть клапан                                                                          |
|                                          | Засорен фильтр, установленный на приемном конце всасывающей трубы                                                  | Очистить фильтр                                                                         |
|                                          | Значительные подсосы воздуха через неплотности соединения всасывающего трубопровода или всасывающей полости насоса | Тщательно проверить все соединения всасывающего тракта и устранить обнаруженные подсосы |
|                                          | Слишком большая высота всасывания                                                                                  | Выяснить причины чрезмерного увеличения высоты всасывания и                             |

|                                                                                                                     |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Количество подаваемой насосом жидкости слишком мало и не соответствует расчетной подаче при данной частоте вращения | Частично засорен фильтр на всасывающей трубе                                                                         | Очистить фильтр                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                     | Клапаны насоса засорены или неисправны и пропускают жидкость                                                         | Вынуть и осмотреть клапаны, очистить их и проверить плотность прилегания тарелок клапанов к седлам; пришедшие в негодность клапаны заменить новыми                       |
|                                                                                                                     | Слишком тугие пружины всасывающих клапанов                                                                           | Уменьшить натяжение пружин всасывающих клапанов или заменить эти пружины более слабыми                                                                                   |
|                                                                                                                     | Пропуск жидкости через неисправные уплотнения поршней                                                                | Осмотреть поршни, неисправные детали заменить                                                                                                                            |
| Пропуск жидкости в соединениях напорных полостей или через сальники                                                 | Неисправные прокладки или другие уплотняющие элементы соединений                                                     | Заменить неисправные прокладки новыми, подтянуть гайки шпилек или болтов                                                                                                 |
|                                                                                                                     | Сальники слабо подтянуты, набивка их пришла в негодность                                                             | Подтянуть сальники, изношенную набивку заменить новой                                                                                                                    |
| Резкий стук при посадке клапанов                                                                                    | Ослабли или сломались пружины клапанов                                                                               | Осмотреть клапаны, увеличить натяжение пружин или заменить их новыми                                                                                                     |
| Стук при перемене хода поршней                                                                                      | Ослабло крепление поршня на штоке                                                                                    | Осмотреть крепление, подтянуть соответствующие гайки и поставить предусмотренные конструкцией шплинты или гаечные замки                                                  |
| Сильный скрип в цилиндре                                                                                            | Неправильно затянут сальник или недостаточная смазка штока                                                           | Проверить затяжку и смазку сальника, при необходимости вскрыть цилиндр и осмотреть кольца                                                                                |
| 1                                                                                                                   | 2                                                                                                                    | 3                                                                                                                                                                        |
| Глухие удары в цилиндрах, иногда сопровождающиеся сотрясением корпуса насоса                                        | Недостаточное заполнение цилиндров жидкостью вследствие подсосов воздуха или чрезмерного сопротивления на всасывание | Выявить и устранить подсосы воздуха, проверить полностью ли открыт клапан и не засорен ли фильтр на всасывающей трубе, свободно ли могут подниматься всасывающие клапаны |
| Чрезмерный нагрев штоков                                                                                            | Сильно затянуты сальники                                                                                             | Ослабить затяжку сальников                                                                                                                                               |
|                                                                                                                     | Недостаточная смазка штоков                                                                                          | Усилить смазку                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                     | Недоброкачественная набивка в сальнике                                                                               | Заменить набивку                                                                                                                                                         |

|                                                       |                                                                    |                                                                   |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Стук в приводной части при перемене хода поршней      | Ослабло соединение штока с крейцкопфом                             | Осмотреть соединение, закрепить и законтрить шток в крейцкопфе    |
|                                                       | Разработались втулки крейцкопфных головок шатунов                  | Осмотреть втулки, непригодные заменить новыми                     |
| Стук в мотылевых головках шатунов                     | Значительный люфт в подшипниках                                    | Осмотреть головки шатунов и уменьшить люфт                        |
| Сильные удары коленчатого вала                        | Значительный люфт в подшипниках                                    | Уменьшить люфт в подшипниках                                      |
|                                                       | Ослабла затяжка гаек на шпильках, крепящих крышки подшипников вала | Подтянуть и законтрить гайки крышек                               |
| Чрезмерный нагрев крейцкопфов или пальцев крейцкопфов | Недостаточное поступление масла к трущимся поверхностям            | Проверить и очистить проходы для масла                            |
|                                                       | Масло загрязнено или недостаточна его вязкость                     | Сменить масло, предварительно очистив и промыв маслянную ванну    |
| Сильный нагрев подшипников                            | Недостаточное поступление масла к подшипникам                      | Обеспечить нормальное поступление масла                           |
|                                                       | Подшипники сильно зажаты                                           | Отрегулировать крепление подшипников, обеспечить необходимый люфт |



## Практическая работа № 2

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШЕСТЕРЕННЫХ И ВИНТОВЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации шестеренных и винтовых насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** макеты шестеренного и винтового насосов, плакаты, схемы.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем поршневых насосов:

а) схемы шестеренных насосов;

б) схемы винтовых насосов;

2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей шестеренных и винтовых насосов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

### Шестеренные насосы

Шестеренные насосы являются одним из наиболее распространенных видов роторных насосов. Их применяют в смазочных системах машин и механизмов, в гидроприводах, для перекачивания темных нефтепродуктов. Рассматриваемые насосы выполняют с шестернями внешнего и внутреннего зацепления. Наибольшее распространение на судах имеют насосы с шестернями внешнего зацепления. Простейший насос такого типа (рис. 1, а) состоит из ведущей 1 и ведомой 3 шестерен, помещенных в корпус 2. Профиль зубьев шестерен—эвольвентный. При вращении шестерен по направлению стрелок жидкость, заполняющая впадины зубьев, переносится из полости всасывания а в полость нагнетания б. В полости всасывания зубья шестерен выходят из зацепления, а в полости нагнетания — входят в зацепление.

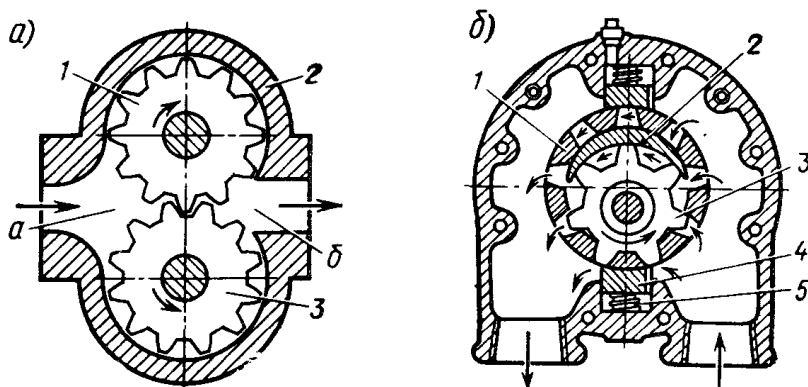


Рис.1. Схемы шестеренных насосов

На рис. 1, б показана схема насоса с внутренним зацеплением шестерен. Чтобы отделить нагнетательную полость от всасывающей, применен серповидный элемент 2, помещенный между внешней 1 и внутренней 3 шестернями. Для

уплотнения между внешней шестерней и корпусом

установлены уплотняющие элементы 4, находящиеся под действием пружин 5. В случае перемены направления вращения шестерен при сохранении тех же подводков и отводов жидкости серповидный элемент следует переместить в положение, диаметрально противоположное изображенному на рис. 1, б. Насосы такого типа имеют меньшие габаритные размеры и меньше изнашиваются, чем насосы с внешним зацеплением шестерен, однако они сложны в изготовлении.

Основным типом шестеренных насосов является насос, состоящий из пары прямозубых шестерен с внешним зацеплением и с одинаковым числом зубьев эвольвентного профиля. Насосы этого типа отличаются простотой устройства и надежностью в эксплуатации.

Для увеличения подачи иногда применяют насосы с тремя и более шестернями, размещенными вокруг центральной приводной шестерни. Средняя шестерня трехшестеренного насоса (рис. 2) является приводной; при вращении ее в направлении, указанном стрелкой, жидкость будет засасываться из каналов 1 и 3 и нагнетаться через каналы 2 и 4. Теоретическая подача такого насоса в 2 раза больше подачи насоса, состоящего из двух шестерен тех же размеров. Действительная подача насоса этого типа из-за увеличения утечек будет несколько

меньше подачи насоса, выполненного по обычной схеме. Для повышения давления жидкости шестеренные насосы делают многоступенчатыми.

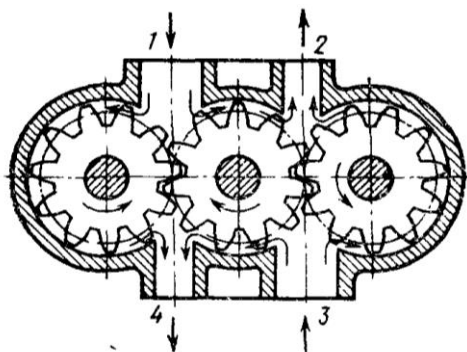


Рис. 2. Схема шестеренного насоса

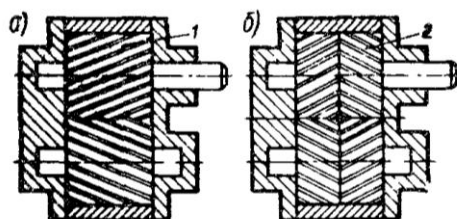


Рис.3. Схемы насосов с косозубыми и шевронными шестернями

В судовой практике широкое применение получили насосы с косозубыми 1 (рис. 3, а) и особенно с шевронными 2 (рис. 3, б) шестернями. У этих насосов вход зубьев в зацепление и выход из зацепления происходят не сразу по всей ширине, как у насосов с прямыми зубьями шестернями, а постепенно, благодаря чему они менее чувствительны к погрешностям изготовления и монтажа, более износоустойчивы и работают плавно и бесшумно.

Существенным недостатком насосов с косозубыми шестернями является возникновение во время работы осевых усилий, прижимающих шестерни к торцам корпуса, что может вызвать их интенсивный износ. Этого недостатка не имеют насосы с шевронными шестернями.

Обычно шевронные шестерни составляют из двух косозубых шестерен, одна из которых имеет левую нарезку, другая — правую. Обе половины ведущей шестерни сидят на валу на общей шпонке. Одна из половин ведомой шестерни сидит на валу на шпонке, а другая — свободно, вследствие чего она может самоустанавливаться при работе роторов относительно зубьев шестерни ведущего ротора. Угол наклона зубьев в шевронных шестернях 20—25°.

#### Конструкции шестеренных насосов

Рассмотрим примеры конструкций шестеренных насосов. Шестеренный маслоперекачивающий насос РЗ-30 (рис. 4) обеспечивает подачу 18 м<sup>3</sup>/ч при частоте вращения 980 об/мин и создает давление 0,53 МПа.

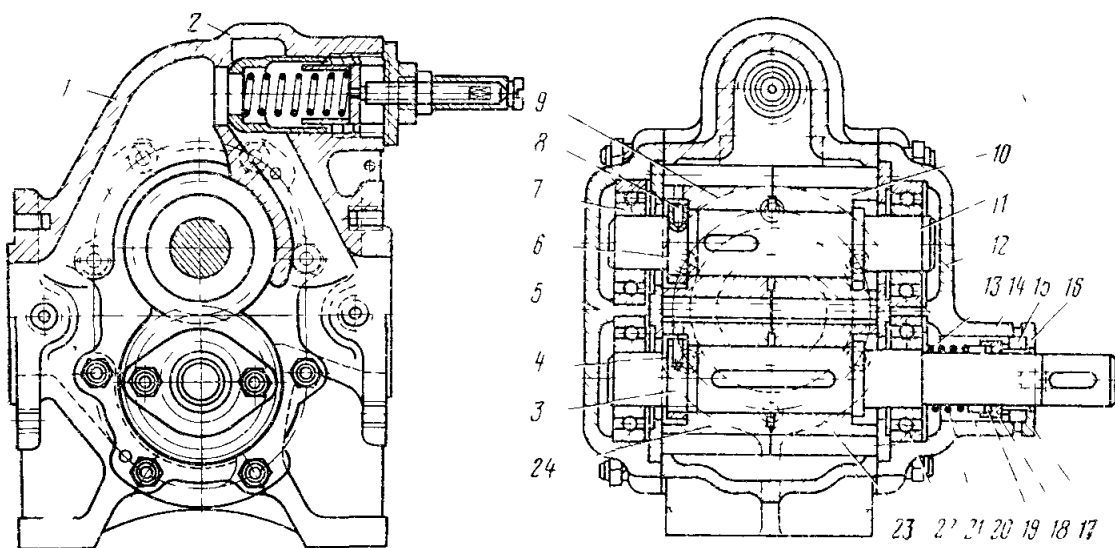


Рис.4. Шестеренный насос РЗ-30

К основным деталям шестеренного насоса относятся: корпус 1, роторы — ведущий 13 и ведомый 11, крышки — передняя 12 и задняя 5. Корпус насоса выполняется литым, чугуном или бронзовым. Ведущий ротор представляет собой стальной вал, на котором закреплены шпонкой 2 шестерни 24 и 23 с косым зубом. На валу ведомого ротора насажены также 2 шестерни с косым зубом. Одна из шестерен 9 закреплена на валу шпонкой, другая 10 насажена свободно, благодаря чему она может самостоятельно входить в зацепление. Во избежание осевых смещений шестерни на валах роторов закреплены специальными гайками 3 и 6 со стопорными винтами 4 и 8. Узел 14 торцового уплотнения вала состоит из пяты 18, подпятника 15 с резиновым амортизатором 16, двух колец — стального упорного 20 и резинового уплотняющего 19, пружины 21 и крышки 17 — чугунной или стальной. Пята уплотнения — стальная или бронзовая, подпятник — чугунный или стальной. Шестеренные насосы снабжены предохранительно-перепускным клапаном 2 для перепуска перекачиваемой жидкости из полости нагнетания в полость всасывания на случай, если в напорном трубопроводе создается давление выше нормального. Опорами вала роторов насосов служат шариковые подшипники 7 и 22, смазываемые перекачиваемой жидкостью.

### Винтовые насосы

К винтовым насосам относятся такие насосы, у которых энергия перекачиваемой жидкости увеличивается в результате давления на нее непрерывно вращающихся винтовых поверхностей.

Винтовые насосы можно разделить: по числу винтов — на одновинтовые и многвинтовые (до пяти винтов); по зазору между нарезкой винтов — на герметичные и негерметичные; по форме профиля нарезки винтов — на насосы с циклоидальным, эвольвентно-циклоидальным и специальным профилями; по числу подводов на насосы с односторонним и двусторонним подводом жидкости. Все типы винтовых насосов широко представлены в работе.

В настоящее время на судах внутреннего плавания находят применение только трехвинтовые насосы с циклоидальным зацеплением. Эти насосы охватывают подачу 0,45 — 400 м<sup>3</sup>/ч и давление до 25 МПа. Трехвинтовые насосы относятся к классу герметичных и выполняются с односторонним и двусторонним подводом жидкости.

У трехвинтового насоса с односторонним подводом жидкости (рис. 5) средний винт 3 является ведущим, а 2 боковых 4 — ведомыми. Нарезанные части винтов заключены в обойму (втулку) 5, вставленную в корпус 2. В обойме винты вращаются, как в подшипниках с небольшими зазорами. Корпус насоса имеет приемную камеру 1 с приемным патрубком и напорную камеру 6 с напорным патрубком. Эти камеры соединены предохранительно-перепускным клапаном 7.

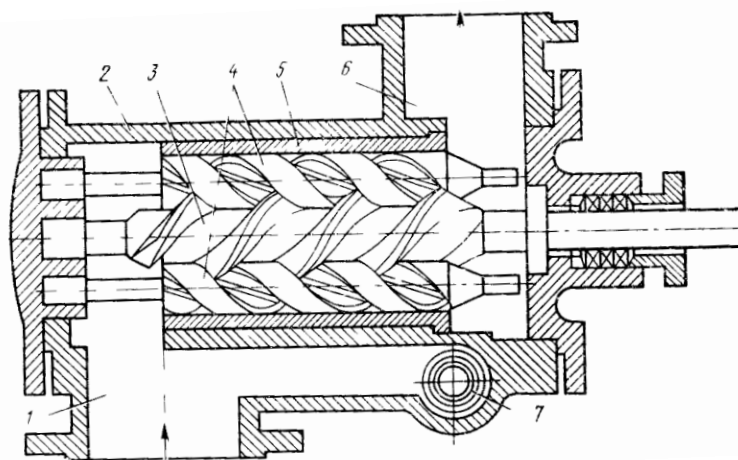


Рис. 5. Схема винтового трехвинтового насоса

Ведущий винт по сравнению с ведомыми более массивен, так как он несет основную нагрузку в рабочем процессе. Геометрические соотношения нарезок винтов выбраны так, что

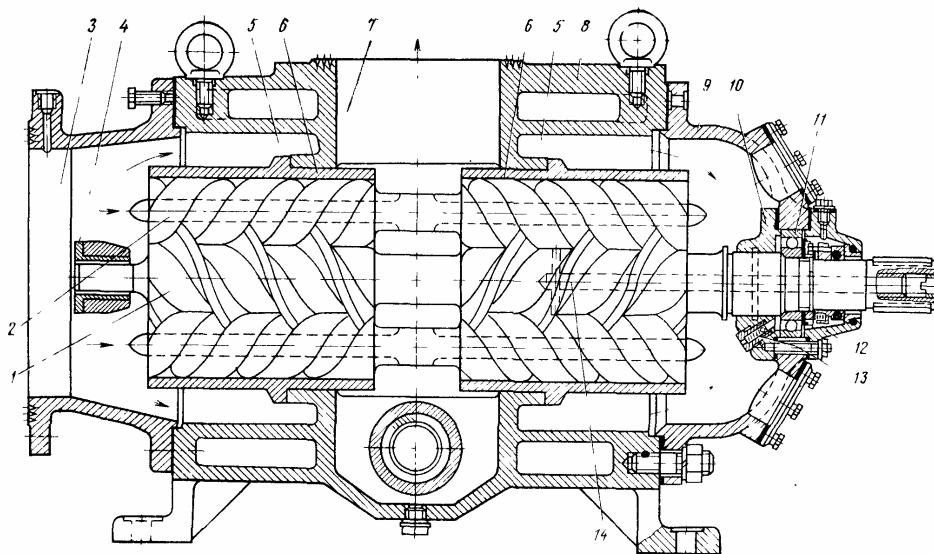
обеспечивается не только герметичность рабочих органов, но и отсутствие передачи крутящего момента с ведущего винта на ведомые. Последние не производят полезной работы, а служат только в качестве уплотнений, препятствующих перетеканию жидкости из напорной камеры в приемную, и в процессе нормальной работы вращаются не в результате взаимодействия с ведущим винтом, а благодаря давлению перекачиваемой жидкости, которая перемещается в насосе только вдоль оси винтов.

Винтовые насосы с циклоидальным зацеплением применяются в смазочных системах и системах регулирования машин, а также в системах гидроприводов для перекачивания вязких жидкостей. Они отличаются равномерной подачей жидкости, высокой экономичностью (к.п.д.=0,6-0,8), незначительным изменением подачи с увеличением давления, высокой частотой вращения, малыми габаритными размерами и массой. Кроме того, данные насосы обладают самовсасыванием и хорошей всасывающей способностью. Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания винтовых насосов зависит от рода перекачиваемой жидкости. При работе на масле она составляет 5—6 м. Существенным недостатком этих насосов является сложный профиль нарезки винтов и малый зазор между винтами (0,05—0,15 мм) и винтами и втулкой корпуса (0,1—0,15 мм), что усложняет их изготовление.

#### Конструкции винтовых насосов

В качестве примера на рис. 6 приведен трехвинтовой насос ВС-200, спроектированный на подачу 200 м<sup>3</sup>/ч и давление 2,5 МПа при частоте вращения  $n=1450$  об/мин. Насос—горизонтальный с двусторонним подводом жидкости. Он установлен на плавучей нефтеперекачивающей станции.

Насос имеет один ведущий винт 1 и 2 ведомых винта 2. Винты имеют по две нарезки противоположного направления. Всасывание жидкости происходит по концам, а нагнетание — в середине через патрубок 7. Такая конструкция обеспечивает полное уравнивание осевой силы.



*Рис. 6. Трехвинтовой насос ВС-200*

Всасываемая насосом жидкость поступает к винтам 1 и 2 через приемный патрубок 3 и с противоположной стороны через внутренние каналы 5, сообщающиеся со всасывающей полостью насоса. Шариковый подшипник 11, установленный в крышке 9 корпуса 8, и подшипник скольжения 4, находящийся в центральной части перемычки приемного патрубка, служат опорами ведущего винта. На участках винтов с резьбой опорами служат бронзовые обоймы 6. Уплотнительные резиновые прокладки обеспечивают герметичность сопряжений деталей фланцев. Смазывание трущихся деталей производится перекачиваемой жидкостью; через отверстие 14 в теле ведущего винта она поступает к шариковому подшипнику. Предохранительный шариковый клапан 13 в случае превышения давления в плоскости между

крышками сальника 10 и 12 перепускает жидкость во всасывающую полость. В насосе имеется предохранительный клапан для отвода перекачиваемой жидкости из нагнетательной полости во всасывающую. Для подогрева перекачиваемой жидкости при необходимости уменьшения ее вязкости насос имеет специальную рубашку, пар подводится в пространство между ней и корпусом.

### **Техническая эксплуатация шестеренных и винтовых насосов**

Перед пуском в ход насос следует тщательно осмотреть для проверки его исправности. Посторонние предметы (инструмент, обтирочный материал и т. п.) необходимо с насоса убрать. Все болтовые соединения и соединения трубопроводов должны быть затянуты, а контрольно-измерительные приборы — исправны. Болты крышек должны быть надежно затянуты. Насос и его фундамент содержат в чистоте.

Легкость вращения роторов проверяют проворачиванием насоса за муфту вручную. Если насос был осушен или пускается в работу впервые после монтажа, его нужно залить рабочей жидкостью. Необходимо полностью открыть клапаны на всасывающем и нагнетательном трубопроводах, проверить положение трехходовых краников манометров, которые также должны быть полностью открыты. Работа насоса «всухую» запрещается. Жидкость должна быть чистой, без механических примесей. Следует обеспечить плотность подсоединения всасывающего трубопровода во избежание подсоса воздуха. Воздух в насосе приводит к возникновению шума, образованию пены и кавитации. Перед пуском необходимо проверить направление вращения двигателя.

При запуске насоса с холодной и вязкой жидкостью может сработать реле максимального тока вследствие перегрузки электродвигателя, и он остановится. В этом случае необходимо полностью открыть запорные клапаны всасывания, напора и перепуска и снова запустить двигатель насоса. Когда двигатель наберет необходимую частоту вращения, предохранительный (перепускной) клапан медленно прикрывают; по показаниям манометра и вакуумметра регулируют насос на требуемое давление.

Насос запускают только после проведения всех операций, связанных с подготовкой его к действию. Убедившись по манометру и вакуумметру в том, что насос подает жидкость, следует установить с помощью клапанов нужный режим. При отсутствии показаний контрольно-измерительных приборов необходимо остановить насос, проверить герметичность его всасывающей камеры и всасывающего трубопровода, залить насос и повторить пуск.

Во время работы насоса наблюдают за показаниями контрольно-измерительных приборов насоса и приводного двигателя. Режим работы насоса должен соответствовать его техническим данным. Производительность насосов необходимо регулировать путем изменения частоты вращения приводного двигателя или натягом пружины предохранительного клапана. Не следует регулировать производительность насоса дросселированием жидкости через нагнетательный клапан, так как это может привести к повреждениям. При нормальной работе насоса отсутствуют стуки и вибрации, а показания приборов стабильны, без рывков. При работе наблюдают за работой уплотнения (сальника) приводного вала насоса. При внезапном самопроизвольном изменении режима работы или появлении ненормального стука насос следует остановить для выяснения и устранения причин неисправности. Не допускается длительная для работа насоса при почти закрытом нагнетательном клапане, когда перекачиваемая жидкость полностью циркулирует из нагнетательной полости во всасывающую через предохранительный (перепусковой) клапан.

При сборке насоса после ремонта необходимо учитывать следующее: приводной вал насоса должен свободно проворачиваться от руки; биение внешнего конца приводного вала насоса в собранном виде не должно превышать 0,05 мм; должна быть выдержана соосность валов привода и насоса, причем радиальное смещение не должно превышать 0,1—0,2 мм и перекос осей не должен быть более 1°; соединительная муфта не должна иметь дисбаланса.

Неисправности шестеренных и винтовых насосов, причины и способы их устранения рассмотрены в таблице 1.

Таблица 1

## Неисправности шестеренных и винтовых насосов, причины и способы их устранения

| <i>Неисправности</i>                          | <i>Причины неисправностей</i>                                                                                                                     | <i>Способы устранения</i>                                                                |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                             | 2                                                                                                                                                 | 3                                                                                        |
| <i>Насос не засасывает жидкость</i>           | <i>Насос не залит жидкостью</i>                                                                                                                   | <i>Залить насос перекачиваемой жидкостью</i>                                             |
|                                               | <i>Закрыт клапан на всасывающей трубе</i>                                                                                                         | <i>Открыть клапан</i>                                                                    |
|                                               | <i>Засорение фильтра, установленного на приемном конце всасывающей</i>                                                                            | <i>Очистить фильтр</i>                                                                   |
|                                               | <i>Значительные подсосы воздуха через неплотности в соединениях всасывающей грубы или всасывающей камеры насоса</i>                               | <i>Проверить все соединения всасывающей части и устранить обнаруженные подсосы</i>       |
| <i>Насос не обеспечивает расчетной подачи</i> | <i>Неправильная регулировка предохранительного клапана</i>                                                                                        | <i>Отрегулировать клапан</i>                                                             |
|                                               | <i>Заедание предохранительного клапана или наличие под ним грязи, вследствие чего он не садится на место</i>                                      | <i>Устранить заедание клапана и прочистить его</i>                                       |
|                                               | <i>Двигатель не развивает требуемой частоты вращения</i>                                                                                          | <i>Довести частоту вращения до нормальной величины</i>                                   |
|                                               | <i>Увеличение зазоров внутри насоса между винтами и обоймой в винтовом насосе, между торцами роторов и вставками в шестеренчатом насосе и др.</i> | <i>Заменить изношенные детали</i>                                                        |
|                                               | <i>Большое давление нагнетания</i>                                                                                                                | <i>Уменьшить давление нагнетания, увеличив открытия запорного клапана</i>                |
| <i>Увеличение потребляемой мощности</i>       | <i>Слишком вязкая перекачиваемая жидкость</i>                                                                                                     | <i>Уменьшить вязкость жидкости, если это невозможно, то уменьшить частоту вращения и</i> |
|                                               | <i>Перекачивание загрязненной</i>                                                                                                                 | <i>Разобрать насос и</i>                                                                 |

|                                |                                                                                                                   |                                                                           |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                | <i>Задир и срабатывание рабочих поверхностей насоса и подшипников</i>                                             | <i>При необходимости устранить повреждения, залить в систему чистую</i>   |
| <i>Сильная вибрация насоса</i> | <i>Нарушение центровки валов</i>                                                                                  | <i>Проверить крепление агрегата и произвести</i>                          |
| <i>Сильная течь сальника</i>   | <i>Износ манжет или набивки</i>                                                                                   | <i>Заменить манжет или набивку</i>                                        |
|                                | <i>В торцевом уплотнении: ослабление пружины</i>                                                                  | <i>Пружину заменить</i>                                                   |
|                                | <i>Неплотная посадка резинового кольца на валу</i>                                                                | <i>Кольцо заменить</i>                                                    |
|                                | <i>Наличие твердых частиц и образование задира трущихся поверхностей между опорным и уплотнительными кольцами</i> | <i>Поверхность опорного и уплотнительного колец зачистить и притереть</i> |

| 1                                                                  | 2                                                                                                                               | 3                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>Резкие колебания стрелок манометра и вакуумметра</i>            | <i>Неплотности на всасывающем тракте и подсос воздуха насосом</i>                                                               | <i>Проверить герметичность всасывающего тракта и</i> |
|                                                                    | <i>Не отрегулирован предохранительный клапан</i>                                                                                | <i>Отрегулировать клапан на наружное давление</i>    |
| <i>Стрелка мановакуумметра стоит на нуле при работающем насосе</i> | <i>Неисправен прибор; подсос воздуха во всасывающую трубу</i>                                                                   | <i>Заменить прибор; устранить подсос воздуха</i>     |
| <i>Нагрев насоса</i>                                               | <i>Недостаточный зазор после ремонта насоса (на торцах шестерни в шестеренном насосе, между винтами и обоймой - в винтовом)</i> | <i>Привести зазоры в соответствие с требуемым</i>    |
|                                                                    | <i>Сильная затяжка сальника</i>                                                                                                 | <i>Уменьшить затяжку сальника</i>                    |
| <i>Сильный шум и нагрев подшипников</i>                            | <i>Износ роликов или повреждение обойм подшипника</i>                                                                           | <i>Заменить ролики или обойму</i>                    |
|                                                                    | <i>Несовпадение осей насоса и двигателя</i>                                                                                     | <i>Произвести центровку</i>                          |

### Практическая работа № 3

#### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАСТИНЧАТЫХ И ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации пластинчатых и водокольцевых насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы насосов, видеоматериалы по принципу работы насосов.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем насосов:

- а) схемы пластинчатых насосов;
- б) схемы водокольцевых насосов;

2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей пластинчатых и водокольцевых насосов.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

#### Пластинчатые насосы

Пластинчатыми насосами называются роторные насосы, в которых подача жидкости осуществляется переносом ее в полостях между выдвижными пластинами (шиберами) ротора. Применяются в масляных и топливных системах главных и вспомогательных двигателей, а также в гидравлических системах и гидроприводе.

Эти насосы бывают однократного и многократного действия, а также двух- и многопластинчатые. На судах внутреннего плавания применяют пластинчатые насосы однократного и двукратного (двойного) действия. В насосах однократного действия за один оборот вала происходит один полный цикл работы, включающий в себя процессы всасывания и нагнетания. В насосах двукратного действия за один оборот вала происходят 2 полных цикла работы, т. е. 2 процесса всасывания и 2 процесса нагнетания.

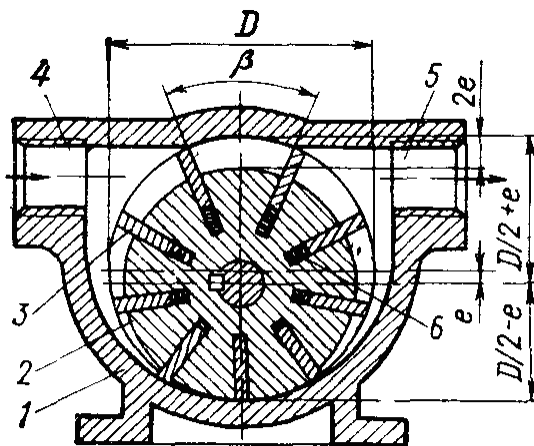


Рис. 1. Пластинчатый насос однократного действия

Ротор 2 пластинчатого насоса однократного действия (рис. 1) представляет собой барабан с пазами, в которые входят пластины 3. Ротор эксцентрично установлен в корпусе (статоре) 1. При вращении его пластины прижимаются своими наружными торцами к внутренней поверхности корпуса насоса пружинами 6 и центробежной силой. Объем полости, заключенной между соседними пластинами, поверхностью ротора и стенкой корпуса, при движении в районе камеры всасывания 4 увеличивается, вследствие чего происходит всасывание жидкости. Наоборот, при движении в районе камеры нагнетания 5 объем этой полости уменьшается и происходит вытеснение жидкости в напорный трубопровод.

Число пластин составляет 6—12. Через  $\beta$  на рис. 1 обозначен угол между пластинами. Насосы однократного действия могут быть регулируемые и нерегулируемые. Недостаток этих насосов заключается в большой радиальной нагрузке на вал ротора, поэтому их применяют для сравнительно небольших давлений (до 4—5 МПа).

Для высоких давлений (14 МПа и выше) применяют нерегулируемые пластинчатые насосы двукратного действия, которые являются уравновешенными. Ротор 1 такого насоса (рис. 2,) имеет пазы с лопатками 7. При вращении ротора лопатки под действием центробежной силы своими наружными кромками упираются во внутреннюю поверхность корпуса (статора) 2. Следуя за очертанием этой поверхности, они совершают возвратно-поступательное перемещение. Для надежного контакта торцов лопаток с корпусом в роторе предусмотрена кольцевая выточка 10, которая каналом 9 сообщается с нагнетательной полостью. Внутренняя



полость статора на различных участках очерчена по-разному. В пределах угла  $\epsilon_0$  радиус очертания внутренней поверхности постоянный и равен  $r$ . В пределах угла  $\alpha$  радиус поверхности статора увеличивается от минимального значения  $r$  до максимального  $R$ .

Насос работает следующим образом. Объем, заключенный между ротором, статором и

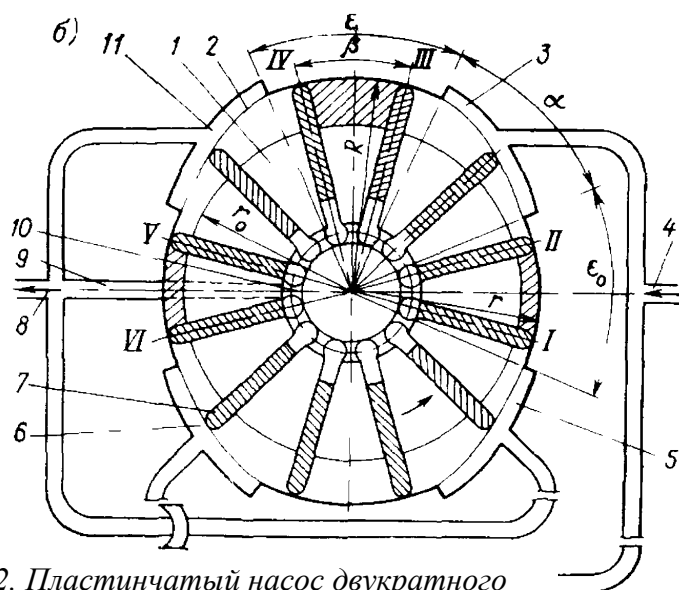


Рис.2. Пластинчатый насос двукратного действия

двумя лопатками I и II, при вращении ротора против часовой стрелки увеличивается и заполняется через окно 3, сообщаемое с всасывающим трубопроводом 4. После поворота ротора на угол  $\alpha + \epsilon$  этот объем начнет уменьшаться. Заполняющая его жидкость вытесняется в окно II, которое сообщается с напорным трубопроводом 8. В нижней части насоса процессы всасывания и нагнетания повторяются. Здесь жидкость поступает в рассматриваемый объем через окно 6, а вытесняется через окно 5. В результате за один оборот каждое межлопатное пространство дважды всасывает и нагнетает жидкость. Цифрами I-VI обозначены смежные лопатки, а через  $r_0$  — соответствующий радиус внутренней поверхности статора.

В пластинчатых насосах зазор между

пластинами и пазами ротора составляет 0,01-0,03 мм.

Пластинчатые насосы просты в устройстве, обладают хорошим всасыванием и малопульсирующей подачей жидкости, компактны. Их недостатки — нерегулируемая производительность, сравнительно небольшие давления нагнетания, небольшой КПД и возможность перекачивания жидкости не загрязненной механическими примесями.

### Водокольцевые насосы

Водокольцевой насос является вакуум-насосом, служащим для удаления воздуха из приемного трубопровода, вследствие чего трубопровод и насос заполняются жидкостью (рис. 3).

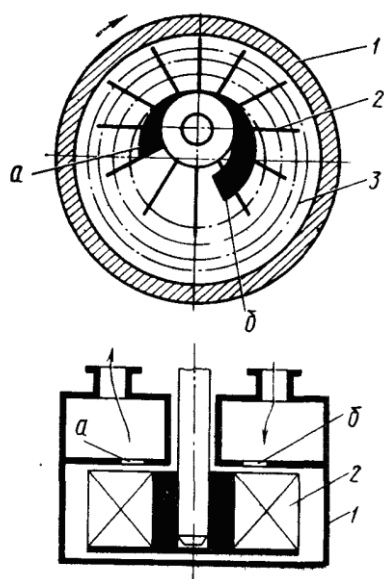


Рис. 3. Схема водокольцевого насоса

В цилиндрическом корпусе 1 насоса, заполненном водой, эксцентрично расположено рабочее колесо 2 с лопатками. При вращении колеса на периферии под действием центробежной силы создается уплотнительное водяное кольцо 3. Каждые 2 лопатки и боковые стенки корпуса образуют камеру, которая сообщается с находящимися в стенках всасывающим б и нагнетательным а отверстиями. Поскольку рабочее колесо расположено эксцентрично, водяное кольцо в камере при вращении колеса перемещается поступательно (в радиальном направлении); поэтому, когда внутренняя поверхность кольца находится в камере дальше от ступицы, воздух засасывается через отверстие б и, наоборот, когда эта поверхность оказывается ближе к ступице, он вытесняется через отверстие а.

В случае централизованной заливки центробежных насосов применяют автономные водокольцевые вакуум-насосы, их используют также в качестве компрессоров с небольшим давлением сжатия. Водокольцевые насосы бывают одноступенчатыми и двухступенчатыми водяными.

Одноступенчатый водокольцевой вакуум-насос (рис. 4, а) состоит из цилиндрического корпуса 4, двух торцовых крышек 5 и рабочего колеса 3, эксцентрично расположенного в корпусе. При вращении колеса его лопасти (прямые или изогнутые) отбрасывают воду к стенкам корпуса, при этом образуется вращающееся водяное кольцо. Серповидное пространство между водяным кольцом и ступицей колеса является рабочим объемом насоса. Вверху внутренняя поверхность водяного кольца касается ступицы колеса и препятствует перетеканию воздуха с нагнетательной стороны на всасывающую.

На протяжении первого полуоборота колеса в направлении стрелки внутренняя поверхность водяного кольца постепенно удаляется от ступицы, при этом образуется свободный объем между лопастями колеса, который заполняется воздухом из всасывающего патрубка 2 через всасывающее окно а в крышке корпуса насоса. При втором полуобороте колеса внутренняя поверхность водяного кольца приближается к ступице, а воздух, находящийся между лопастями, сначала сжимается, а затем вытесняется в нагнетательное окно б, а оттуда в патрубок 1. Таким

образом, в водокольцевом насосе воздух перемещается из всасывающего патрубка в нагнетательный непрерывно и равномерно.

Очень важно, чтобы при работе насоса не было утечек воды из него и чтобы толщина водяного кольца оставалась постоянной. В противном случае внутренний диаметр водяного кольца увеличится, оно отойдет от поверхности ступицы в верхней части и перекачиваемый воздух будет

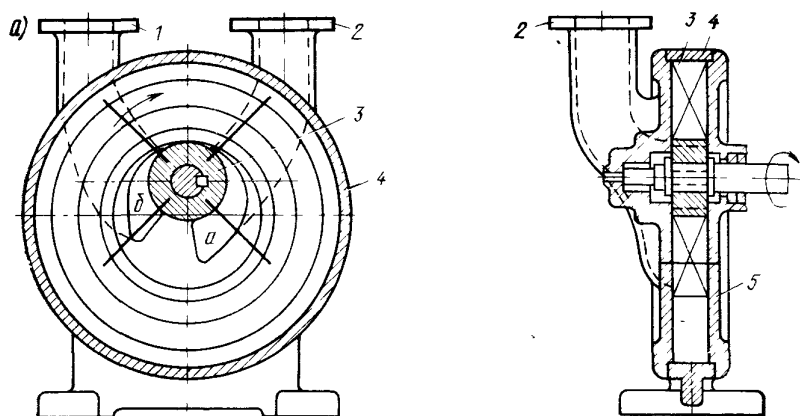


Рис.4. Одноступенчатый водокольцевой насос

просачиваться из нагнетательной полости во всасывающую. Работа насоса резко ухудшится.

Утечки жидкости из насоса происходят постоянно в результате вихре- и брызгообразования на внутренней поверхности водяного кольца и уноса брызг через нагнетательное отверстие. Кроме того, от постоянного перемешивания и трения жидкость в кольце нагревается и ухудшается работа насоса. Поэтому насосы оборудуют собственной системой с напорным бачком для постоянной замены части воды в кольце.

Достоинства водокольцевых насосов:

- простота конструкции (насос содержит только одну движущуюся деталь);
- отсутствие непосредственного контакта трущихся поверхностей и необходимости смазки к ним, в результате обеспечивается надежность, сохраняются первоначальные характеристики в течении длительного периода эксплуатации и не требуется повседневное внимание обслуживающего персонала;
- отсутствие вибраций;
- небольшие масса и габариты;
- способность перекачивать воздух или газ, содержащие какое-то количество жидкости, без опасения повреждения и выхода из строя вакуум-насоса;
- увеличение подачи при перекачивании горячих газов или насыщенного пара, так как уплотнительная охлаждающая вода при сжатии производит конденсацию перекачиваемой среды.

Водокольцевые насосы различают между собой по следующим признакам:

- по расположению вала – горизонтальные и вертикальные;
- по числу ступеней – одно- и двухступенчатые;
- по конструктивному исполнению колеса в насосах с осевым зазором – колеса с боковыми дисками и без них.

## Техническая эксплуатация пластинчатых насосов

Надежность работы пластинчатых насосов как насосов гидравлических систем зависит от многих факторов (сорта масла, степени его фильтрации, вязкости и т.д.). Масло следует заливать в насос (гидросистему) через заливной фильтр, обеспечивающий надежную фильтрацию масла. Перед заливкой масло проверяют на соответствие требованиям завода-производителя. При заливке масла должен быть обеспечен выход воздуха из насоса (гидросистемы) через соответствующие отверстия, закрываемые пробками. Во время эксплуатации насоса необходимо поддерживать требуемую чистоту рабочего масла путем своевременной очистки фильтров, спуска отстоя и замены отработавшего масла. Периодически следует производить анализ рабочего масла. Насос и вся гидросистема должны содержаться в чистоте. Меньше всего сказывается изменение температуры масла на работе пластинчатых насосов. Практика показывает, что выход из строя гидронасосов объясняется нарушением требований по чистоте рабочей жидкости. Закрытая заправка баков гидросистем и периодический контроль чистоты рабочей жидкости в процессе эксплуатации позволяют значительно уменьшить число отказов насосов по причине загрязненности. При подготовке к действию насос необходимо осмотреть снаружи и убедиться в его исправности. При обнаружении ослабления болтов, крепящих гидронасос в установке, их следует подтянуть. Если гидронасос и его трубопровод неполностью заполнены маслом, то масло следует добавить. Насос запускают лишь после того, как подготовлен к работе гидропривод в целом. Во время работы насоса необходимо наблюдать за показаниями контрольно-измерительных приборов, которые должны соответствовать паспортным данным насоса. При подтекании масла из-под фланцев, мест разъемов крышек и подсоединений трубопроводов необходимо подтянуть крепежные детали. Нельзя допускать подсоса воздуха в гидросистему. При появлении ударов и стуков, свидетельствующих о ненормальной работе или поломке деталей насоса, его следует остановить и устранить причины неисправности. Некоторые ответственные гидроагрегаты имеют дублирующие насосы. При выходе из строя по каким-либо причинам одного из насосов включается в работу другой.

Надежная и длительная работа насосов гидроприводов без существенного износа рабочих органов возможна только при грамотном и тщательном их **обслуживании**. При установке насоса после ремонта валы должны быть строго отцентрованы, так как неточность установки вызывает прогиб вала и преждевременный износ подшипников. Максимальное допускаемое радиальное смещение осей составляет 0,3 мм, а максимальный угол перекоса осей 1°.

При работе пластинчатого насоса могут возникнуть различные неполадки. Наиболее часто встречающиеся неполадки в работе, их причины и способы их устранения приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Неисправности пластинчатых насосов, причины и способы их устранения

| <i>Неисправности</i>            | <i>Причины неисправностей</i>                  | <i>Способы устранения</i>                                              |
|---------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1                               | 2                                              | 3                                                                      |
| <i>Насос не подает жидкость</i> | Неправильное направление вращения вала         | Изменить направление вращения вала                                     |
|                                 | Низкий уровень жидкости (масла) в баке         | Добавить масло в бак                                                   |
|                                 | Подсасывание воздуха во всасывающую магистраль | Проверить герметичность всасывающей магистрали и устранить неплотности |
|                                 | Медленное вращение вала насоса                 | Довести частоту вращения вала до нормальной                            |
|                                 | Слишком высокая вязкость масла                 | Применить менее вязкое                                                 |

|                                            |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                          | 2                                                                                                                                                               | 3                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <i>Насос не развивает нужного давления</i> | Установка предохранительного клапана на недостаточно высокое давление                                                                                           | Отрегулировать предохранительный клапан                                                                                                                                                                                                                       |
|                                            | Повышение утечки в узлах гидравлической системы (цилиндрах, золотниках, клапанах)                                                                               | Испытать узлы гидросистемы независимо один от другого                                                                                                                                                                                                         |
|                                            | Застревание одной или нескольких пластин в пазах ротора(заклинивание вследствие загрязнения, повышенной вязкости масла или недостаточной точности изготовления) | Снять крышку насоса и распределительный диск; проворачивать вал от руки, проверить свободное перемещение в пазах ротора; если пластины перемещаются туго, снять ротор с вала, промыть детали и притереть отдельные пластины до легкого хода их в пазах ротора |
| <i>Ненормальный шум при работе насоса</i>  | Частичное засорение всасывающей магистрали                                                                                                                      | Прочистить всасывающую магистраль                                                                                                                                                                                                                             |
|                                            | Попадание в масло воздуха через соединения всасывающей магистрали                                                                                               | Поливая маслом соединения на всасывающей магистрали, слушать изменения в шуме при работе насоса; плотно подтянуть все соединения                                                                                                                              |
|                                            | Неправильно выверена соединительная муфта                                                                                                                       | Выверить муфту                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                            | Наличие во всасывающих каналах насоса посторонних предметов                                                                                                     | Разобрать насос и промыть в керосине всасывающие каналы                                                                                                                                                                                                       |
|                                            | Наличие во всасывающем масле пузырьков воздуха                                                                                                                  | Поместить концы сливных трубопроводов ниже уровня масла в баке и на достаточном расстоянии от всасывающего трубопровода                                                                                                                                       |

|                                       |                                                                                    |                                                                                                              |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <i>Закрывать отверстие, сообщаемое пространство над маслом в баке с атмосферой</i> | <i>Обеспечить сообщение пространства над маслом в баке с атмосферой через отверстие или воздушный фильтр</i> |
|                                       | <i>Чрезмерно быстрое вращение вала насоса</i>                                      | <i>Снизить частоту вращения вала в соответствии с технической харак-</i>                                     |
|                                       | <i>Слишком высокая вязкость масла</i>                                              | <i>Применить менее вязкое</i>                                                                                |
| <i>Утечка масла из насоса по валу</i> | <i>Износ уплотнения</i>                                                            | <i>Заменить уплотнения</i>                                                                                   |
|                                       | <i>Нарушена центровка вала насоса с электродвигателем</i>                          | <i>Проверить центровку</i>                                                                                   |

### Техническая эксплуатация водокольцевых насосов

При подготовке водокольцевого насоса к пуску необходимо проверить наличие воды в напорном бачке и в самом насосе (пуск в действие сухого насоса не допускается). Затем следует открыть вспомогательный воздухопускной клапан (если он имеется), при этом всасывающий клапан должен быть закрыт; напорный клапан поставить в положение «Открыт». После пуска электродвигателя необходимо открыть питающий водяной клапан, медленно закрыть воздухопускной клапан и проверить вакуум в насосе; если вакуум держится нормально, то медленно открыть всасывающий клапан.

Во время работы насоса следует наблюдать за показаниями контрольно-измерительных приборов. Резкие изменения в показаниях амперметра свидетельствуют о механических неисправностях внутри насоса. Необходимо вести систематический контроль за наличием воды в напорном бачке и следить за поддержанием плотности всех соединений и сальников. При снижении вакуума во время работы насоса нужно проверить достаточность поступления воды к насосу, а также плотность вакуумного трубопровода и насоса.

Согласно «Правил технической эксплуатации судовых вспомогательных механизмов», утвержденных Приказом Госкомрыболовства РФ от 5 мая 1999 г. N 107, техническое обслуживание водокольцевого насоса необходимо проводить следующим образом:

1. Подготовка к действию и пуск. При подготовке насоса к действию необходимо:

- проверить наличие воды в напорном бачке и залить насос водой (пуск сухого насоса не допускается!);
- осмотреть приемный и отливной трубопроводы, проверить правильность открытия клапанов;
- открыть напорный клапан;
- закрыть клапан на вакуумном трубопроводе;
- открыть вспомогательный воздухопускной клапан на всасывающей стороне (если он имеется);
- пустить электродвигатель насоса;
- открыть питающий клапан водокольцевой системы;
- открыть клапан системы охлаждения сальников (если это предусмотрено конструкцией насоса);
- медленно закрыть вспомогательный воздухопускной клапан (при этом вакуумметр должен показать высокое разрежение);
- медленно открыть клапан на вакуумном трубопроводе.

2. Обслуживание во время действия. Во время действия насоса необходимо:

- по достижении полного числа оборотов отрегулировать подачу воды из напорного бачка водокольцевой системы для обеспечения необходимого вакуума;
- вести наблюдение за показаниями измерительных приборов (резкое изменение величины потребляемого электромотором тока свидетельствует о механических неисправностях насоса);
- вести систематический контроль за наличием воды в напорном бачке водокольцевой системы;
- следить за поддержанием плотности всех соединений и сальников;
- при снижении вакуума во время работы насоса необходимо проверить достаточность поступления воды к насосу, а также плотность вакуумного трубопровода и насоса.

3. Остановка. Для остановки насоса необходимо:

- остановить двигатель, закрыть клапаны на напорном и всасывающем трубопроводах;
- закрыть краны системы охлаждения подшипников;
- удалить воду через спускную пробку;
- при остановке на длительный период залить насос маслом и провернуть от руки на два - три оборота.

Примечание. Если водокольцевой насос является первой ступенью центробежного самовсасывающего насоса, его подготовка к действию и обслуживание выполняется в комплексе с основным агрегатом.

Возможные неисправности и рекомендации по действиям при их возникновении указаны в таблице 2.

Таблица 2

**Неисправности водокольцевых насосов, причины и способы их устранения**

| <i>Неисправности</i>                                                                     | <i>Причины неисправностей</i>                                                           | <i>Способы устранения</i>                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Насос не дает производительности на заданном режиме                                      | Подсос воздуха через соединения всасывающего трубопровода                               | Подтянуть гайки или заменить прокладки                                                        |
|                                                                                          | Подсос воздуха через уплотнения на валу                                                 | Поджать сальники или заменить манжету                                                         |
|                                                                                          | В насос подается недостаточное количество жидкости                                      | Установить подачу жидкости в необходимом количестве                                           |
|                                                                                          | Неравномерная подача жидкости из водопровода, засорились отверстия для прохода жидкости | Продуть отверстия сжатым воздухом, при этом сливные пробки насоса должны быть вывернуты       |
| Вал не проворачивается вручную или проворачивается с заметным сопротивлением и заеданием | Нарушилась центровка валов насоса и двигателя                                           | Проверить центровку, при необходимости произвести центровку заново                            |
|                                                                                          | Рабочее колесо сместилось и задевает за торцевую плоскость крышки                       | Поджать до отказа все гайки крепления крышек к корпусу и корпусов подшипников к крышкам       |
|                                                                                          | Сильно зажата сальниковая набивка                                                       | Ослабить гайки, прижимающие буксы сальника. Поджать равномерно набивку во время работы насоса |

|  |                                                                                                                                    |                                                                        |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Сокращение зазоров между вращающимися и неподвижными деталями из-за отложения на их поверхностях твердых частиц или осадков</p> | <p>Разобрать насос, очистить поверхности от загрязнений или накипи</p> |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|

## Практическая работа № 4

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РОТОРНО-ПОРШНЕВЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации роторно-поршневых насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы насосов, макет, видеоматериалы по принципу работы насосов.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем насосов:

- а) схемы радиально-поршневых насосов;
- б) схемы аксиально-поршневых насосов;

2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей роторно-поршневых насосов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Различают роторные радиально-поршневые насосы с радиальным расположением цилиндров относительно оси вращения ротора и аксиально-поршневые насосы с аксиальным расположением цилиндров относительно оси вращения цилиндрического блока. В первых насосах движение поршней (плунжеров) происходит в одной плоскости, во вторых — в пространстве.

### Радиально-поршневой насос

В этих насосах цилиндры располагают звездообразно, причем оси их находятся в общей плоскости и пересекаются в одной точке.

Радиально-поршневые насосы бывают двух типов:

- с эксцентричным ротором (рис.1);
- с эксцентричным валом (рис.2)
- с эксцентричным направляющим кольцом (рис.3).

Радиально-поршневой насос с эксцентричным ротором изображен на рис. 1. Конструктивно поршневая группа насоса установлена в роторе насоса. Ось вращения ротора и ось неподвижного статора смещены на величину эксцентриситета  $e$ . При вращении ротора поршни совершают поступательное движение. Величина хода составит  $2e$ . Насос данной конструкции имеет золотниковое распределение. При вращении цилиндры поочередно соединяются с полостями слива и нагнетания разделенными перегородкой золотника, расположенного в центре.

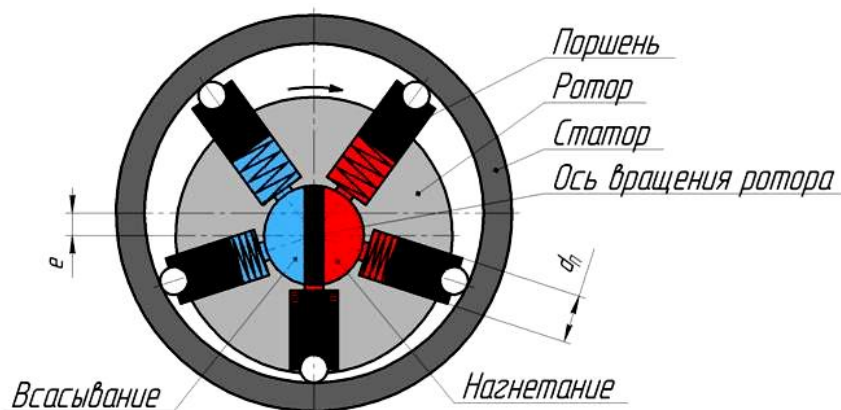


Рис.1. Радиально-поршневой насос с эксцентричным ротором

Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом изображен на рис. 2. Конструктивно поршневая группа насоса установлена в статоре насоса. Ось вращения вала и ось неподвижного статора совпадают, но на валу имеется кулачок, который смещен на величину  $e$  относительно центра вращения вала. При вращении вала, кулачок заставляет поршни совершать поступательное движение. Величина хода составит  $2e$ . Насос данной конструкции имеет



клапанное распределение. При вращении вала поршни выдвигаясь из цилиндров наполняются жидкостью через клапана всасывания. Нагнетание жидкости происходит через клапана нагнетания при вхождении поршней в цилиндры.

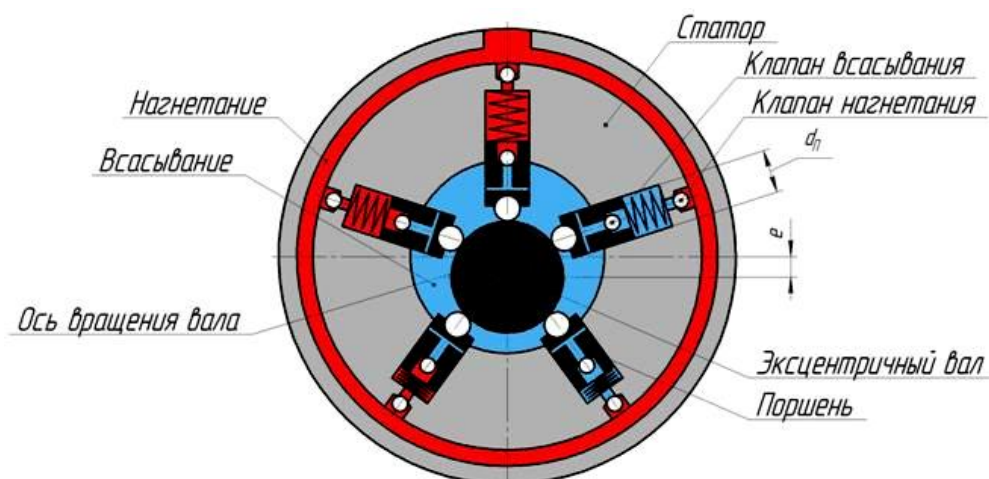
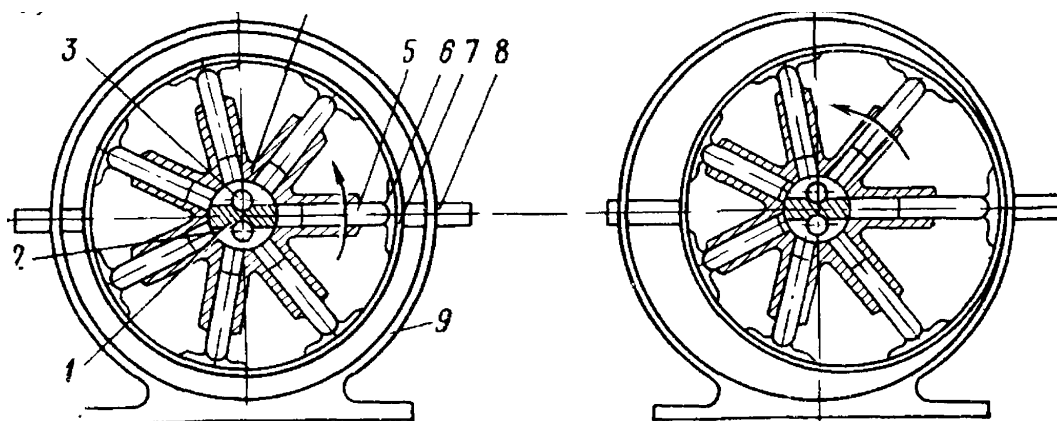


Рис.2 Радиально-поршневой насос с эксцентричным валом

Схема радиально-поршневого насоса с эксцентричным направляющим кольцом представлена на рисунке 3. Ротор 4 насоса, представляющий собой блок из нескольких цилиндров, вращается в постоянном направлении. Вместе с блоком вращаются находящиеся внутри его цилиндров плунжеры 5 и шарнирно связанные с ними ползуны 6. Опорные части ползунов прижимаются под действием центробежной силы к внутренней поверхности окружающего их направляющего кольца 7 и скользят по этой поверхности. Направляющее кольцо при помощи цапф 8 подвешивается к неподвижно укрепленному корпусу 9 насоса так, что может смещаться вправо или влево внутри корпуса, не теряя с ним связи. Окруженная звездообразным ротором центральная неподвижная часть (цапфа) насоса имеет перемычку 1, отделяющую верхнюю 3 внутреннюю полость насоса от нижней 2.

Рис. 3. Схема радиально-поршневого насоса



В положении, показанном на рис. 3, а, когда центр направляющего кольца 7 совпадает с центром звездообразного ротора 4, вращение последнего не вызывает подачи жидкости, заполняющей внутренние полости насоса. Плунжеры 5 вращаются вместе с ротором, но никакого движения внутри его цилиндров не получают.

Сдвиг направляющего кольца вправо вызывает перемещение плунжеров в цилиндрах (рис. 3, б), в результате чего плунжеры, продолжая вращаться вместе с ротором, одновременно получают возвратно-поступательное движение внутри цилиндров. При указанном направлении вращения ротора (против часовой стрелки) в нижнюю внутреннюю полость 2 жидкость будет всасываться, а в верхнюю полость 3 — нагнетаться.

Если направляющее кольцо сместить влево, плунжеры также получат возвратно-поступательное движение в цилиндрах, но верхняя полость насоса окажется тогда всасывающей, а нижняя — нагнетательной. В присоединенных к этим полостям трубах направление движения жидкости изменится на обратное. Изменяя смещение кольца, т. е.

получаемый им эксцентриситет по отношению к ротору, можно увеличивать или уменьшать ход плунжеров в цилиндрах, что будет изменять подачу, развиваемую насосом.

В схеме, показанной на рис. 3, плунжеры опираются на направляющее кольцо посредством ползунов (башмаков). Применяют также схемы, в которых плунжеры опираются на кольцо при помощи роликов. Цилиндры располагают в один или несколько рядов (5—13 цилиндров в каждом ряду).

Уплотнение плунжеров цилиндров достигается путем обеспечения минимального диаметрального зазора (0,03—0,04 мм). Диаметральный зазор между цапфой и втулкой цилиндрического блока составляет обычно 0,04—0,06 мм.

Радиально-поршневые насосы имеют большой срок службы. Радиально-поршневые насосы выполняют для давлений 20-30 МПа. Они находят применение в мощных гидроприводах и гидросистемах рулевых машин морских судов.

#### Достоинства:

- простота конструкции;
- высокая надежность;
- работа на давлениях до 100 МПа;
- относительно малый осевой размер.

#### Недостатки:

- высокая пульсация давления;
- малые частоты вращения вала;
- большой вес конструкции по отношению к аксиально-поршневым насосам.

#### **Аксиально-поршневой насос**

Аксиально-поршневые насосы – это разновидность роторно-поршневых насосов с аксиальным расположением цилиндров (т.е. располагаются вокруг оси вращения блока цилиндров, параллельны или располагаются под небольшим углом к оси).

Все аксиально-поршневые насосы можно разделить на 2 типа:

- с наклонным блоком (ось вращения блока цилиндров располагается по углом к оси вращения вала);
- с наклонным диском (ось вращения блока цилиндров совпадает с осью вращения вала).

На рис. 4 показана конструктивная схема аксиально-поршневого насоса с наклонным цилиндрическим блоком. При вращении вала насоса, вращается шарнирно соединенный с ним блок цилиндров. При этом поршни совершают поступательные движения. Блок цилиндров прилегает к распределителю который имеет два пазы: один паз соединен с линией всасывания, а другой с линией нагнетания. При выдвижении поршня цилиндр движется над пазом всасывания (см. вид А рис.4) и наполняется жидкостью. После прохождения нижней мертвой точки (точки в которой поршень находится в максимально выдвинутом состоянии) цилиндр соединяется с пазом нагнетания в распределителе и начинает вытеснять жидкость из цилиндра пока не достигнет верхней мертвой точки (точки в которой поршень находится в максимально утоленном в цилиндр состоянии). Далее цилиндр снова соединяется с пазом всасывания и цикл повторяется. Система распределения, используемая в данной конструкции насоса называется золотниковой.

Утечки из цилиндров во время нагнетания скапливаются в корпусе насоса. Чтобы не допустить роста давления в корпусе, на насосах данной конструкции имеется линия дренажа. Если ее заглушить, то это приведет к выходу из строя манжеты вала и нарушению герметичности насоса, а в некоторых случаях – к разрушению корпуса насоса.

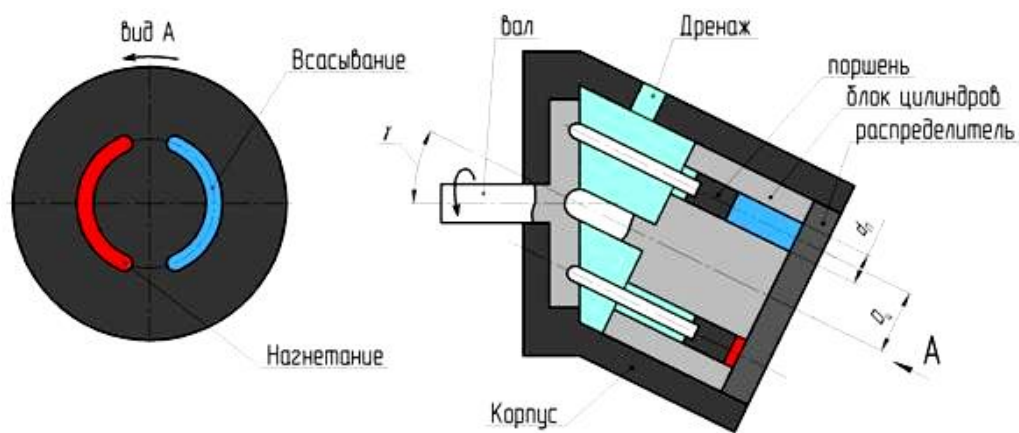


Рис.4. Аксиально-поршневой насос с наклонным цилиндрическим блоком

На рис.5 показана конструкция насоса с наклонным диском. Принцип работы насоса с наклонным диском аналогичен работе насоса с наклонным блоком. Насос данной конструкции также имеет золотниковое распределение. Отличие конструкций состоит в соосности осей вала и блока цилиндров.

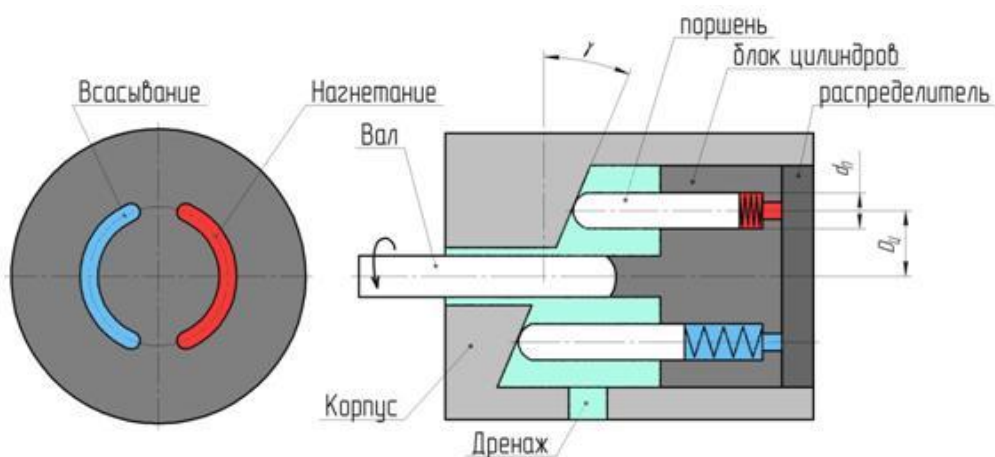


Рис. 5. Аксиально-поршневой насос с наклонным диском

Типовая схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском показана на рис. 6. Насос состоит из цилиндрического блока **2** с поршнями **3**, связанными при помощи шатунов **4** с наклонным диском (шайбой) **5**. Цилиндрический блок получает вращение от ведущего вала **7** с помощью кардана **6**.

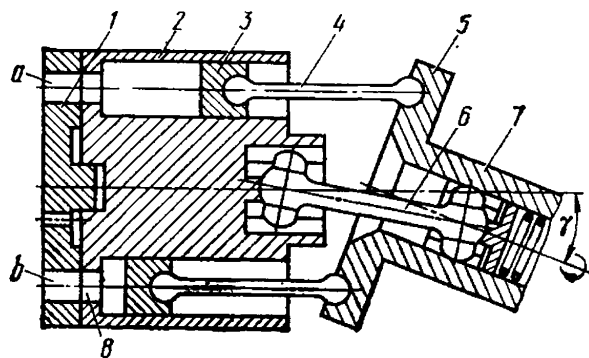


Рис. 6. Схема аксиально-поршневого насоса с наклонным диском

Распределение жидкости происходит через окна **a** и **b** золотника **1** и отверстия **8** в цилиндрическом блоке. Если ведущий вал **7** и цилиндрический блок **2** расположить на одной оси (угол  $\gamma = 0$ ), то подача насоса также будет

равна нулю, так как поршни **3**, вращаясь вместе с блоком, не будут иметь осевых перемещений относительно своих цилиндров.

При отклонении оси вала **7** от оси цилиндрического блока **2** на некоторый угол  $\gamma$ , как это показано на схеме, поршни **3** получают наряду с вращательным движением совместно с блоком еще возвратно-поступательное движение внутри цилиндров, поэтому насос будет давать подачу рабочей жидкости определенного направления. Например, для указанных на схеме направления вращения и угла  $\gamma$  верхнее окно **a** будет всасывающим, а нижнее **b** — нагнетательным. Если при неизменном направлении вращения отклонить ось вала **7** на угол  $\gamma$  в противоположном направлении от оси блока **2**, то окно **a** станет нагнетательным, а **b** — всасывающим. Изменение направления вращения приводного вала также изменило бы направление потока рабочей жидкости, но этого никогда не делают, так как выгоднее иметь приводной электродвигатель постоянного направления вращения. Таким образом, изменяя размер и знак угла  $\gamma$ , регулируют значение и направление подачи насоса. Обычно наибольший угол  $\gamma$  составляет  $30^\circ$ , а количество цилиндров в блоке 7-9.

Поршень (плунжер) сажают в цилиндр с диаметральной зазором в пределах **0,01-0,02 мм**, который обычно обеспечивают притиркой. Помещенный в смазанный вертикально расположенный цилиндр поршень должен медленно опускаться под действием собственного веса. Одним из основных требований при обработке пары поршень — цилиндр является обеспечение цилиндричности их рабочих поверхностей; овальность и конусность их не должны превышать соответственно 0,002 и 0,005 мм. При обработке необходимо выдержать параллельность опорных торцов цилиндрического блока и распределительного диска, а также их перпендикулярность осям вращения; отклонения в параллельности не должны превышать 0,005—0,01 мм; непрямолинейность этих поверхностей не должна превышать 0,005 мм. Выпуклость поверхностей недопустима; вогнутость — не более 0,005—0,01 мм.

#### Достоинства:

- простота конструкции;
- работа на давлениях до 70 МПа;
- высокий КПД;
- частоты вращения до 4000 об/мин;
- высокая удельная мощность.

#### Недостатки:

- высокая пульсация давления;
- высокая стоимость по сравнению с другими типами гидронасосов.

#### **Техническая эксплуатация роторно-поршневых насосов**

Роторно-поршневые насосы эксплуатируются на масле, которое должно быть хорошо профильтровано, без всяких посторонних примесей и воды. Перед началом работы насоса необходимо осмотреть его и убедиться в исправности всех движущихся частей и в отсутствии вблизи них посторонних предметов.

Пуск насоса должен производиться после заполнения его трубопроводов рабочим маслом, при эксцентриситете  $e = 0$  (в радиально-поршневых и аксиально-поршневых с переменной производительностью). Масло следует заливать в насос (гидросистему) через заливной фильтр, обеспечивающий надежную фильтрацию масла. Перед заливкой масло проверяют на соответствие государственному стандарту или техническим условиям. При заливке масла должен быть обеспечен выход воздуха из насоса (гидросистемы) через соответствующие отверстия, закрываемые пробками.

При подготовке к действию насос необходимо осмотреть снаружи и убедиться в его исправности. При обнаружении ослабления болтов, крепящих гидронасос в установке, их следует подтянуть. Если гидронасос и его трубопровод не полностью заполнены маслом, то масло следует добавить. Насос запускают лишь после того, как подготовлен к работе гидропривод в целом. Пуск насоса без наличия в нем масла не допускается.

Роторно-поршневые насосы чувствительны к загрязнениям и к изменению температуры рабочего масла, поэтому во время эксплуатации насоса необходимо поддерживать требуемую чистоту рабочего масла путем своевременной очистки фильтров, спуска отстоя и замены отработавшего масла. Периодически следует производить анализ рабочего масла.

При обслуживании насосов необходимо наблюдать за температурой рабочего масла и поддерживать его в пределах, указанных в инструкции по эксплуатации. Насос и всю

гидросистему следует содержать в чистоте.

Во время работы насоса необходимо наблюдать за отсутствием стуков. Удары и стуки свидетельствуют о ненормальной работе или поломке насоса. В этом случае насос нужно немедленно остановить.

При подтекании масла из-под фланцев, мест разъемов крышек и подсоединений трубопроводов необходимо подтягивать крепежные детали. Заметив утечку масла из насоса, необходимо устранить неплотности в соединениях. Нельзя допускать подсосы воздуха в гидросистему.

Аксиально- и радиально-поршневые насосы надёжно работают при соблюдении следующих требований:

- при применении марки масла, указанного в паспорте;
- не смешивать (при доливке) масла разной вязкости, а также минеральные и синтетические;
- использовать в системе только штатные масляные фильтры и регулярно их менять;
- содержать в чистоте всю гидравлическую систему, так как загрязнённое масло — основная причина отказов насоса;
- замену масла производить ежегодно.

Перед пуском аксиально- и радиально-плунжерных насосов необходимо:

- проверить уровень масла в расширительном баке и редукторе;
- открыть клапаны на нагнетательном и всасывающем трубопроводах;
- проверить наличие и подключение штатных контрольно-измерительных приборов;
- проверить в действии предохранительный (перепускной) клапан;
- проверить состояние соединительной муфты;
- пустить в ход электродвигатель и убедиться в нормальном функционировании агрегата.

Запрещается пуск насоса при закрытых клапанах на нагнетательном трубопроводе, так как это станет причиной гидравлического удара и разрушения деталей насоса.

Во время работы необходимо:

- следить за уровнем масла;
- проверять сальник на плотность и в случае необходимости его подтянуть.

Аксиально- и радиально-плунжерные насосы, как правило, не требуют обслуживания.

Возможные неполадки в работе радиально-поршневого насоса и аксиально-поршневого насоса, их причины и способы устранения приведены в таблице 1 и таблице 2 соответственно.

Таблица 1

| Неисправности радиально-поршневых насосов, причины и способы их устранения |                        |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Неисправности                                                              | Причины неисправностей | Способы устранения                                               |
| 1                                                                          | 2                      | 3                                                                |
| Перегрев подшипников                                                       | Перекося вала          | Проверить правильность центровки валов насоса и электродвигателя |

|                                                                                                                       |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Недостаточная подача при нормальном давлении нагнетания; невозможность получения наибольшего рабочего давления</b> | <b>Увеличенные зазоры в парах поршень — цилиндр или ротор — цапфа</b>           | <b>В случае износа центрального отверстия ротора, используя из запасных частей заготовку втулки, расточить ротор до нужного диаметра и установить втулку по напряженной посадке, зафиксировав с торцов винтами от проворачивания. При необходимости заменить поршни</b> |
| <b>Протекание масла из-под уплотнений вала, тяг управления, пробок</b>                                                | <b>Недостаточная плотность сальников, пробок, износ сальников или прокладок</b> | <b>Подтянуть пробки и пружины манжет или заменить прокладки и кольца тяг. При необходимости заменить манжеты</b>                                                                                                                                                        |

Таблица 2

**Неисправности аксиально-поршневых насосов, причины и способы их устранения**

| <i>Неисправности</i>                                                                        | <i>Причины неисправностей</i>                                                   | <i>Способы устранения</i>                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Насос не нагнетает рабочую жидкость в гидросистему или нагнетает в недостаточном количестве | Неисправен привод насоса                                                        | Заменить или отрегулировать неисправный узел                                              |
|                                                                                             | Неправильное направление вращения вала                                          | Переключить направление вращения на правильное                                            |
|                                                                                             | Повышенный износ насоса (низкий объемный КПД)                                   | Заменить насос                                                                            |
|                                                                                             | Насос засасывает и нагнетает в гидросистему воздух из-за:                       |                                                                                           |
|                                                                                             | - нарушения герметичности всасывающего трубопровода                             | - обеспечить герметичность трубопровода, заменить уплотнения                              |
|                                                                                             | - недостаточного уровня жидкости в баке                                         | - долить рабочую жидкость до требуемого уровня                                            |
|                                                                                             | Кавитация во всасывающей полости насоса (недозаполнение рабочего объема) из-за: |                                                                                           |
|                                                                                             | - закрытого всасывающего отверстия, засорения всасывающей трубы или фильтра     | - проверить всасывающее отверстие, очистить всасывающую трубу, фильтр                     |
|                                                                                             | - зауженного или погнутого всасывающего трубопровода                            | - установить всасывающий трубопровод требуемого диаметра, исключить местные сопротивления |
|                                                                                             | - чрезмерной вязкости рабочей жидкости                                          | - заменить рабочую жидкость на рекомендуемую                                              |
| Работа гидросистемы сопровождается повышенным уровнем шума                                  | - наличия воздуха в гидросистеме                                                | - выпустить воздух из системы в высшей ее точке, проверить герметичность гидросистемы     |
|                                                                                             | Насос засасывает в гидросистему воздух                                          | Обеспечить герметичность всасывающего трубопровода                                        |
|                                                                                             | Не закреплены трубопроводы и шланги                                             | Закрепить скобами трубопроводы с установкой резиновых прокладок                           |
|                                                                                             | Вибрация запорных элементов предохранительных клапанов                          | Отрегулировать или заменить предохранительный клапан                                      |
|                                                                                             | Слабое крепление корпуса гидромашины клапана или других элементов               | Закрепить элементы гидросистемы                                                           |
|                                                                                             | Механические повреждения или                                                    | Заменить поврежденные или                                                                 |

|                                      |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | чрезмерный износ элементов гидросистемы                         | изношенные элементы гидросистемы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Не достигается максимальное давление | Засорился предохранительный клапан или нарушилась его настройка | Проверить настройку клапана. Если это не даст эффекта, то заменить или отремонтировать клапан.<br>Затормозить установку при максимальном давлении, отсоединить сливной трубопровод предохранительного клапана и измерить количество вытекающего масла. Если оно невелико по сравнению с подачей насоса, то большие утечки в цилиндрах или самом насосе |
| Течь по валу                         | Повреждено уплотнение<br>Засорен или имеет вмятины трубопровод  | Заменить манжету<br>Заменить трубопровод                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с устройством и принципом действия центробежных насосов, изучить правила их технической эксплуатации.

**Материально-техническое обеспечение:** макеты центробежного насоса, плакаты, видеоматериалы.

**Содержание работы:** 1. Изучение и описание схем центробежных насосов.  
2. Изучение правил технической эксплуатации центробежных насосов и их основных неисправностей.  
3. Оформление отчета.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

#### Принцип действия и классификация центробежных насосов

В центробежном насосе (рис.1) повышение давления жидкости в колесе достигается в основном за счет действия центробежных сил. Насос имеет корпус 1 спиралевидной формы, называемый улиткой, и ротор, состоящий из рабочего колеса 2 с лопастями, называемого крылаткой. Рабочее колесо жестко насажено на вал 3. К корпусу примыкают два патрубка: всасывающий 4 и нагнетательный 5.

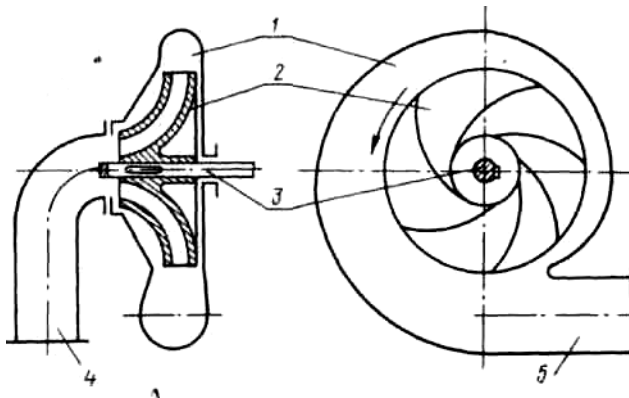


Рис.1. Схема центробежного насоса

При вращении рабочего колеса жидкости сообщается вращательное и радиально-поступательное движение от центра к периферии под действием центробежных сил. При этом в центре насоса образуется разрежение, обеспечивающее непрерывное поступление жидкости через всасывающий патрубок к центру насоса. Жидкость, пройдя по лопастям колеса, отбрасывается в направляющий аппарат, представляющий собой спиральный расширяющийся канал-диффузор. Здесь часть кинетической энергии, сообщенной жидкости в колесе, снижается и преобразуется в гидродинамическое давление. Под действием последнего жидкость через нагнетательный патрубок отводится в соответствующий трубопровод.

Изображенный на рис. 1 центробежный насос имеет одно рабочее колесо с односторонним входом жидкости. Применение нескольких рабочих колес в одном насосе позволяет значительно расширить область использования центробежных насосов и создает ряд конструктивных преимуществ. Центробежные насосы выполняют с различными вариантами соединения рабочих колес:

- с последовательным соединением рабочих колес (рис. 2,а). Такие насосы называют многоступенчатыми. Напор такого насоса равен сумме напоров отдельных колес (ступеней), а подача равна подаче одного колеса. Все колеса многоступенчатого насоса насажены на общий вал и образуют единый ротор.

- с параллельным соединением рабочих колес (рис.2, б). Такие насосы называют многопоточными. Напор такого насоса равен напору одного колеса, а подача равна сумме подач



отдельных колес. Многопоточные насосы применяют для перекачивания большого количества жидкости.

- с параллельно-последовательным соединением рабочих колес (рис.2, в). Такие насосы называют насосами смешанного типа.

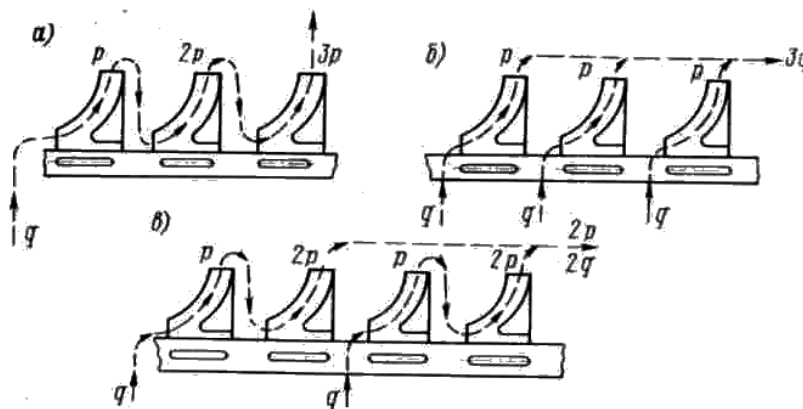


Рис. 2 Схемы соединения колес центробежных насосов:  
а – последовательное; б – параллельное; в – смешанное

У всех многоколесных насосов скорости жидкости меньше, чем у одноколесных насосов с одинаковыми параметрами, поэтому их КПД выше вследствие снижения гидравлических потерь.

Насосы центробежного типа применяют для перекачивания морской и пресной воды с температурой до 353 К (85° С) в различных судовых системах: противопожарной, балластной, осушительной, водоотливной, санитарной. Их используют в качестве охлаждающих в двигателях внутреннего сгорания.

Широкому распространению центробежных насосов на судах способствуют следующие их положительные качества: возможность непосредственного соединения с быстроходным двигателем (электродвигателем, турбиной); небольшие масса и габаритные размеры; простота конструкции, упрощающая обслуживание и ремонт насоса; быстрый пуск и простое регулирование во время работы; равномерная без пульсации подача жидкости; сравнительно малая чувствительность к загрязненной жидкости.

Существенным недостатком центробежного насоса является неспособность их к самовсасыванию или так называемому сухому всасыванию, когда в приемном трубопроводе находится воздух.

### Конструкции центробежных насосов

#### **Центробежный вертикальный несамовсасывающий насос.**

Центробежный насос состоит из рабочего колеса, помещенного внутри улиткообразного корпуса, подводящего и отводящего патрубков, вала, уплотнений и спускных отверстий, закрытых пробками. Некоторые центробежные насосы имеют дополнительное устройство, позволяющее приводить насос в действие без предварительного заливания жидкости.

На рисунке 3 представлен общий вид электронасоса типа НЦВ. Насосы этого типа широко применяются на судах в качестве пожарных.

Электронасос типа НЦВ состоит из электродвигателя постоянного или переменного тока 1, сварного фонаря 2 и опор для бокового, среднего или нижнего крепления. Гидравлическая часть состоит из корпуса 5, рабочего колеса 7, верхнего 6 и нижнего 10 уплотняющих колец, сальника с мягкой набивкой 4. В средней части сальника помещено резиновое кольцо гидравлического затвора, к которому подводится вода из напорной полости корпуса насоса по трубопроводу 14. Рабочее колесо 7 надето на удлиненный конец вала электродвигателя, закреплено шпонкой 15 и гайкой 8. Колесо разгружено от осевых усилий, так как отверстия в ступице выравнивают давление по обе стороны колеса.

Вал электронасоса вращается против часовой стрелки, если смотреть со стороны электропривода. Удлиненный конец вала защищен от износа съемной втулкой, закрепленной на валу шпонкой 15. Подвод воды к рабочему колесу – осевой снизу, отвод – боковой. К нижней

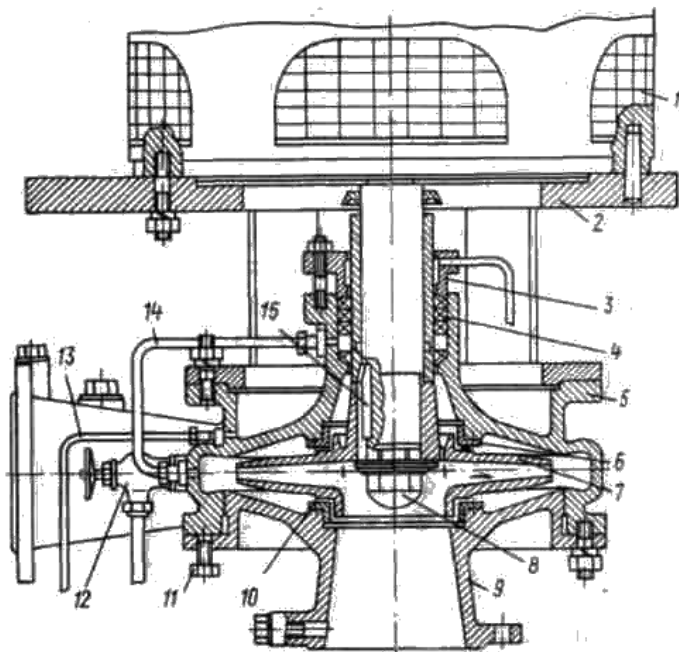


Рис. 3. Центробежный электронасос типа НЦВ

мановакуумметра.

Корпус, рабочее колесо, уплотнительные кольца и другие элементы гидравлической части насоса, омываемые забортной водой, изготовлены из коррозионностойкой бронзы.

На судах насосы устанавливаются ниже конструктивной ватерлинии КВЛ. Пуск осуществляется при закрытой задвижке на напорной магистрали. Ею же регулируется подача воды в магистраль во время работы насоса.

части корпуса насоса крепится всасывающий патрубок 9, снимаемый с помощью отжимных болтов 11, а к напорной полости в корпусе – напорный патрубок, имеющий форму расширяющегося конуса, что обеспечивает снижение скорости перекачиваемой воды.

Просачивающаяся через уплотнение воды отводится из фонаря дренажной трубкой 13. Фильтрация воды от 1 до 12 л/ч считается нормальной. При поступлении большого количества воды набивка поджимается с помощью нажимной крышки 3. Затяжку сальника следует производить только во время работы насоса.

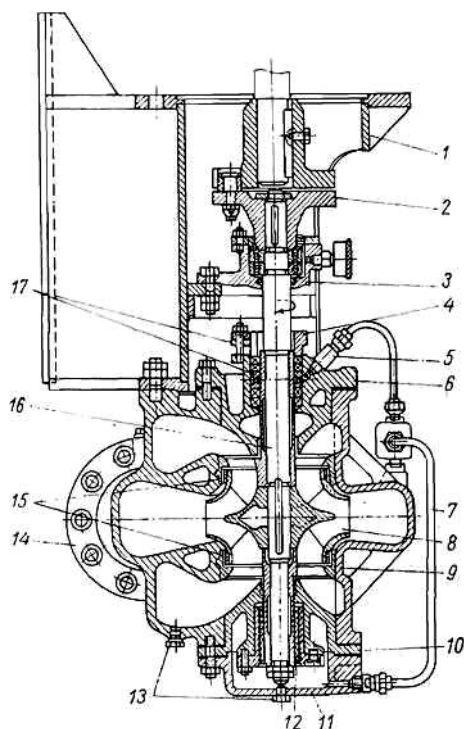
Чтобы избежать нагрева воды в напорной плоскости насоса, работающего длительное время при нулевом расходе, предусмотрен кран нулевого расхода 12 с трубкой для отвода воды в трюм или за борт в количестве до 1 м<sup>3</sup>/ч. На напорном и всасывающем патрубках имеются бобышки с резьбой для присоединения манометра и

### **Центробежный насос с двусторонним подводом жидкости.**

Для уравнивания осевых усилий применяются центробежные насосы с двусторонним подводом жидкости, вертикальный тип которого марки ЭЦН (электрический циркуляционный насос) изображен на рисунке 4.

Бронзовый корпус насоса, разъемный по оси, состоит из основного корпуса 9 и крышки 6. К основной части корпуса крепятся всасывающий (не попал в разрез) и нагнетательный 14 патрубки. Рабочее колесо 8 состоит из среднего диска с прилитыми к нему с двух сторон крайними дисками, между которыми расположены рабочие лопасти, обеспечивающие двусторонний подвод жидкости. У входных кромок лопастей с обеих сторон имеются защитные кольца 15.

Рабочее колесо с лопастями насажено на вал 16 из нержавеющей стали. Вал имеет две опоры. Верхняя опора 3 состоит из двух радиально-упорных шарикоподшипников, воспринимающих осевые и радиальные нагрузки. Подшипники смазывают консистентной смазкой с помощью колпачковой масленки. Нижняя опора представляет собой резиновый подшипник 12, корпус которого является нижней крышкой 10 корпуса насоса.



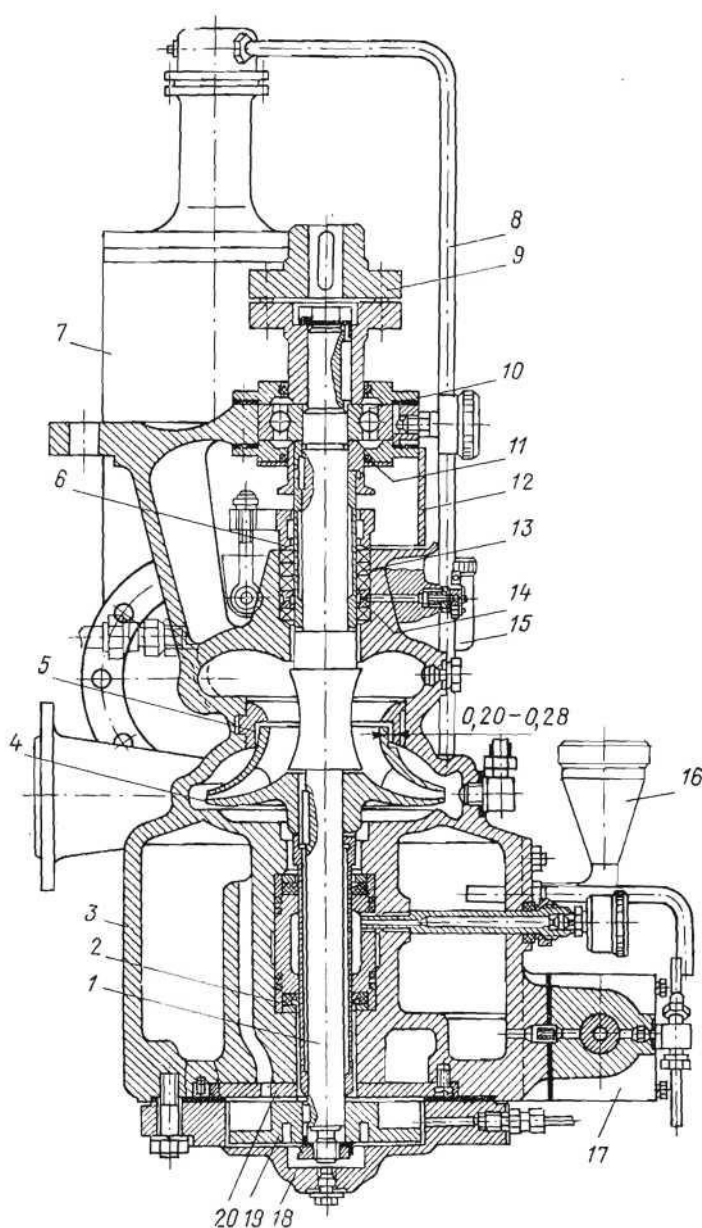
резиновый подшипник 12, корпус которого является нижней крышкой 10 корпуса насоса.

Подшипник закрывается крышкой, внутри которой образуется полость для подвода водяной смазки по трубе 7 из нагнетательной полости насоса. Верхняя крышка 6 одновременно служит корпусом сальника 17 с нажимной втулкой 4. Подводимая к сальнику по трубе 5 жидкость создает гидравлический затвор.

*Рис. 4. Центробежный вертикальный насос с двусторонним подводом жидкости*

Облицовку вала составляют две сменные защитные втулки: одна под сальником, другая под резиновым подшипником. Верхний конец вала насоса соединен упругой муфтой 2 с валом электродвигателя. Основной опорой всего насоса является сварной фонарь 7, выполненный из стальной трубы и обеспечивающий крепление и центровку валов. Спуск жидкости из насоса осуществляется через отверстия, закрываемые пробками 13. Ротор насоса вращается по часовой стрелке, если смотреть на насос со стороны электродвигателя.

В рассмотренном насосе производительность возрастает в два раза, так как два потока жидкости движутся по лопастям одновременно с обеих сторон диска колеса, т. е. при одноколесном исполнении он является двухпоточным.



### **Центробежный самовсасывающий насос.**

Основной недостаток центробежных насосов рассмотренных типов состоит в том, что они не обладают сухим всасыванием, т. е. не могут засосать воздух из всасывающей магистрали. Поэтому при первоначальном пуске их надо заполнять перекачиваемой жидкостью. Наличие жидкости в рабочей полости центробежного насоса может быть обеспечено путем его установки ниже уровня всасываемой жидкости, т. е. для работы с подпором. В некоторых случаях, например, для балластно-осушительных систем, работу с подпором обеспечить нельзя, поэтому насос должен быть самовсасывающим, т. е. осуществлять сухое всасывание.

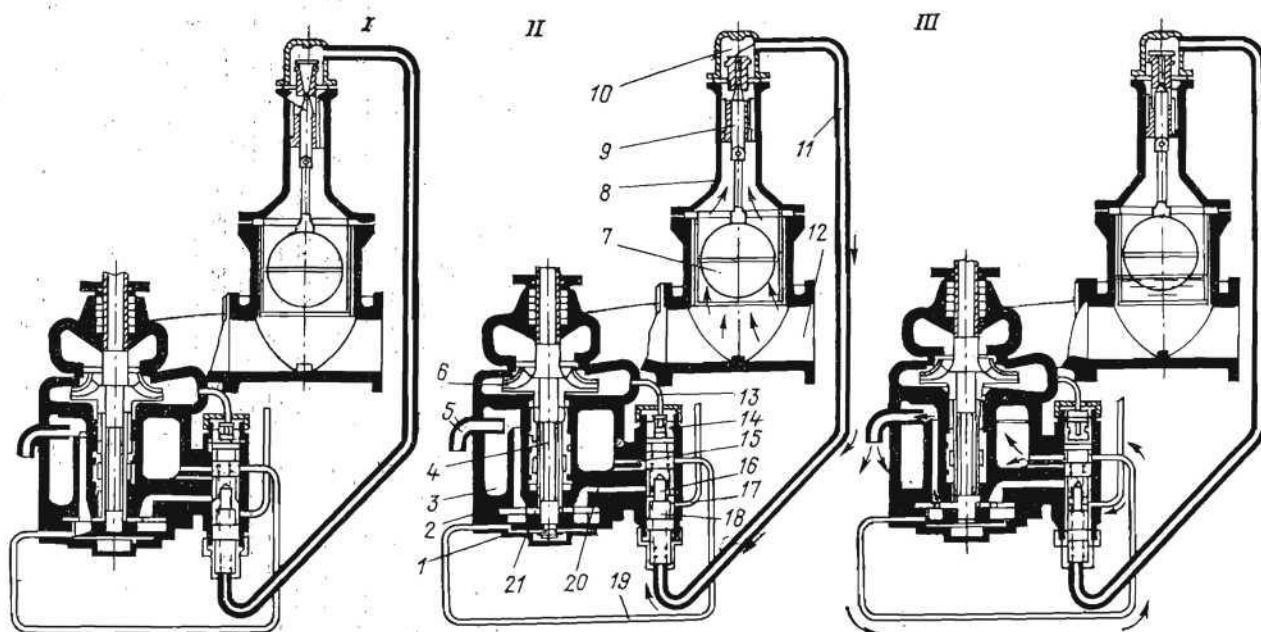
С этой целью насос кроме центробежного рабочего колеса снабжают колесом вакуумного насоса, насаженного на общий вал и обеспечивающего при запуске насоса отсос воздуха из всасывающей магистрали (рис. 5).

Корпус 3 насоса литой бронзовый, имеет вертикальный разъем. В корпусе размещены камера, резервуар для воды и крышка 18 вакуумного насоса. Ротор насоса состоит из стального вала 1 с

насаженными на нем центробежным колесом 4 и колесом 19 водокольцевого вакуумного насоса, отлитых из бронзы. Ротор опирается на два подшипника: верхний шарикоподшипник 10 и

нижний подшипник скольжения 2, получающих консистентную смазку из пресс-масленок. На стороне всасывания расположен уплотнительный набивочный сальник 13 с кольцами 14 гидравлического затвора и нажимной втулкой 6. У насоса установлено уплотнительное кольцо 5, у шарикоподшипника — войлочное кольцо 11 и защитный кожух 12.

Рис. 5



Корпус поплавкового устройства 7 соединен трубкой 8 отсоса воздуха с сетчатым фильтром 15 и золотниковым устройством 17. Камера вакуумного насоса отделена от резервуара разделительным диском 20 с серповидными окнами.

Для заливки камеры имеется воронка 16. Верхний конец вала насоса соединен с приводным валом электродвигателя кольцевой муфтой 9.

На рисунке 6 изображена схема работы насоса с самовсасывающим устройством в трех положениях. Самовсасывающее устройство состоит из водокольцевого вакуумного насоса 1, золотникового устройства 18 и поплавкового устройства 8, установленного у всасывающего патрубка 12.

Рис. 6. Схема работы самовсасывающего центробежного насоса НЦВС: I — агрегат не включен; II — агрегат включен, центробежный насос работает вхолостую, вакуумный насос откачивает воздух; III — агрегат включен; центробежный насос работает на воде, вакуумный насос — вхолостую

Резервуар 3, заполненный рабочей водой, сообщается с камерой 2 вакуумного насоса через серповидные окна разделительного диска 21.

Поплавковое устройство соединяется с золотниковой воздушной трубкой 11 и состоит из поплавка 7, скрепленного с запорной иглой 9, которая перекрывает отверстие канала, с другой стороны закрываемого невозвратным клапаном 10. В теле распределительного золотника имеются каналы, которые могут соединяться со сверлениями 15 и 20 с одной стороны и

трубками 13, 17 и 19 — с другой стороны.

Золотник 16 нагружен пружиной и имеет сильфон 14 с уплотнением. Всасывающая полость вакуумного насоса соединена с трубкой 19 рециркуляционной линии. Уровень рабочей жидкости в резервуаре вакуумного насоса обеспечивается сливной трубкой 5.

Действие самовсасывающего устройства состоит в следующем. При вращении колеса вакуумного насоса 1, сидящего на валу 4, вода, находящаяся в его камере, отбрасывается к стенкам и образует вращающееся водяное кольцо. В результате создаваемого разрежения в межлопастном пространстве колеса вакуумного насоса воздух из всасывающего патрубка 12 проходит через сетчатый фильтр в поплавковом устройстве 8, через открытое отверстие иглы 9 и клапан 10 по трубке 11 и золотник 16 в камеру вакуумного насоса 1 (положение 11 на рис. 6).

Засосанный воздух, вращаясь в межлопастном пространстве вакуумного насоса, сжимается и выталкивается через серповидные окна разделительного диска 21 в резервуар 3 с водой. В резервуаре воздух отделяется от воды и через сверление 15, золотник и воздушную трубку 17 отводится в атмосферу. Отсос воздуха из всасывающей магистрали центробежного насоса будет происходить до тех пор, пока вода, не заполнит патрубок 12, рабочую полость колеса 6 центробежного насоса и поплавковую камеру устройства 8.

Центробежный насос начнет перекачивать жидкость, поплавок 7 всплывет, переместит игольчатый клапан 9 и перекроет отверстие, соединяющееся с трубкой 11. Это предотвратит попадание загрязненной воды в вакуумный насос.

Одновременно вода под давлением из рабочей камеры центробежного насоса через трубку 13 надавит на сильфон 14, переместит вниз распределительный золотник 16, сжимая пружину. При этом перекроется линия рециркуляции, т. е. трубка 19 не будет сообщать камеру вакуумного насоса с резервуаром, и колесо вакуумного насоса будет работать вхолостую (положение III на рис. 6), так как его рабочая камера сообщается с атмосферой через трубку 17 и он будет работать на воздухе.

Если при установившемся режиме работы центробежного насоса вакуум во всасывающей магистрали упадет и насос перестанет качать жидкость, то самовсасывающее устройство сработает автоматически.

Восстановление нормального режима работы происходит в результате того, что давление из трубки 13 на сильфон резко снизится, пружина переместит золотник 16 вверх, разобщит вакуумный насос с атмосферой и сообщит его с поплавковым устройством. Иными словами, он снова начнет работать в режиме положения II с последующим переходом в положение III после создания необходимого вакуума для всасывания жидкости центробежным насосом.

### **Кавитация**

При работе центробежных насосов может возникнуть явление, называемое кавитацией. Оно наблюдается в случае, когда давление жидкости во всасывающей полости насоса снижается настолько, что становится меньше давления вскипания перекачиваемой жидкости при данной

температуре. Пузыри парогазовоздушной смеси попадают вместе с потоком жидкости в область высоких давлений нагнетания, где происходит мгновенная конденсация паров. Окружающая жидкость устремляется в образовавшиеся пустоты, вызывая гидравлические удары, шум, вибрацию, снижение производительности и КПД насоса. Капельки жидкости, ударяясь о металлические поверхности рабочих дисков, лопастей и корпуса насоса приводят к эрозии материала, т.е. к его механическому разрушению. Одновременно возникает и кавитационная коррозия вследствие образования микроскопических трещин, в которые проникают выделившиеся из жидкости пузырьки воздуха и газов. Таким образом, кавитационный износ является результатом совместного действия эрозии и коррозии.

Возникновению кавитации способствует наличие острых кромок, шероховатости стенок, резких поворотов и других мест с повышенными гидравлическими сопротивлениями.

Кавитация может быть местной и общей. Местная кавитация возникает только на границах потока с незначительным распространением в глубину. При этом разрыва всего потока не происходит, хотя производительность насоса и снижается. При общей кавитации образовавшиеся завихрения полностью заполняют все сечения потока. Происходит разрыв потока, прекращение всасывания.

Для предотвращения кавитации, прежде всего, должно выполняться основное условие всасывания: при входе на колесо давление должно быть больше давления насыщенных паров перекачиваемой жидкости. Кавитацию можно предотвратить следующими способами: понижением высоты всасывания; уменьшением температуры перекачиваемой жидкости; устранением подсоса воздуха при всасывании; снижением числа и величины гидравлических сопротивлений на всасывании; снижением быстроходности насоса; уменьшением шероховатости обработки поверхностей насоса, соприкасающихся с потоком жидкости, и устранением резких переходов и острых углов на пути потока.

Кавитационному разрушению особенно подвержены чугун и углеродистая сталь. Более стойкими являются оловянистые бронзы и нержавеющие стали. Повышение кавитационной стойкости достигается облицовкой поверхностей насоса пластмассами и поверхностным уплотнением металла.

## **Основы эксплуатации центробежных насосов**

### ***Общие указания.***

При эксплуатации, как центробежных насосов, так и насосов других типов следует руководствоваться некоторыми общими положениями, связанными с их обслуживанием.

При подготовке насоса к пуску необходимо:

- осмотреть снаружи насосный агрегат, убрать посторонние предметы, оставленные на нем (инструмент, обтирочный материал и т.п.), проверить крепеж и подсоединение трубопроводов;
- убедиться в исправности контрольно-измерительных приборов и проверить состояние сальников и при необходимости поджать их, а при износе набивки заменить ее;
- убедиться в исправности смазочных устройств и наличии смазки в достаточном количестве;
- после длительного бездействия рекомендуется провернуть вручную вал насоса не менее чем на 1,5-2 оборота и убедиться в отсутствии заеданий;
- открыть клапан (задвижку) на всасывании насоса;

- залить всасывающую магистраль и корпус насоса жидкостью (если нужно);
- подготовить к пуску электродвигатель.

Убедившись в том, что насос исправен и пуску его ничего не препятствует, запускают электродвигатель согласно инструкции по его обслуживанию.

Центробежные насосы пускают при закрытой напорной задвижке, а после запуска насоса задвижку постепенно открывают. Допускать длительную работу насоса при закрытой задвижке не следует, так как при этом вся мощность двигателя расходуется на нагрев воды, что может привести к значительному нагреву его деталей и даже вызвать заклинивание движущихся частей насоса.

Первичный пуск насоса после ремонта выполняют с особой осторожностью.

При обслуживании насоса во время работы необходимо наблюдать за: показаниями контрольно-измерительных приборов; работой смазочной системы и при необходимости пополнять запас смазки; работой сальников, через которые должна просачиваться вода редкими каплями; температурой подшипников и сальников.

Кроме того, нужно стремиться к тому, чтобы насос по возможности работал в оптимальном режиме.

Если возможны серьезные дефекты (недопустимый нагрев подшипников, ненормальные звуки в насосе или двигателе, самопроизвольное изменение режима работы насоса, вибрация и т.д.), насос следует остановить и устранить причины неисправности.

Для вывода насоса из действия нужно остановить электродвигатель и закрыть задвижки (клапаны) на напорном и всасывающем трубопроводах, а также краны к манометру и вакуумметру. Насос и электродвигатель следует содержать в чистоте.

При эксплуатации насоса наибольшего внимания требуют сальники. Их нужно затягивать так, чтобы обеспечивалось равномерное давление на набивку, и не было перекоса нажимного устройства. Последнее достигается равномерным подтягиванием гаек отдельных шпилек.

Правильность обслуживания насосов во время их работы во многом зависит от правильности показаний контрольно-измерительных приборов (манометра, вакуумметра и др.), которые нужно периодически проверять путем подключения контрольных манометра и вакуумметра. Если насос или система имеет штатные термометры, то их следует проверять по контрольному термометру. Приборы для измерения давления (разрежения) и температуры с разбитым стеклом к применению не допускаются.

Если стрелка манометра или вакуумметра не устанавливается в нулевое положение, необходимо прочистить каналы крана и продуть подводящую трубку. Если эти меры окажутся неэффективными, прибор заменяют.

Наиболее часто встречающиеся неисправности при работе центробежных насосов рассмотрены в таблице 1.

#### ***Обслуживание самовсасывающих насосов.***

Центробежные насосы типа НЦВС являются типовыми самовсасывающими насосами, поэтому рассмотрим обслуживание насосов именно этой группы.

Перед пуском электронасоса в действие проводят наружный осмотр его с целью проверки исправности. При необходимости подтягивают крепежные болты. Проверяют затяжку уплотнительной набивки сальника. Фланец нажимной втулки сальника должен иметь зазор с корпусом насоса. Добавляют в случае необходимости консистентную смазку в подшипники.

Резервуар самовсасывающего устройства заполняют чистой пресной водой (через воронку) до появления воды из сливной трубки. Открывают задвижку на всасывающей линии насоса. На напорной линии задвижка должна быть закрыта. Ставят в нужное положение трехходовой кран согласно принятой схеме охлаждения и уплотнения сальника. Для запуска насоса включают электродвигатель. Ведут наблюдение за приборами контроля на всасывании и нагнетании насоса, а также за интенсивностью работы вакуум-насоса.

При нормальной работе насоса во время пуска происходит выбрасывание из сливной трубки резервуара водовоздушной смеси, после чего должно наступить заполнение рабочего колеса центробежного насоса и повышение давления воды в напорном

патрубке. При установившемся давлении открывают задвижку на напорной магистрали и устанавливают необходимый режим работы насоса.

В случае срыва вакуума на всасывании во время первого пуска необходимо закрыть задвижку на напорной магистрали и повторить пуск насоса для получения удовлетворительных результатов. Для обеспечения нормального автоматического срабатывания самовсасывающего устройства на напорной трубе устанавливают обратный клапан.

При систематических срывах вакуума следует выявить и устранить причины ненормальной работы. При исправности всех узлов насосы постоянного наблюдения не требуют, так как при кратковременных срывах вакуума на всасывании самовсасывающее устройство обеспечивает восстановления нормального режима работы насоса автоматически. Продолжительность непрерывной работы самовсасывающего устройства при охлаждении сальника напорной магистрали не должна превышать 5 мин. В процессе работы насоса наблюдают за показаниями манометра и мановакуумметра, при этом колебание стрелок должно быть плавным (без бросков). Утечки через уплотнительный сальник не должны превышать 30-40 капель в минуту.

Для остановки насоса выключают электродвигатель, затем закрывают задвижки на всасывающей и напорной магистралях. Если насос останавливают на длительное время, то следует осушить вакуум-насос.

#### ***Обслуживание несамовсасывающих насосов.***

Моноблочные электронасосы типа НЦВ просты по конструкции, обслуживать их нетрудно.

Перед пуском насоса проверяют состояние крепления агрегата к фундаменту и трубопроводам и в случае необходимости подтягивают крепежные болты.

Заливают насос водой через открытую задвижку на всасывающей магистрали (в случае расположения насоса ниже ватерлинии) или от специального трубопровода, предусмотренного для этой цели. Заполнять трубопровод надо медленно, чтобы воздух успел выйти из корпуса через воздушный кран (пробку). Задвижка на напорной магистрали должна быть закрыта.

После того, как из воздушного крана покажется вода, его закрывают. Следует иметь в виду, что иногда при очень быстрой заливке водой, подаваемой под значительным давлением, не успевший выйти через кран воздух может оказаться сжатым, в особенности при длинном трубопроводе. Таким образом, несмотря на то, что вода из воздушного крана может и появиться, насос окажется незалитым.

На многих морских судах установлены автоматизированные вакуумные установки для централизованной заливки несамовсасывающих центробежных насосов. При таких установках повышается надежность и упрощается обслуживание насосов.

Убедившись в том, что насос исправен и залит водой, включают электродвигатель. Постепенно открывают напорную задвижку и устанавливают по манометру рабочее давление.

Во время работы насоса проверяют показания манометра и мановакуумметра, а также наблюдают за работой сальника. При большом пропуске воды сальник подтягивают (на работающем насосе). Для остановки насоса выключают электродвигатель, а затем закрывают задвижки на напорной и всасывающей магистралях. Аналогично обслуживают несамовсасывающие центробежные электронасосы других типов.

Встречаются центробежные насосы, у которых при уменьшении подачи растет потребляемая мощность. Такие насосы запускают при открытой напорной задвижке, что оговаривается в заводской инструкции.

Иногда по трубке, подводящей воду к гидрозатвору сальника, устанавливают клапан, который при подготовке насоса к пуску необходимо открыть.

Таблица 1

### **Неисправности поршневых насосов и способы их устранения**



| Неисправность                           | Причина неисправностей                                                                                                                                                    | Способ устранения                                                                                                 |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                       | 2                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                 |
| Потребляемая насосом мощность чрезмерна | Пуск при открытом напорном клапане                                                                                                                                        | Пустить насос при закрытом клапане и постепенно открывать его по достижении нормальной частоты вращения           |
|                                         | Не уравновешено осевое давление                                                                                                                                           | Уравновесить давление путем правильной установки упорных устройств и отрегулировать осевые зазоры                 |
|                                         | Загрязнение проточной части насоса                                                                                                                                        | Прочистить и промыть проточную часть                                                                              |
|                                         | Перекачивание жидкости с повышенной вязкостью                                                                                                                             | Уменьшить вязкость жидкости путем подогрева или снизить частоту вращения, прикрыть всасывающий клапан             |
|                                         | Механические повреждения, чрезмерная затяжка сальников, отсутствие смазки в подшипниках                                                                                   | Устранить механические дефекты, подать смазку в подшипники, ослабить сальники                                     |
| Подача жидкости насосом не производится | Насос установлен на большой высоте или всасывающий трубопровод имеет большое гидравлическое сопротивление                                                                 | Уменьшить геометрическую высоту всасывания, спрямить всасывающий трубопровод, снять лишние колена, клапаны, сетки |
|                                         | Всасывающий трубопровод и камеры насоса, а у самовсасывающего насоса камера вакуумного насоса недостаточно залиты, приемные клапаны или клинкеты закрыты или недостаточно | Залить трубопровод и камеры жидкостью, полностью открыть всасывающие клапаны                                      |

|                                         |                                                                                            |                                                                                         |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | открыты                                                                                    |                                                                                         |
|                                         | Рабочая характеристика насоса не соответствует характеристике нагнетательного трубопровода | Изменить частоту вращения насоса, уменьшить гидравлические сопротивления в трубопроводе |
|                                         | Высокая температура перекачиваемой жидкости и неплотности во всасывающей линии             | Снизить температуру перекачиваемой жидкости и уплотнить сторону всасывания              |
|                                         | Неправильное направление вращения насоса, недостаточная частота вращения                   | Изменить направление вращения двигателя, увеличить частоту его вращения                 |
| Недостаточная производительность насоса | Всасывающая сетка, фильтр или кингстон засорены, приемный клапан неисправен                | Продуть и прочистить сетку, фильтр или кингстон, перебрать приемный клапан              |
|                                         | Неплотности во всасывающем трубопроводе                                                    | Устранить подсос воздуха в соединениях и сальниках                                      |
|                                         | Загрязнение проточной части насоса или трубопровода                                        | Прочистить насос или трубопровод                                                        |
|                                         | Недостаточная частота вращения насоса                                                      | Повысить частоту вращения двигателя                                                     |
|                                         | Неправильный подбор диаметров всасывающего и нагнетательного трубопроводов                 | Сменить трубы                                                                           |
|                                         | Износ лопастей рабочего колеса и направляющего аппарата                                    | Отремонтировать насос, заменив изношенные детали                                        |
| Снижение напора                         | Попадание воздуха в перекачиваемую жидкость                                                | Проверить всасывающую систему, устранить подсос                                         |

|                                 |                                                   |                                                                                                                    |
|---------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                   | воздуха                                                                                                            |
|                                 | Износ рабочих поверхностей колес                  | Заменить рабочее колесо, восстановить зазоры                                                                       |
|                                 | Засорение или сдвиг рабочего колеса               | Разобрать насос, очистить корпус и крылатку                                                                        |
| Перегрузка приводного двигателя | Большой разбег вала, трение колес о корпус насоса | Заменить подшипники, восстановить разбег вала, устранить трение колеса о корпус                                    |
| Повышенная вибрация             | Частичное загрязнение проточной части             | Очистить проточную часть                                                                                           |
|                                 | Кавитация                                         | Уменьшить частоту вращения вала, уменьшить сопротивление во всасывающем трубопроводе, снизить температуру жидкости |

## Практическая работа № 6

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСЕВЫХ И ВИХРЕВЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации осевых и вихревых насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, макеты, схемы насосов, видеоматериалы по принципу работы насосов.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем насосов:

- а) схемы осевых насосов;
- б) схемы вихревых насосов;

2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей осевых и вихревых насосов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

### Осевые насосы

Осевые насосы относятся к группе лопастных, их также называют пропеллерными. Они имеют осевые вход и выход жидкости и перемещают ее вдоль оси. В осевых насосах давление повышается за счет передачи лопастями колеса вращающегося момента двигателя. Жидкость при этом движется по винтовой поверхности. Такие насосы широко применяются в случаях, когда необходимо большую подачу при сравнительно малом напоре. Габаритные размеры осевых насосов меньше размеров центробежных насосов при одинаковой подаче (особенно у насосов с большой подачей). Осевые насосы имеют одностороннее всасывание и выполняются одноступенчатыми (с одним рабочим колесом). Осевые насосы выполняют горизонтальными и вертикальными. По способу закрепления лопастей рабочего колеса на втулке различают насосы жестколопастные и поворотн-лопастные. У первого типа насосов лопасти жестко закреплены на втулке, а у второго – могут поворачиваться. Благодаря повороту лопастей изменяется угол их установки и существенно расширяется область работы насоса. Однако наличие устройства для поворота лопастей сильно усложняет конструкцию насоса.

На судах осевые насосы (рис.1) применяют в качестве водоотливных и циркуляционных. Осевые насосы не способны к сухому всасыванию и имеют малую допустимую вакуумметрическую высоту всасывания, и их всасывающая способность настолько мала, что при установке этих насосов всасывание обычно обеспечивают подпором. Для обеспечения бескавитационной работы эти насосы размещают ниже свободного уровня жидкости.

Пропеллер (рабочее колесо) 7 установлен в составной цилиндрической трубе, представляющей собой корпус насоса. В нижней приемной части 8 корпуса расположены направляющие ребра и аварийный патрубок 1, служащий для откачивания воды. В средней части корпуса находится внутреннее защитное кольцо 6. Верхняя напорная часть 3 корпуса выполнена разъемной в плоскости вала. Вал насоса вращается в двух подшипниках скольжения 2 с резиновыми вкладышами, смачиваемыми перекачиваемой водой. Вал насоса изолирован от перекачиваемой жидкости обтекателем 4. Рабочее колесо 7 насажено на вал консольно. В подшипниках и сальниках на вал для большей долговечности насажены бронзовые втулки. Осевое усилие в насосе

воспринимается упорным подшипником трубопровода.

По выходе с рабочего колеса вода попадает на лопасти разъемного направляющего аппарата 5, где вследствие снижения скорости динамический напор преобразуется в статический.

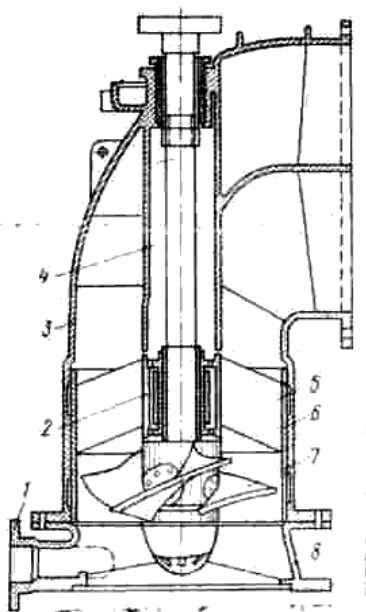


Рис. 1. Схема осевого насоса

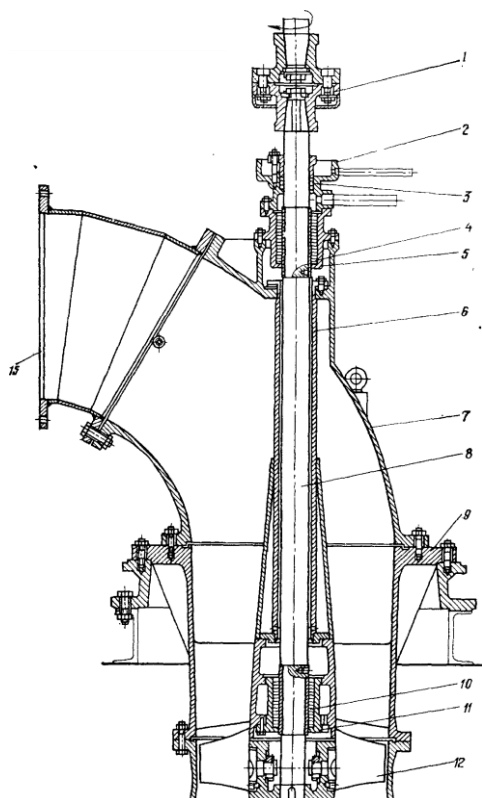


Рис. 2. Вертикальный осевой насос

При увеличении частоты вращения свыше 1000-1500 об/мин насосы начинают кавитировать. Напоры, создаваемые осевыми насосами, обычно не превышают 18-30 м вод.ст., что ограничивает их применение для работы на сеть трубопроводов. Однако осевые насосы создают установившееся равномерное движение потока жидкости с производительностью 10000 м<sup>3</sup>/ч.

Осевые насосы выполняются вертикальными и горизонтальными. На рисунке 2 показан вертикальный осевой насос. Он состоит из обтекателя 14, насаженного на вал 8, и входного патрубка 13, внутри которого установлено рабочее колесо 12. В пределах корпуса вал имеет 2 опоры 11 и 5 с лигнофолевыми (или резиновыми) вкладышами 4 и 10. Нижняя опора 11 смазывается перекачиваемой жидкостью, верхняя 5 — жидкостью, подаваемой специальным насосом. Верхняя часть вала находится в защитной трубе 6. Сальник 2 снабжен мягкой набивкой 3. Из рабочего колеса поток поступает в выправляющий аппарат 9, а затем в отводы 7 и 15. В рассматриваемой конструкции предусмотрен вал, состоящий из основного 8 в пределах насоса и промежуточного, который соединяется с валом электродвигателя. В свою очередь основной вал соединяется с промежуточным жесткой муфтой 1. Промежуточный вал имеет опору с радиально-упорным подшипником, воспринимающим массу ротора и осевую силу. Такие насосы целесообразно использовать для откачивания водяного балласта у плавучих доков.

Осевой насос горизонтального исполнения (рис. 3) устанавливается на ледоколах в качестве балластного и имеет подачу 1900 м<sup>3</sup>/ч при напоре 5 м и частоте вращения 980 об/мин. Корпус насоса состоит из трех частей: собственно корпуса 5, входного патрубка 4 и отвода (колена) 8. Вал 1 опирается на опорный резиновый подшипник 7 и опорно-упорный шариковый подшипник 5. Резиновый подшипник расположен внутри корпуса и омывается водой, подаваемой специальным небольшим насосом. Шариковый подшипник опирается на кронштейн 11, который крепится к колену корпуса. Рабочее колесо расположено на валу консольно. Оно состоит из ступицы 3 и закрепленных на ней четырех лопастей 6 симметричного профиля. Изменяя направление вращения вала насоса, можно менять направление движения жидкости. Рабочее колесо сидит на валу на шпонке и удерживается от осевого смещения гайкой 2. Вал насоса соединяется с валом электродвигателя (не показан) с помощью эластичной муфты 10.

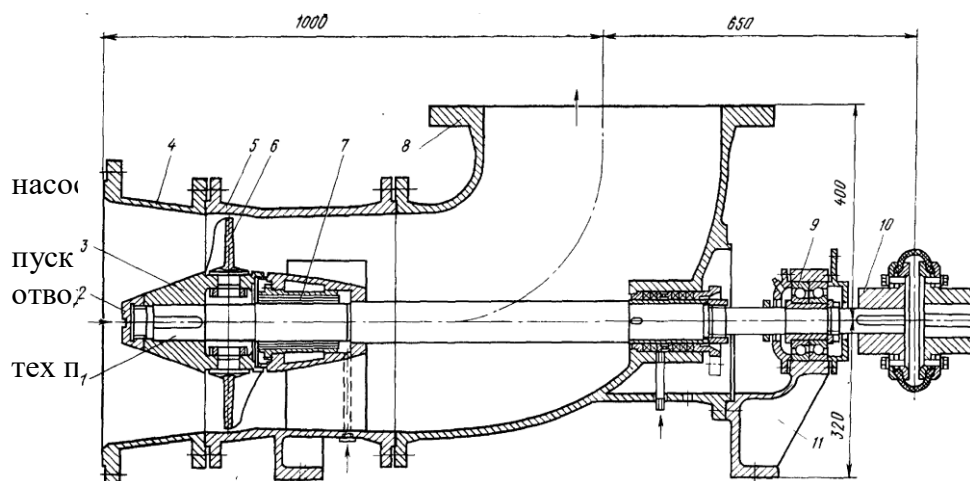


Рис. 3. Горизонтальный осевой насос

мере относятся и к осевым двигателям, осевого насоса адвигках на подводящем и тся к изменению подачи в

Регулировать подачу можно двумя способами: изменением частоты вращения вала насоса; изменением угла установки лопастей рабочего колеса.

Для регулирования подачи по первому способу необходимо иметь двигатель с переменной частотой вращения (паровая или газовая турбина, электродвигатель постоянного тока или гидромурфта для электродвигателя переменного тока).

Для регулирования подачи изменением угла установки лопасти необходимо иметь рабочее колесо с поворотными лопастями и специальный механизм для их поворачивания.

Регулирование подачи таким способом состоит в том, что при  $n = \text{const}$  путем изменения угла установки лопасти изменяется угол набегания потока, что вызывает изменение подачи  $Q$ .

При регулировании режима работы осевого насоса путем поворота лопастей рабочего колеса с изменением подачи можно поддерживать неизменный напор, что нельзя сделать при регулировании изменением частоты вращения вала.

Указанное обстоятельство наряду с экономической равноценностью рассмотренных способов регулирования является причиной широкого распространения в стационарной практике второго способа регулирования.

### Вихревые насосы

При малой подаче и большом напоре применяют вихревые насосы. В этих насосах жидкость перемещается по периферии рабочего колеса в тангенциальном направлении.

По простоте конструкции, стоимости изготовления, габаритам и массе вихревые насосы имеют неоспоримые преимущества не только перед поршневыми насосами, но и перед центробежными. Подача современных вихревых насосов составляет  $0,15-100 \text{ м}^3/\text{ч}$ , но наиболее рациональна с точки зрения экономичности подача  $0,4-35 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Развиваемый насосом напор может достигать  $5,5 \text{ МПа}$ ; наиболее применим напор до  $2 \text{ МПа}$ . На судах эти насосы используются в качестве питательных для вспомогательных и утилизационных парогенераторов, а также вакуум-насосов (самовсасывание при  $0,04-0,06 \text{ МПа}$ ).

На рисунке 4 показана схема устройства вихревого насоса.

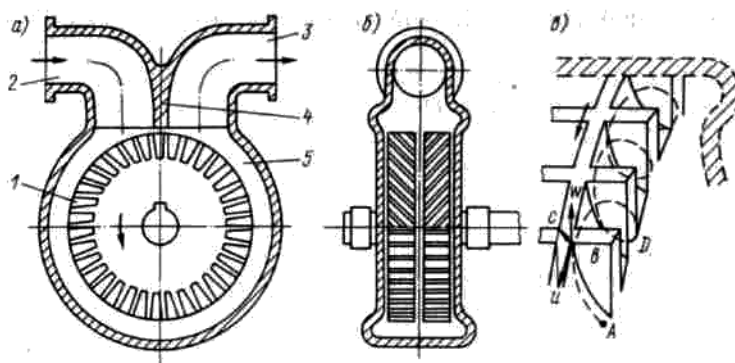


Рис. 4. Схемы устройства вихревого насоса и движение жидкости в нем

В отличие от центробежного в вихревом насосе лопастное колесо представляет собой диск с лопастями на периферии, которые выполнены фрезерованием или литьём. Лопасты направлены вдоль радиуса (рис.4, а) параллельно оси колеса (на нижней полуокружности) или наклонно к оси (на верхней полуокружности). Они создают канал на всю ширину колеса (рис.4, б) или при наличии средней перегородки – двусторонний канал (рис.4, в). При вращении лопастного колеса 1 против часовой стрелки, жидкость поступает во всасывающий патрубок 2 и затем по кольцевому каналу 5 к нагнетательному патрубку 3.

Действие лопастного колеса заключается в том, что межлопастные каналы многократно сообщают импульсы энергии одной и той же частичке жидкости на пути ее перемещения от всасывающего патрубка к нагнетательному. Вихревой насос представляет собой как бы многоступенчатый центробежный насос, так как частички жидкости при движении от

всасывающего патрубка к нагнетательному рециркулируют, много раз попадая из кольцевой полости в межлопастное пространство и вновь в кольцевую полость, в результате чего увеличивается напор перекачиваемой жидкости.

Центробежная сила действует на жидкость, частицы которой переходят из положения А в положения В и D и выбрасываются в кольцевую полость корпуса (см. рис.4, в). Частицы жидкости вместе с колесом участвуют в окружном движении по направлению вращения колеса, относительном движении вдоль поверхности межлопастного пространства и абсолютном движении. Результирующая скорость частичек жидкости определяется направлением абсолютной скорости  $c$ , полученной геометрическим сложением относительной  $w$  и окружной  $u$  скоростей. В результате жидкость движется по спирали. Кольцевая полость вокруг лопастей в вихревом насосе прерывается перегородкой 4, в которой лопасти проходят с минимальным зазором, что обеспечивает равномерный напор, развиваемый насосом.

На рис. 5 показан вихревой насос типа ВК. Он состоит из корпуса 6 и крышки 7, в которых вращается рабочее колесо 1, консольно насаженное на вал 3. Корпус крепится к опорному кронштейну 4. В насосе применен сальник 5 с мягкой набивкой. Шариковые подшипники смазываются машинным маслом, которое заливается в кронштейн.

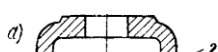


Рис. 5. Вихревой насос типа ВК

Вал насоса соединяется с валом электродвигателя при помощи эластичной муфты (не показана). В тех случаях, когда от насоса требуется самовсасывание, он снабжается колпаком 2, благодаря которому в нагнетательной камере насоса при пуске воздух отделяется от воды. По стенкам колпака вода стекает в насос, а воздух уходит в трубопровод, в результате чего во всасывающей полости насоса и во всасывающем трубопроводе создается требуемое разрежение, способствующее заполнению трубопровода перекачиваемой водой.

Основными недостатками вихревых насосов являются их относительно низкий КПД, равный обычно 30-40 % (редко 50 %), и небольшая по сравнению с центробежными насосами высота всасывания. Последний объясняется тормозящим действием вихревых токов жидкости, создаваемых вращающимся колесом в районе всасывания, в связи с чем требуется повысить давление жидкости при ее входе во всасывающий патрубок насоса. Целесообразно соединить вихревой насос с центробежным, располагая их лопастные колеса на общем валу, что в значительной степени уменьшает недостатки из этих насосов.

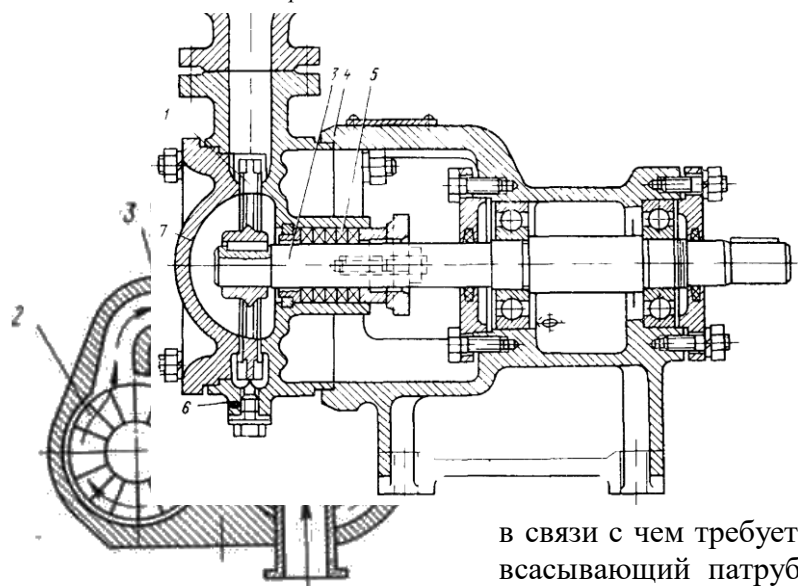


Рис. 6. Схема центробежно-вихревого насоса

1 – центробежное колесо; 2 – вихревое колесо; 3 – соединительный канал

Центробежно-вихревой насос (рис. 6) обеспечивает отсасывание воздуха и подъем жидкости для работы центробежного насоса. Кроме того, на установившемся режиме работы благодаря особенностям центробежного насоса улучшается всасывание и повышается КПД установки.

Одна из конструкций центробежно-вихревого насоса (рис. 7) состоит из двух последовательно включенных колес — центробежного 6 и вихревого 5, насаженных на общий вал 1. Жидкость подводится к центробежному колесу, как указано стрелкой, по каналу в корпусе 3. Поток жидкости выбрасывается центробежным колесом в специальный отвод и поступает далее по каналу корпуса во входное отверстие вихревого колеса. Последнее подает жидкость через канал а в нагнетательный трубопровод. Опорой вала со стороны приводного двигателя являются два

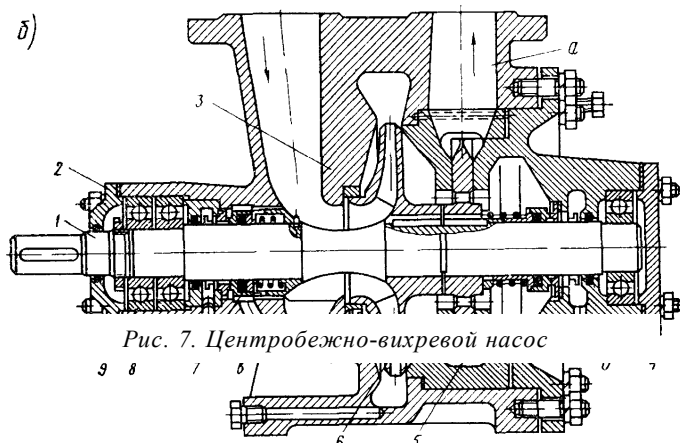


Рис. 7. Центробежно-вихревой насос

однорядных шарикоподшипника 9, воспринимающие также осевую нагрузку. Эти подшипники монтируются в приливе 8 и фиксируются в осевом направлении крышкой 2. Другой конец вала поддерживается шарикоподшипником, установленным в крышке 4 корпуса. Смазка подшипников консистентная, удерживаемая от растекания по валу войлочными кольцами. Уплотнение вала со стороны двигателя достигается резиновым кольцом 7 и системой прижимных втулок и пружины. Кроме того, в полость уплотнения по каналу 6 подводится вода под давлением от центробежного колеса. Таким образом, обеспечивается водяное уплотнение. Аналогично выполнено уплотнение вала на стороне

вихревого колеса. Жидкость, проникающая сквозь уплотнения, отводится через отверстие б в трюм или в сливной трубопровод.

### Техническая эксплуатация вихревых насосов

Перед пуском необходимо:

- осмотреть насос;
- проверить наличие масла в кронштейне;
- провернуть агрегат вручную на 1,5—2 оборота и убедиться в отсутствии задевания ротора;
- открыть клапаны на всасывающем и напорном трубопроводах;
- залить водой насос и всасывающий трубопровод.

При наличии у насоса колпака заливки всасывающего трубопровода не требуется, однако корпус насоса должен быть залит жидкостью. Только после этого насос начнет засасывать воздух, а затем и жидкость. Пуск вихревого насоса без жидкости даже на короткое время запрещается. Подготовив насос, пускают в действие электродвигатель, предварительно выполнив все подготовительные операции.

Во время работы насоса не должно наблюдаться вибраций и сотрясений. Наличие этих явлений указывает на плохую центровку насоса с электродвигателем. Необходимо следить за показаниями контрольно-измерительных приборов, за работой сальника и температурой подшипников. Подачу вихревых насосов необходимо регулировать с помощью предохранительно-перепускного клапана, так как у вихревых насосов при уменьшении подачи резко возрастают напор и потребляемая мощность, что может привести к перегрузке двигателя или разрыву трубопровода. Во время работы насоса необходимо внимательно следить за работой предохранительно-перепускного клапана, который устанавливают на нагнетательном трубопроводе. Не реже одного раза в месяц проверять подрыв клапана.



Для остановки насоса следует остановить электродвигатель, а затем закрыть клапаны на напорном и всасывающем трубопроводах. Вихревой электронасос, работающий на пневмоцистерну, включается и выключается автоматически при помощи реле.

Пуск, обслуживание во время работы и остановку центробежно-вихревых насосов производят в основном так же, как и вихревых насосов.

Наиболее часто встречающиеся неполадки в работе вихревых насосов, причины их возникновения и способы устранения помещены в таблице 1.

Таблица 1

Неисправности вихревых насосов, причины и способы их устранения

| <i>Неисправности</i>                             | <i>Причины неисправностей</i>                                       | <i>Способы устранения</i>                                                                                                         |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                | 2                                                                   | 3                                                                                                                                 |
| Насос не засасывает жидкость                     | Насос не залит жидкостью                                            | Залить насос                                                                                                                      |
|                                                  | Большие торцевые зазоры                                             | <b>Замерить и отрегулировать торцевые зазоры; у насосов суммарный зазор по обе стороны колеса не должен превышать 0,1—0,15 мм</b> |
|                                                  | Большая высота всасывания                                           | <b>Устранить причины чрезмерного увеличения высоты всасывания</b>                                                                 |
| <b>Подача, развиваемая насосом, недостаточна</b> | Большие торцевые зазоры                                             | <b>Замерить и отрегулировать торцевые зазоры</b>                                                                                  |
|                                                  | Подсос воздуха через неплотности всасывающего трубопровода          | Устранить подсос воздуха                                                                                                          |
|                                                  | Двигатель насоса не развивает требуемой частоты вращения            | Довести частоту вращения до нормальной                                                                                            |
| Увеличение потребляемой мощности                 | Давление нагнетания больше допустимого                              | Уменьшить давление в нагнетательной сети или увеличить мощность двигателя                                                         |
|                                                  | Сильная затяжка набивочного сальника                                | Ослабить затяжку сальника                                                                                                         |
| <b>Стук в насосе</b>                             | Наличие в насосе инородного тела, поломка внутренних деталей насоса | Остановить насос, осмотреть рабочее колесо и произвести необходимые ремонтные операции или замену поврежденных деталей            |
| Нагрев подшипников                               | <b>Залито грязное масло</b>                                         | <b>Промыть подшипники и залить чистое масло</b>                                                                                   |
|                                                  | Плохая центровка валов насоса и двигателя                           | Произвести центровку                                                                                                              |
| При закрытии клапана на нагнетании               | Неисправность предохранительного клапана                            | Осмотреть и отремонтировать предохранительный клапан                                                                              |
| Насос не обеспечивает                            | Большие торцевые зазоры                                             | Замерить и отрегулировать торцевые зазоры клапана                                                                                 |

|                   |                                           |                                                                                               |
|-------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| требуемого напора | Не отрегулирован предохранительный клапан | Осмотреть клапан и отрегулировать его на требуемое давление; если сломана пружина заменить ее |
|-------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|

## Практическая работа № 7

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРУЙНЫХ НАСОСОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации струйных насосов.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы насосов, видеоматериалы по принципу работы насосов.

**Содержание работы:** 1. Дать описание схемам струйных насосов.  
2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей струйных насосов.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Струйные насосы отличаются от ранее рассмотренных объемных и лопастных насосов тем, что в них отсутствуют движущиеся механические части. Разность давлений для всасывания и нагнетания обеспечивается с помощью рабочей жидкости, газа или пара, подаваемого от внешнего источника под давлением и сообщаящих перекачиваемой жидкости необходимую энергию.

Принцип действия струйного насоса основан на преобразовании статического напора (давления) и скоростного напора (кинетической энергии) в потоке, проходящем через трубу переменного сечения (насос).

По принципу работы струйные насосы делятся:

- эжекторы – струйные насосы, соединенные с обслуживаемым объектом всасывающим патрубком (отсасывающие насосы). Эжекторы делятся на водяные – для осушения отсеков, паровые – для отсоса воздуха и создания вакуума в конденсаторах, испарителях и т.д.;

- инжекторы – струйные насосы, соединенные с обслуживаемым объектом нагнетательным патрубком (нагнетающие насосы). К инжекторам относятся паровые струйные насосы для подачи питательной воды в парогенераторы.

- эрлифты (гидроэлеватор) – струйный насос, предназначенный для перекачивания пульпы (смеси рыбы с водой) или жидкости с различными примесями.

#### Водоструйный эжектор

Из струйных насосов на судах применяются водоструйные насосы (эжекторы). Они используются в качестве осушительных и водоотливных средств. Среди судовых насосов водоструйные эжекторы наиболее просты как в конструктивном, так и в эксплуатационном отношении. Они обладают высокой способностью к сухому всасыванию. Существенным недостатком эжекторов является их низкий к.п.д. (до 12 %).

Работа водоструйного эжектора основана на принципе непосредственной передачи энергии от струи рабочей воды всасываемому потоку жидкости.

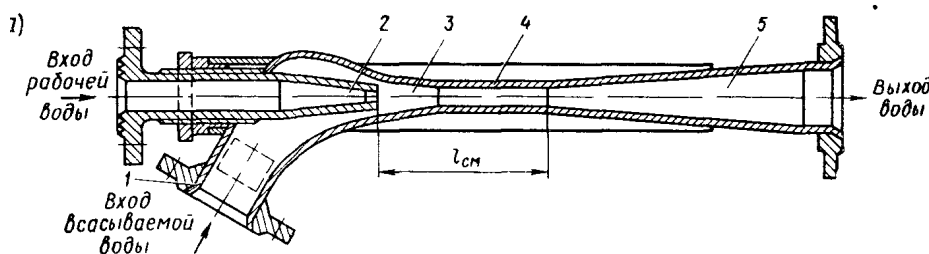


Рис.1. Водоструйный эжектор

Перекачиваемая вода поступает в эжектор (рис.1) через патрубок 1. Рабочая вода подается под давлением в сужающее сопло (насадку) 2. При ее истечении из сопла с большой скоростью в

камере смешения 3 создается разрежение, необходимое для подсосывания перекачиваемой жидкости.

Далее жидкость проходит через цилиндрическое горло 4 и диффузор 5 в нагнетательный трубопровод (не показан). В диффузоре скорость ее движения уменьшается, а давление повышается.

Эжектор является динамическим насосом трения, в котором перекачиваемая вода перемещается потоком рабочей воды. На судах рабочей водой для эжекторов является вода, подводимая из пожарной магистрали.

### Пароструйный инжектор

На рис. 2. показан самовсасывающий инжектор, способный самовосстанавливать работу в случае кратковременного прекращения подачи воды из-за попадания воздуха во всасывающую

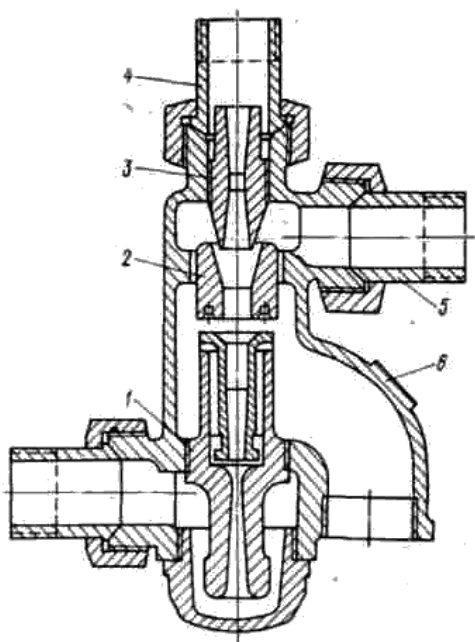


Рис. 2. Самовсасывающий инжектор

водяную магистраль. Три конуса инжектора – паровой 3, смесительный 2, и нагнетательный 1 – монтируются в корпусе на резьбе. Смесительный конус состоит из двух частей – верхней и нижней. Нижнюю часть, имеющую направляющие ребра по длине и под опорным буртом, вставляют по напряженной посадке в верхнюю расточенную часть нагнетательного конуса. Вертикальный зазор между частями смесительного конуса, составляющий обычно половину диаметра выходного отверстия верхней части, может быть изменен перемещением нагнетательного конуса в резьбе.

Подводимый по трубе 4 свежий пар проходит через паровой конус и, вытекая из него с большой скоростью, отсасывает воздух из приемного трубопровода 5. Паровоздушная смесь через зазор между частями смесительного конуса выходит в вестовую трубу 6 и из нее через невозвратный клапан (на рисунке не показан) уходит в атмосферу.

По мере создаваемого в приемной трубе разрежения вода начинает подниматься, достигает смесительного конуса и через кольцевой зазор увлекается внутрь конуса. При этом вода встречается с быстро истекающей струей пара, что сопровождается передачей кинетической энергии пара воде и одновременной конденсацией рабочего пара. Получив первоначальный толчок, вода протекает через зазор и попадает в сходящийся конус нижней части, где ее скорость увеличивается. Затем вода выбрасывается в нагнетательный конус, где ее кинетическая энергия превращается в статическое давление. Струя воды, проходящая с большой скоростью через зазор между частями смесительного конуса, создает разрежение в вестовой трубе, вследствие чего невозвратный вестовой клапан садится в гнездо.

### Эрлифт

Отсутствие в струйном насосе движущихся деталей обеспечивает перекачивание жидкости с различными механическими включениями, что используется на судах рыбной промышленности для перекачивания пульпы, т. е. смеси рыбы с водой насосами-эрлифтами или гидроэлеваторами.

В отличие от центробежных рыбонасосов эрлифты при перекачивании пульпы не повреждают рыбу.

В качестве рабочей среды в эрлифтах используется сжатый воздух, который, перемешиваясь с водой, создает ей пониженную плотность.

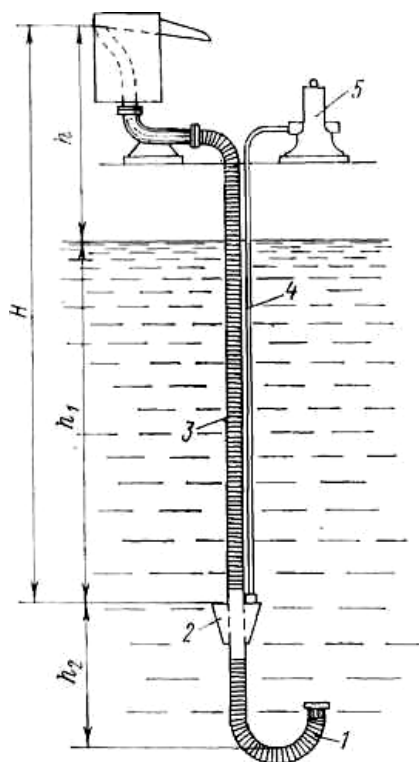


Рис. 3. Схема эрлифта

На рисунке 3 показана схема эрлифта. Эрлифт состоит из всасывающего шланга 4, напорного трубопровода 3 и компрессора 5. Сжатый воздух из компрессора по воздушному шлангу подается в специальную камеру 2, внутренняя часть которой имеет щель.

Проходя через эту щель, пузырьки воздуха смешиваются с водой, вследствие чего образуется водовоздушная смесь с пониженной плотностью. Выжимаемая водой снаружи водовоздушная смесь поднимается по трубе вверх, засасывая через отверстие шланга 1 рыбу.

Высота подъема определяется из соотношения:

$$\frac{H}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}, \text{ откуда полная высота подъема пульпы}$$

$$H = \frac{h_1 \cdot \rho_1}{\rho_2}.$$

Увеличение количества подаваемого воздуха уменьшает плотность  $\rho_2$  смеси и так же, как опускание смесительной камеры, повышающее глубину погружения  $h_1$ , увеличивает высоту подъема  $H$  до 2,5 м над уровнем моря.

Основной недостаток струйных насосов — низкий КПД, обычно не превышающий эжекторов 16-20%, у эрлифтов 20-35%.

### Правила эксплуатации струйных насосов

Согласно Правилам эксплуатации судовых технических средств не реже одного раза в год эжекторы и инжекторы должны полностью разбираться для очистки и осмотра состояния деталей. При осмотре особое внимание необходимо обращать на состояние сопл, которые больше, чем другие детали, подвержены износу. Сопло следует прочищать красномедной проволокой. При замене изношенных сопл новые сопла полагается устанавливать в точном соответствии с заводскими или фирменными данными или по данным измерений установки старого сопла.

При сборке эжекторов после ремонта важно обеспечить соосность сопла и диффузора, не допустить повреждений стенок и кромок сопл и обеспечить воздухопроницаемость частей корпуса эжектора в местах их соединения.

Перед пуском эжектора в работу нужно открыть клапаны на всасывающем и отливном трубопроводах и убедиться по манометру, что давление рабочей воды или пара перед эжектором достаточное. Для ввода эжектора в действие следует быстро открыть клапан подвода к эжектору рабочей воды или пара. Во время работы эжектора нужно следить за давлением рабочей жидкости или пара, не допуская его снижения до пределов, нарушающих нормальную работу эжектора.

Необходимо также создать беспрепятственное всасывание перекачиваемой жидкости, воздуха или пульпы, а для этого проверять чистоту фильтрующей сетки на конце приемного трубопровода.

Для вывода эжектора из действия требуется закрыть клапан подвода рабочей жидкости или пара и перекрыть клапаны на всасывающем и нагнетательном трубопроводах; после этого открыть спускные краны для осушения эжектора и трубопроводов. Во время действия эжекторов могут возникнуть основные неисправности, указанные в таблице 1.

При использовании эжекторов в качестве рыбонасосов должны соблюдаться положения техники безопасности:

1. Перед началом работы с рыбонасосами необходимо проверить состояние и исправность электрооборудования рыбонасосной установки и устранить замеченные дефекты.

2. Спуск всасывающего шланга рыбонасоса за борт и подачу его на палубу производить только с помощью грузовой стрелы и лебедки.

3. Перед подъемом всасывающего шланга рыбонасоса из воды палубу нужно хорошо вымыть от рыбьей чешуи и слизи. Прием шланга на невытую палубу запрещается. Особое внимание следует обращать на надежность соединения шлангов всасывающей линии и отсутствие их переломов при подъеме, спуске и укладке на палубу.

4. При выпуске воздуха из рыбонасоса воздушный кран следует открывать осторожно, стоя в стороне от корпуса рыбонасоса.

Таблица 1

**Неисправности струйных насосов, причины и способы их устранения**

| <i>Неисправности</i>                      | <i>Причины неисправностей</i>                                                                      | <i>Способы устранения</i>                                                |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1                                         | 2                                                                                                  | 3                                                                        |
| Эжектор не всасывает или плохо всасывает  | Неправильный пуск эжектора                                                                         | Закрыть клапаны и повторить пуск в правильной последовательности         |
|                                           | Засорение приемной сетки всасывающего трубопровода                                                 | Очистить сетку или сменить ее                                            |
|                                           | Засорение клапана на всасывающем трубопроводе или его неполное открытие или засорение трубопровода | Прочистить клапан и всасывающий трубопровод, проверить открытие клапанов |
|                                           | Значительный подсос воздуха через неплотности                                                      | Устранить подсос воздуха, обжав соединения всасывающего трубопровода     |
|                                           | Засорение проходного канала сопла                                                                  | Прочистить сопло                                                         |
|                                           | Кавитация во всасывающем трубопроводе                                                              | Принять меры по устранению кавитации                                     |
| Эжектор не дает полной производительности | Уменьшение давления рабочей жидкости                                                               | Необходимо восстановить расчетные параметры рабочей среды                |
|                                           | Коррозионный или эрозионный износ сопла                                                            | Сменить изношенные сопла                                                 |
|                                           | Засорение сопла                                                                                    | Прочистить сопло от накипи, соли, шлама                                  |
|                                           | Неправильный установочный размер сопла или отсутствие его соосности, допущенное при сборке         | Разобрать и вновь собрать эжектор по инструкции                          |

## Практическая работа № 8

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ СУДОВЫХ КОМПРЕССОРОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией и принципом работы судовых компрессоров.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы, видеоматериалы.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем:

- а) поршневой двухступенчатый компрессор одностороннего действия (типа тандем);
  - б) поршневой двухступенчатый компрессор двустороннего действия (дифференциального типа);
  - в) центробежные и осевые компрессоры.
2. Системы, обслуживающие компрессор.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Компрессор представляет собой машину для сжатия газов. Во время работы компрессор через фильтр засасывает воздух из окружающей среды и сжимает его. Судовые воздушные компрессоры необходимы для обеспечения потребителей СЭУ и судна в целом сжатым воздухом различного давления и расхода.

На судах мирового флота применяются воздушные компрессоры различных фирм: поршневые, центробежные, осевые, пластинчатые. Они бывают двух- и трехступенчатые.

Необходимость применения многоступенчатых компрессоров вызвана тем, что степень сжатия воздуха в одной ступени не должна превышать 8 (т.е. воздух в первой, например, ступени можно сжимать до давления 0,8 МПа). Это объясняется тем, что температура вспышки компрессорных смазочных масел составляет 250—280°C, а при сжатии воздуха до 0,8 МПа его температура достигает 170—220°C. При дальнейшем повышении давления пары масла могут самовоспламениться, что приведет к взрыву и разрушению компрессора. Поэтому в первой ступени двухступенчатого компрессора воздух обычно сжимается до 0,5—0,8 МПа, во второй — до конечного давления 2,5—3,0 МПа. При этом воздух обязательно охлаждается в специальном воздухоохладителе после первой ступени компрессора примерно до первоначальной температуры (для предотвращения чрезмерного повышения температуры воздуха после сжатия во второй ступени и уменьшения затрат мощности на привод компрессора).

После второй ступени компрессора, перед подачей в воздухоохранители (баллоны), воздух также охлаждается (по Правилам Регистра температура воздуха, поступающего в баллоны, не должна превышать 40°C). Для очистки воздуха от масла и влаги устанавливаются влагомаслоотделители.

По принципу действия поршневые компрессоры делятся на дифференциальные (многоступенчатые двустороннего действия) и тандемы (многоступенчатые компрессоры одностороннего действия).

### Поршневые компрессоры типа «тандем»

На рис. 1 изображена схема компрессора типа «тандем». При ходе поршня вниз воздух через клапан 1 (показан один) засасывается в полость ступени низкого давления (н.д.). При ходе поршня вверх всасывающие клапаны закрываются, и происходит сжатие воздуха. При достижении давления 0,5-0,8 МПа открываются нагнетательные клапаны 2, перепускают воздух через очистительное устройство и холодильник 3 к клапанам ступени высокого давления (в. д.). Очистительное устройство является водо- и маслоотделителем, в котором воздух очищается от влаги и частиц масла. После очистки воздух охлаждается в холодильнике.

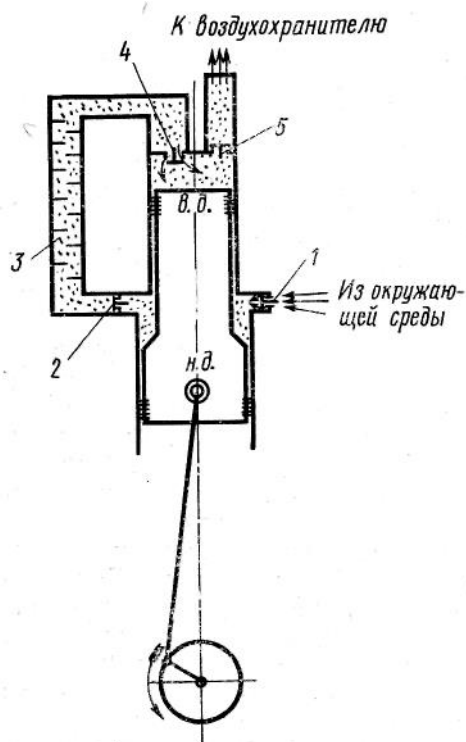


Рисунок 1. Схема компрессора типа тандем:

- 1, 4 – всасывающие клапаны;
- 2, 5 – нагнетательные клапаны;
- 3 – холодильник

предохранительные клапаны 10 и 11. Давление воздуха после каждой ступени контролируют по

При следующем ходе поршня вниз через клапаны 4 поступает в полость второй ступени, при восходящем движении поршня воздух во второй ступени сжимается до давления 2,5—3,0 МПа, после чего обрываются нагнетательные клапаны 5 и выпускают воздух через очиститель и холодильник второй ступени в баллон сжатого воздуха (воздухохранитель).

На рис. 2 показана еще одна схема двухступенчатого компрессора одностороннего действия (типа тандем). Поршень для обеих ступеней выполнен общий: нижняя его часть 2 имеет больший диаметр и является поршнем первой ступени, а часть 6 – поршнем второй ступени. Рабочие полости ступеней – это соответственно кольцевая полость первой ступени и торцевая полость второй ступени.

При ходе поршня вниз воздух всасывается из атмосферы через клапан 5 в первую ступень компрессора. При ходе вверх поршень сжимает воздух и через клапан 4 нагнетает его к всасывающему клапану 9 второй ступени через воздухоохладитель 19 и влагомаслоотделитель 18 с клапаном продувания 17. Однако в это же время происходит сжатие воздуха во второй ступени. Воздух из нее подается через нагнетательный клапан 8, воздухоохладитель 16, влагомаслоотделитель 15 с клапаном продувания 14 и обратным клапаном 13 в баллоны пускового воздуха.

Для предотвращения чрезмерного повышения давления воздуха после каждой ступени компрессора установлены предохранительные клапаны 10 и 11. Давление воздуха после каждой ступени контролируют по манометрам 12.

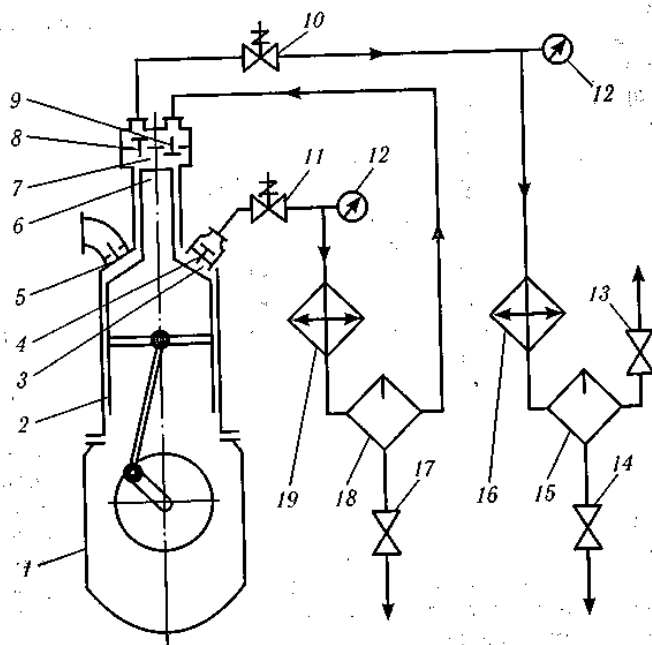


Рисунок 2. Схема двухступенчатого компрессора одностороннего действия

Таким образом, сжатие в компрессоре происходит одновременно в первой и второй ступенях при ходе поршня вверх, а всасывание происходит также одновременно в обеих ступенях при ходе поршня вниз. Такой компрессор является одностороннего действия.



## Поршневые компрессоры дифференциального типа

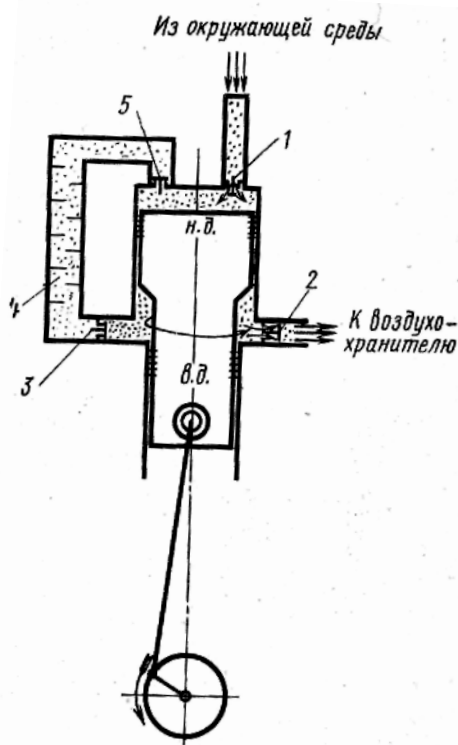


Рисунок 3. Схема дифференциального компрессора:  
1, 3 — всасывающие клапаны;  
2, 5 — нагнетательные клапаны;  
4 — холодильник

На рис. 3 приведена схема дифференциального компрессора (компрессора двухстороннего действия). При ходе поршня вниз открываются всасывающие клапаны 1, и воздух из окружающей среды через фильтр засасывается в полость первой ступени. При восходящем движении поршня воздух сжимается до давления 0,5—0,8 МПа, открывает нагнетательные клапаны 5 первой ступени и через очиститель и холодильник 4, через клапаны 3 поступает в полость второй ступени.

При нисходящем движении поршня воздух в полости второй ступени сжимается до давления 2,5—3,0 МПа. При достижении этого давления открываются нагнетательные клапаны 2 и воздух через очиститель, и холодильник второй ступени поступает в баллон пускового воздуха. Наиболее широко применяются компрессоры типа «тандем», так как они проще в изготовлении.

Рассмотрим еще одну типовую схему двухступенчатого компрессора.

На рис. 4 показана схема двухступенчатого компрессора двухстороннего действия (дифференциального типа). Его основное отличие от компрессора типа тандем состоит в том, что поршень имеет больший диаметр в верхней части (первая ступень) и меньший диаметр в нижней части (вторая ступень).

Принцип действия компрессора заключается в следующем.

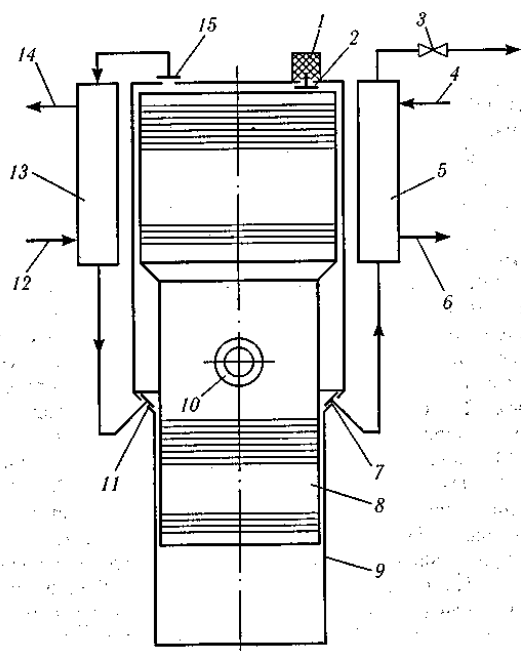


Рисунок 4. Схема двухступенчатого компрессора двухстороннего действия

При ходе поршня 8 вниз происходит всасывание воздуха из атмосферы в первую ступень через фильтр 1 и всасывающий клапан 2. Затем при ходе поршня вверх происходит сжатие воздуха и его нагнетание через клапан 15 в охладитель 13 первой ступени и далее во вторую ступень через ее всасывающий клапан 11. При очередном ходе поршня вниз осуществляется вновь всасывание в первую ступень и одновременно сжатие во второй ступени. При этом воздух нагнетается через клапан 7 в охладитель 5 второй ступени и далее через запорный вентиль 3 в воздушные баллоны. Охлаждающая вода подается в охладители по указанным стрелкам противотоком для повышения эффективности процесса охлаждения сжатого воздуха.

## Системы, обслуживающие поршневые компрессоры

Компрессоры таких типов обслуживаются системами смазки и охлаждения.

Система смазки имеет в своем составе шестеренный насос, который всасывает масло из картера через фильтр и подает его по специальным сверлениям в коленчатом валу к рамовым подшипникам, а также к мотылевому подшипнику и по сверлениям в шатуне к головному подшипнику.

В насосе имеется предохранительный клапан, который обеспечивает заданное давление масла в системе. В случае понижения давления масла ниже заданной величины срабатывает защитное реле, которое подключено к системе. Оно остановит компрессор, предохраняя его от плохой смазки.

Важное значение имеет смазка цилиндров компрессора. Поверхности цилиндров смазываются масляным туманом из картера или с помощью лубрикатора.

Охлаждение компрессора обеспечивается прокачкой охлаждающей воды через зарубашечное пространство специальным насосом. Максимальная температура охлаждающей воды не должна превышать  $38^{\circ}\text{C}$ , разность температур воды на выходе и входе в компрессор – не более  $8^{\circ}\text{C}$ . Повышение разности температур означает плохую турбулизацию потока воды в зарубашечных пространствах, что приводит к перегреву отдельных узлов и участков компрессора.

Системы, обслуживающие компрессор, имеет ряд автоматических устройств, которые повышают ее экономичность и надежность работы:

- отсечной водяной клапан – предназначен для автоматического прекращения подачи охлаждающей воды в компрессор в период его стоянки. Это предотвращает его излишнее охлаждение. Во время очередного автоматического пуска компрессора отсечной клапан открывается для подачи охлаждающей воды в компрессор.

- предохранительный клапан системы охлаждения предназначен для защиты системы охлаждения от прорыва сжатого воздуха в систему при увеличении заданного давления выше номинального.

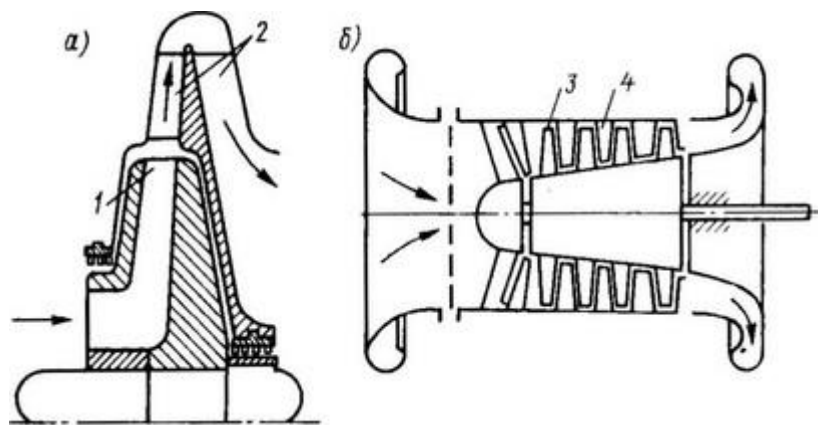
- автоматический разгрузчик нагнетательного трубопровода предназначен для перехода компрессора на режим холостого хода после достижения заданного давления в воздушных баллонах. При этом компрессор работает постоянно.

- конденсатоулавливатель предназначен для автоматического удаления конденсата из охладителя. Он образуется постоянно при охлаждении нагретого сжатого воздуха и скапливается в нижней части охладителя.

- предохранительные воздушные клапаны первой и второй ступени для предотвращения увеличения давления сжатого воздуха выше установленного. Давление срабатывания клапанов устанавливается на 10% выше рабочего для той или другой ступени. Регулирование величины срабатывания клапанов обеспечивается изменением усилия сжатия пружины с помощью проставочных втулок различной длины.

КИП – термометры для контроля температуры охлаждающей воды; манометры для контроля давления масла в системе смазки; манометры для контроля давления сжатия воздуха на ступенях компрессора.

### Центробежные и осевые компрессоры



Схемы лопастных компрессоров центробежного и осевого типа приведены на рис. 5. Каждый компрессор состоит из рабочих колес и направляющих устройств. В центробежном компрессоре преобладает радиальное направление движения частиц, а в осевом частицы газа движутся по цилиндрическим поверхностям, параллельным оси вращения вала. Принципиальные схемы компрессоров соответствуют подобным схемам насосов.

Рис. 5. Принципиальные схемы лопастных компрессоров:  
а — центробежного; б — осевого  
1, 3 — лопастное колесо; 2 — канал; 4 — направляющий аппарат

## Практическая работа № 9

### ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНОГО ПОРШНЕВОГО ЭЛЕКТРОКОМПРЕССОРА ТИПА 20К

**Цель:** Получение практических навыков безопасной подготовки к пуску, пуска, обслуживания во время работы и остановки воздушного поршневого электрокомпрессора.

#### **Оборудование:**

1. Воздушный поршневой электрокомпрессор 20К;
2. Пусковой электрощит компрессора 20К;
3. Контрольно измерительные приборы;
4. Защитный диэлектрический коврик.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучение конструкции и принципа работы электрокомпрессора 20К.
2. Изучение правил безопасной эксплуатации воздушных поршневых электрокомпрессоров.
3. Подготовка электрической и механической части воздушного поршневого электрокомпрессора к пуску.
4. Пуск воздушного поршневого электрокомпрессора.
5. Обслуживание поршневого электрокомпрессора во время работы.
6. Остановка электрокомпрессора и вывод компрессора в резерв.
7. Составление отчёта по работе.

#### **Содержание отчёта:**

1. Наименование, цель и оборудование работы.
2. Общий вид компрессора и его описание.
3. Продольный разрез компрессора и его описание.
4. Правила безопасной подготовки компрессора к пуску.
5. Правила безопасного пуска компрессора в работу.
6. Правила безопасного обслуживания компрессора во время работы.
7. Правила безопасного вывода компрессора в резерв.
8. Правила аварийной остановки компрессора.
9. Возможные неисправности, возникающие при работе компрессора, и методы их устранения.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

### 1. Состав компрессора 20К

1.1. Электрокомпрессор (рис. 1) состоит из компрессора, электродвигателя переменного тока, смонтированных на общей фундаментной раме.

1.2. Передача вращения вала электродвигателя к валу компрессора осуществляется через клиновые ремни. Изменение натяжения ремней производится винтовым приспособлением 6 (рис. 1).

1.3. Устройство рамы позволяет устанавливать ее на амортизаторы.

1.4. Давление на выходе из компрессора определяется установкой предохранительного клапана II ступени  $60 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ .

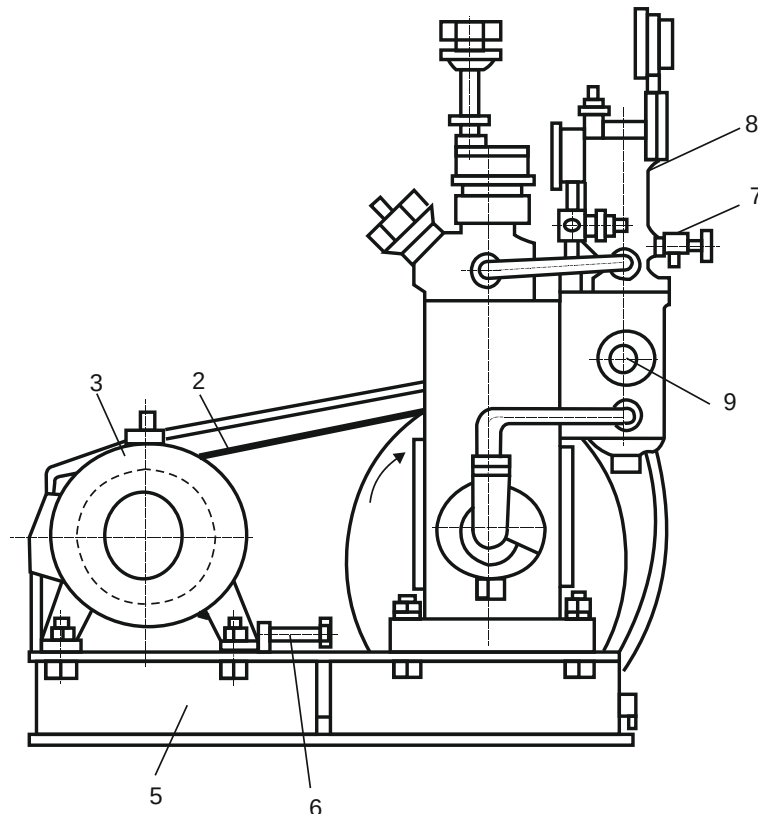


Рис.1. Общий вид компрессора

1 – электрокомпрессор; 2 – ремни; 3 – электродвигатель; 4 – кожух; 5 – рама фундаментная; 6 – винт; 7 – кран водомаслоотделителя; 8 – водомаслоотделитель; 9 – предохранительная мембрана холодильника.

### 2. Устройство и работа компрессора и его основных частей

2.1. Тип компрессора – поршневой, вертикальный, двухрядный.

2.2. Компрессор (рис. 2) производит сжатие воздуха в 2-х ступенях:

I – находится в станине компрессора,

II – в цилиндре высокого давления.

2.3. Компрессор состоит из следующих основных частей:

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| - станина;                   | - холодильники воздуха; |
| - цилиндр высокого давления; | - водомаслоотделитель;  |
| - поршень;                   | - водяной насос.        |
| - шатун;                     |                         |
| - коленчатый вал;            |                         |
| - всасывающие клапаны;       |                         |
| - нагнетательные клапаны;    |                         |

2.4. Основанием компрессора служит литая чугунная станина, на которой смонтированы все узлы и детали компрессора.

2.5. Двухопорный с двумя коленами коленчатый вал смонтирован в станине на подшипниках скольжения. На конец коленчатого вала насажен на шпонке шкив-маховик.

2.6. В верхнюю часть станины запрессованы чугунные втулки с уплотнительными резиновыми кольцами. Сверху втулки закрыты цилиндрами высокого давления.

2.7. Шатунно-поршневая группа состоит из поршня и шатуна.

2.8. Охлаждение воздуха после каждой степени сжатия компрессора осуществляется в холодильниках I и II ступеней.

2.9. Смазка подшипников, верхних головок шатунов, а также цилиндров I ступени производится разбрызгиванием. Смазка шатунных подшипников производится маслом, захваченным черпаком при прохождении нижней мертвой точки из картера. Цилиндры II ступени смазываются маслом, содержащемся в воздухе, поступившем из I ступени. Масло компрессорное К 19 ГОСТ 1861-73 или МС 20 ГОСТ 21743-76. При кратковременной работе допускается применять масло КС-19 ГОСТ 9243-75.

2.10. Очистка сжатого воздуха от воды и масла происходит в водомаслоотделителе, установленного после холодильника I ступени.

2.11. Компрессор снабжен двумя предохранительными клапанами. Один установлен на водомаслоотделителе, другой – на трубопроводе от компрессора в баллоны.

2.12. При движении поршня вниз в цилиндре I ступени создается разрежение. Под действием давления атмосферного воздуха всасывающий клапан I ступени открывается (под действием разности давлений перед клапаном и за клапаном), и воздух начинает поступать в цилиндр. Наполнение цилиндра продолжается до перемещения поршня в нижнюю мертвую точку. При ходе поршня вверх, всасывающий клапан под действием разности давлений перед клапаном и в цилиндре и пружины закрывается (при достижении давления в цилиндре – значения выше атмосферного) и в цилиндре происходит сжатие воздуха, сопровождающееся повышением температуры. Когда давление в цилиндре несколько превысит давление за нагнетательным клапаном, он автоматически открывается. При дальнейшем движении поршня вверх воздух выталкивается через нагнетательный клапан и направляется в холодильник I ступени, затем в водомаслоотделитель и через всасывающий клапан в цилиндр II ступени. Из цилиндра II ступени сжатый воздух через холодильник нагнетается в баллоны.

2.13. Давление воздуха по ступеням сжатия контролируется манометром.

### **3. Устройство и работа составных частей изделия**

#### **3.1 Станина**

3.1.1. Станина чугунная, литая, коробчатого типа с лапами, в которых имеются четыре отверстия под болты крепления компрессора в фундаментной раме. В торцевых стенках станины имеются расточки под коренные подшипники коленчатого вала, в боковых стенках – окна для доступа к механизму движения.

3.1.2. Нижняя часть станины (картер) служит емкостью для масла.

3.1.3. В верхней части боковой стенки имеется окно, через которое вода из корпуса холодильника низкого давления поступает в станину.

3.1.4. Внутри станины имеются сборники разбрызгиваемого масла, из которого масло поступает на смазку коренных подшипников.

#### **3.2 Цилиндр высокого давления**

3.2.1. К станине сверху, крепятся чугунные цилиндры высокого давления, центральные обработанные части которых являются цилиндрами II ступени (высокого давления).

3.2.2. В цилиндре высокого давления установлены всасывающий и нагнетательный клапаны I ступени, связанные каналами с камерой сжатия I ступени.

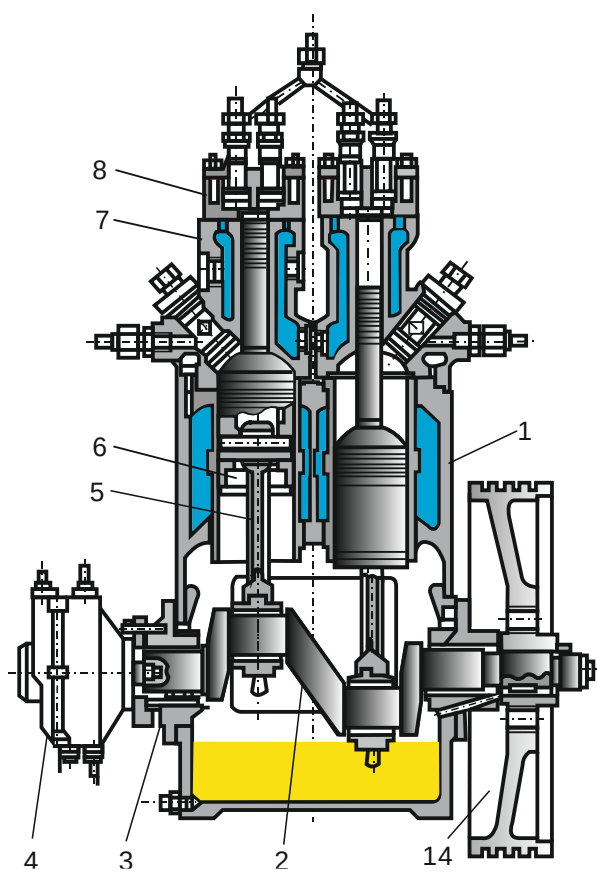
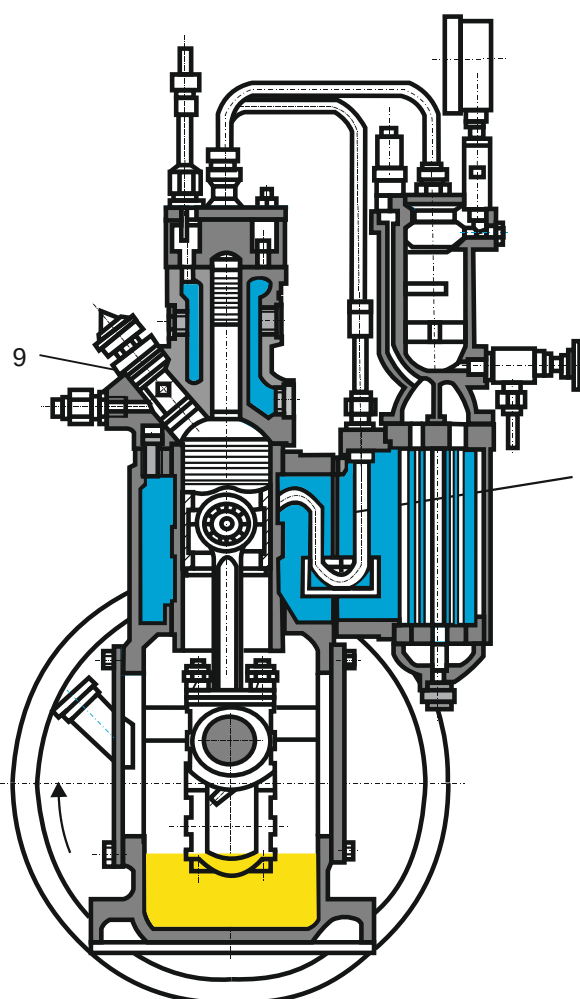


Рис. 2. Продольный разрез компрессора:  
 1 – станина; 2 – коленчатый вал; 3 – коренной подшипник; 4 – водяной насос; 5 – шатун; 6 – поршень; 7 – цилиндр высокого давления; 8 – крышка цилиндра; 9 – всасывающий клапан 1 ступени; 10 – клапан 2 ступени; 11 – водомаслоотделитель; 12 – холодильник 2 ступени; 13 – черпак; 14 – шкив-маховик.



3.3.1. Чугунный двухступенчатый поршень (рис. 3) посредством поршневого пальца соединяется с верхней головкой шатуна

3.3.3. Поршень II ступени состоит из комплекта наборных колец, канавки которых вставлены уплотнительные кольца.

3.3.5. Поршень имеет кольцевую канавку и отверстия, по которым масло, снимаемое верхним маслосъемным кольцом со стенки цилиндра, поступает на смазку верхней головки шатуна.

1 – поршень; 2 – палец; 3 – пробка; 4 – кольцо маслосъёмное; 5 – кольцо  
уплотнительное 1 ступени; 6 – кольцо наборное; 7 – кольцо  
уплотнительное; 8 – крышка; 9 – проволока; 10 – винт; 11 – шайба;  
12 – болт

3.4.1. Шатун компрессора состоит из стержня двутаврового сечения и отъемной нижней головки шатуна, соединенных между собой двумя шатунными болтами с корончатыми гайками.

3.4.2. Нижняя головка шатуна состоит из нижней и верхней крышек, залитых баббитом, набора прокладок, проставки и черпачка. Черпачок устанавливается отверстием в сторону вращения коленчатого вала.

3.4.3. Проставка необходима для регулировки зазора (объема вредного пространства) между поршнем и крышкой цилиндра I ступени.

3.4.4. Набор прокладок дает возможность регулировать зазор в шатунном подшипнике. Втулка верхней головки шатуна бронзовая.

Система незамкнутая с последовательным током воды через отдельные элементы.

- водяной насос (рис. 4), навешенный на компрессор;- холодильники I и II ступени ;
- полости для воды в цилиндрах компрессора;
- трубопроводы охлаждающей воды.

3.5.2. Насос засасывает холодную воду и нагнетает ее в корпус холодильников I и II ступеней, откуда через окно она поступает в водяную рубашку цилиндров I ступени и далее по трубкам поднимается в водяные рубашки цилиндров II ступени, затем по трубопроводам направляется на слив.

3.5.3. Насос для охлаждения компрессора вихревого типа нереверсивный. Привод рабочего колеса насоса осуществляется от коленчатого вала компрессора через муфту,

допускающее смещение валов. На валу насоса смонтированы рабочее колесо, сидящее на шлицах вала, и уплотнение водяного насоса; плотность обеспечивается бронзовым уплотнительным кольцом, притертым к торцу подшипника, и резиновой втулкой, сидящей с натягом на валу и прижатой к уплотнительному кольцу пружиной.

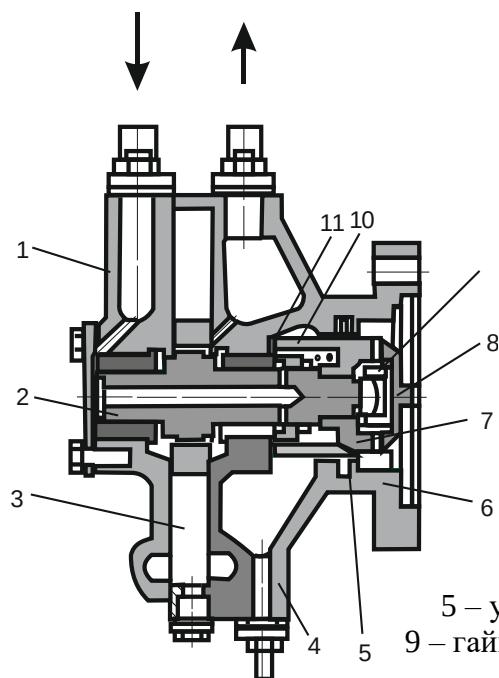


Рис.4. Насос водяной:

1 – крышка; 2 – вал; 3 – рабочее колесо; 4 – корпус;  
5 – уплотнение; 6 – пружина; 7 – кольцо пружинное; 8 – муфта;  
9 – гайка глухая; 10 – резиновая втулка; 11 – кольцо уплотнительное.

3.5.4. Вал насоса вращается в текстолитовых подшипниках, один из которых запрессован в корпус, другой – в крышке насоса.

3.5.5. В корпусе и крышке имеются спиральные каналы, глубина которых сначала увеличивается, затем остается постоянной и далее постепенно сходит на нет.

3.5.6. В корпусе имеется окно, сообщающееся с всасывающей полостью. При вращении рабочего колеса вала вода, заполняющая объем между лопатками, под действием центробежных сил вытесняется в спиральные каналы. При этом на участке с увеличивающейся глубиной каналов вода выталкивается в нагнетательную полость. Часть воды из нагнетательной полости через отверстие отводится на смазку и охлаждение подшипников: сначала подшипника, запрессованного в корпус насоса, а затем по каналам в вале насоса-подшипника крышки и далее выходит во всасывающую полость.

3.5.7. Зазор в подшипниках обеспечивает протекание количества воды, необходимого для смазки и охлаждения их.

3.5.8. Для обеспечения всасывания насос перед пуском должен быть заполнен водой. Подвод и отвод воды располагаются сверху, поэтому достаточно заполнить насос только перед первым пуском после установки компрессора или после спуска воды из насоса.

### 3.6 Холодильник I ступени

3.6.1. Холодильник I ступени (рис.5) состоит из корпуса, в который вставлена секция охлаждения, состоящая из трубных досок и трубок.

3.6.2. Нижняя трубная доска с крышкой имеет возможность перемещаться вдоль оси холодильника при удлинении трубок от нагревания.

3.6.3. Уплотнение водяной полости осуществляется резиновыми кольцами и медной прокладкой. Положение секции охлаждения относительно корпуса холодильника фиксируется с помощью штифта.

3.6.4. В средней части корпуса имеется окно, закрытое резиновой мембраной 3, предохраняющей корпус холодильника и станину от разрушения при попадании (в случае повреждения трубок холодильника) сжатого воздуха в водяную полость. Разрушение



мембраны происходит при давлении  $2,45 \div 4 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$ . В нижней части корпуса имеется штуцер для подсоединения трубы подвода охлаждающей воды, а в верхней – для частичного отвода воды из холодильника.

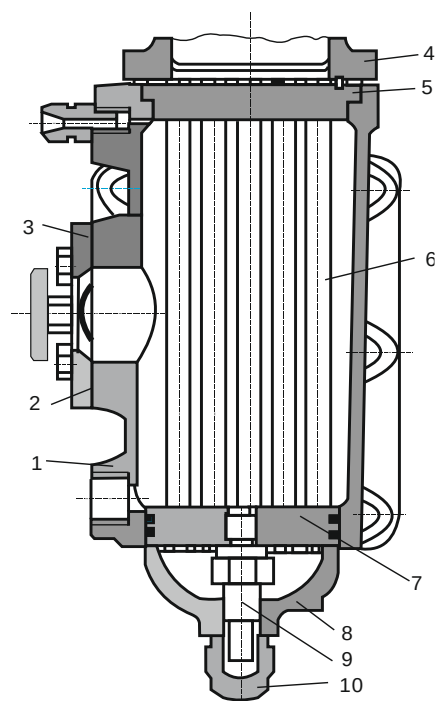


Рис. 5. Холодильник 1 ступени:  
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – мембрана; 4 – водомаслоотделитель; 5, 7 – трубные доски; 6 – трубки; 8 – крышка; 9 – шпилька; 10 – гайка глухая.

### 3.7 Холодильник II ступени

3.7.1. Холодильник змеевикового типа (рис. 6) помещается в полости охлаждения компрессора между холодильником низкого давления и втулками цилиндров. К трубе холодильника крепится цинковый протектор 4.

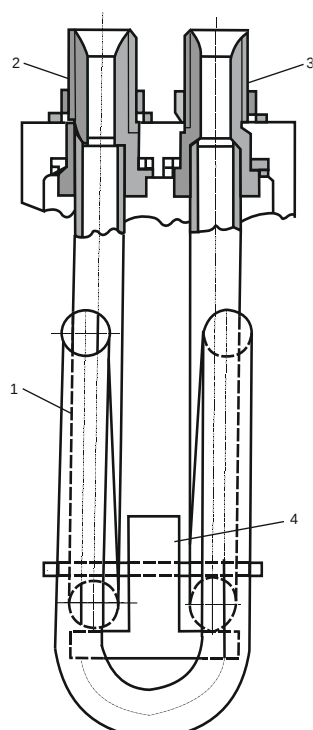


Рис. 6. Холодильник 2 ступени:  
1 – змеевик; 2, 3 – штуцер; 4 – протектор

### 3.8 Водомаслоотделитель

3.8.1 Отделение частиц жидкости от воздуха в водомаслоотделителе (рис. 7) основывается на разности удельных весов и осуществляется путем изменения направления и скорости воздушного потока, что улучшает отделение жидкости от воздуха. Под действием центробежных сил частицы жидкости отбрасываются на стенку и стекают в

нижнюю полость водомаслоотделителя (сборник), откуда периодически выпускаются при помощи вентиля 5.

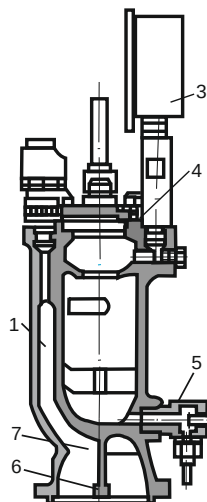


Рис. 7. Водомаслоотделитель:

1 – корпус; 2 – клапан предохранительный I ступени; 3 – манометр; 4 – крышка; 5 – вентиль; 6 – уплотнение; 7 – ребро

3.8.2. Нижняя часть водомаслоотделителя имеет ребро 7, благодаря которому путь воздуха в холодильнике вдвое больше длины холодильника.

3.8.3. Сверху корпус водомаслоотделителя закрыт крышкой со штуцерами отвода воздуха.

3.8.4. На водомаслоотделителе установлены предохранительный клапан I ступени и манометр.

### **3.9 Предохранительные клапаны**

3.9.1. Предохранительные клапаны I и II ступени компрессора пружинного типа. Устройство клапанов принципиально одинаково, но они отличаются усилием затяжки пружины и уплотняющей кромкой седла.

5.9.2. Давление открытия регулируется затяжкой пружины таким образом, чтобы не повышать рабочее давление выше, чем на:  $22 \div 32\%$  для клапанов I ступени;  $5 \div 10\%$  для клапанов II ступени.

5.9.3. Давление закрытия регулируется установкой необходимого количества прокладок.

## **4. Указание мер безопасности**

4.1. К обслуживанию воздушных электрокомпрессоров могут допускаться студенты не моложе 18 лет, прошедшие специальное теоретическое и практическое обучение.

4.2. Студенты, допущенные к обслуживанию электрокомпрессора должны знать:

- устройство и принцип действия установки;
- схему трубопроводов сжатого воздуха, воды;
- места установки контрольно-измерительных приборов и предохранительных устройств;
- инструкцию по безопасному обслуживанию оборудования компрессорной установки;
- мероприятия по предупреждению аварии и меры устранения возникших неполадок.

4.3. Студенты должны строго соблюдать все требования по технике безопасности и помнить, что во время работы электрокомпрессора трубопровод сжатого воздуха находится под давлением и подтяжку соединений разрешается производить только на неработающем компрессоре при снятом давлении; некоторые узлы могут иметь высокую температуру.

4.4. Не допускать загромождения рабочих мест посторонними предметами, содержать в чистоте помещение.

4.5. При монтаже электрокомпрессоров корпус электродвигателя должен быть заземлен.

## **5. Подготовка к пуску электрокомпрессора**

При подготовке компрессора к работе необходимо:

5.1. Произвести наружный осмотр электрокомпрессора, тщательно осмотреть и убедиться в отсутствии демонтажа, посторонних предметов, повреждений.

5.2. Проверить уровень масла в картере и при необходимости долить тщательно профильтрованное масло до верхнего уровня. Уровень масла должен находиться между верхней и нижней рисками на мерительной линейке. Эксплуатация компрессора при уровне масла ниже нижней отметки, или выше верхней отметки – запрещена.

5.3. При первоначальном пуске электрокомпрессора пустить в компрессор охлаждающую воду. Эксплуатация компрессора при отсутствии охлаждающей воды – запрещена.

5.4. Открыть продувочный вентиль водомаслоотделителя.

5.5. Провернуть вручную коленчатый вал компрессора на два – три оборота и убедиться в свободном вращении и отсутствии посторонних шумов и ударов.

5.6. Проверить показания манометров. Стрелки манометров должны стоять на нуле.

## **6. Пуск компрессора и обслуживание во время работы**

6.1. Пустить в ход электродвигатель, привода компрессора.

6.2. Проверить показания электроприборов.

6.3. Открыть запорный вентиль на нагнетательном воздухопроводе, соединяющем компрессор с баллонами.

6.4. Наблюдать за показанием манометра. Закрыть вентиль на водомаслоотделителе.

6.5. Вести непрерывный слуховой контроль за работой электрокомпрессора для своевременного обнаружения посторонних стуков.

6.6. Поддерживать уровень масла в картере в пределах контрольных линий.

6.7. Следить за температурой воды, выходящей из компрессора, которая должна быть не выше 50°C. При повышении температуры воды выше 50°C - необходимо увеличить подачу холодной воды. Увеличение необходимо производить постепенно во избежание появления трещин в цилиндрах и заедания поршней.

6.8. Периодически, через 15-20 мин, продувать водомаслоотделитель, в течение примерно одной минуты.

6.9. Периодически проверять температуру подшипников. Нагревание коренных определять ощупыванием корпуса подшипника, а шатунных – ощупыванием боковых крышек станины.

6.10. Периодически, через каждые 150 часов работы электрокомпрессора и при делительных перерывах между пусками (5 ÷ 8 дней) производить после пуска проверку работоспособности предохранительных клапанов двух - трехкратным подрывом на второй ступени.

6.11. Следить за плотностью соединений в компрессоре, во вспомогательной аппаратуре и в системах трубопроводов.

**Примечание:** Категорически воспрещается производить подтяжку соединений, находящихся под давлением.

6.12. Перед остановкой электрокомпрессора необходимо продуть и осушить воздушные полости цилиндров и холодильников. Для этого необходимо открыть продувочные вентили, закрыть вентиль на нагнетательном трубопроводе и поработать не менее 2-х минут.

## **7. Остановка компрессора**

При остановке компрессора необходимо выполнить следующие операции:

1. Выключить электродвигатель.

2. Перекрыть подвод охлаждающей воды.

3. Проверить по манометрам падение давления в ступенях компрессора до нуля.

4. При длительной стоянке выпустить воду из насоса и зарубашечного пространства.

## **8. Аварийная остановка компрессора**

Для аварийной остановки электрокомпрессора необходимо остановить электродвигатель, открыть продувочный вентиль и закрыть вентиль на нагнетательном трубопроводе. Немедленный останов электрокомпрессора производится:

- при появлении резких стуков, ударов, посторонних шумов, при повышении или понижении давления в ступенях; если нагрев каких-либо частей электрокомпрессора непрерывно увеличивается и температура их превысила допустимую;
- при обнаружении неисправности, могущей привести к аварии;
- при прекращении или уменьшении подачи охлаждающей воды;
- при нарушении уплотнения и появлении значительной утечки воздуха в соединениях;
- при нарушении уплотнения и появлении значительной утечки воды в соединениях;
- при подрыве предохранительного клапана;
- при повреждении предохранительной мембраны холодильника;
- при неисправности какого-либо манометра;
- при отсутствии освещения;
- при пожаре.

## **9. Характерные неисправности поршневого компрессора 20К**

### **Причины возникновения и способы их устранения**

#### **1. Резко снижается давление масла**

| Причина неисправности    | Способ устранения                                                                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1. Разрыв маслопровода | После остановки компрессора, устранить разрыв маслопровода                                              |
| 1.2. Отсутствие масла    | Долить масло (той же марки, что находится в картере) до середины между отметками на мерительной линейке |

#### **2. Давление масла падает постепенно**

| Причина неисправности                                                                | Способ устранения                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1. Износ шатунных или коренных подшипников (в компрессоре появляется глухой стук)  | Заменить коренные подшипники. Изменить толщину прокладок в шатунных подшипниках                          |
| 2.2. Попадание воды в масло                                                          | Сменить масло. Устранить причину попадания воды в масло.                                                 |
| 2.3. Применение масла несоответствующего качества, теряющего вязкость при нагревании | При остановке компрессора – слить старое масло, промыть картер и залить масло рекомендованного качества. |

#### **3. Черезмерно – высокий нагрев цилиндров**

| Причины неисправности                                      | Способ устранения                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.1. Недостаточная подача масла на смазку в цилиндры       | Продуть отверстия в штоке шатуна и убедиться что через него поступает достаточное количество масла                                                                                     |
| 3.2. Недостаточное охлаждение цилиндров                    | 1. Увеличить подачу охлаждающей воды.<br>2. Проверить проходимость каналов охлаждения.<br>При нагреве цилиндров высокого давления – проверить подачу охлаждающей воды к холодильникам. |
| 3.3. Недостаточный тепловой зазор в стыках поршневых колец | Заменить поршневые кольца                                                                                                                                                              |
| 3.4. Пропуск воздуха в нагнетательных клапанах             | Определить пропускающий клапан, и заменить его                                                                                                                                         |

|                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| 3.5.Нарушения в сборке сальников | Правильно собрать сальники |
|----------------------------------|----------------------------|

#### **4.Нагрев подшипников**

| Причина неисправность                                   | Способ устранения                       |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 4.1.Чрезмерная затяжка вкладышей                        | Устранить чрезмерную затяжку вкладышей  |
| 4.2. Масло загрязнено или в нём присутствует вода       | Заменить масло. Устранить протечки воды |
| 4.3. Перекос шеек и осей подшипников                    | Устранить перекос                       |
| 4.4. Плохая пригонка вкладышей подшипников, малый зазор | Пригнать вкладыши, увеличить зазор      |

#### **5. Стуки в цилиндрах**

| Причина неисправности                                             | Способ устранения                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.1. Удары поршня в крышку цилиндра                               | Увеличить мёртвое пространство                                                                                 |
| 5.2. Попадание между поршнем и крышкой цилиндра твёрдого предмета | При снятой крышке – удалить предмет и осмотреть цилиндр и поршень, на них не должно быть царапин и повреждений |
| 5.3. Вода скопившаяся в мёртвом пространстве, вызывает гидроудар  | Устранить течь воды                                                                                            |
| 5.4.Ослабление посадки поршня на штоке шатуна                     | Восстановить посадку                                                                                           |
| 5.5. Слишком свободная посадка колец в канавках поршня            | Заменить кольца                                                                                                |

#### **6.Заедание поршня в цилиндре**

| Причина неисправности         | Способ устранения                             |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| 6.1. Недостаточная смазка     | Устранить причину недостаточной подачи смазки |
| 6.2. Недостаточное охлаждение | Отрегулировать подачу охлаждающей воды        |

#### **7. Постепенное падение производительности компрессора**

| Причина неисправности      | Способ устранения      |
|----------------------------|------------------------|
| Приработка поршневых колец | Замена поршневых колец |

## Практическая работа № 10

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации судовых вентиляторов.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы, видеоматериалы.

**Содержание работы:** 1. Дать описание схемам судовых вентиляторов.  
2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей судовых вентиляторов.

### Теоретические основы

Вентиляторами называют воздухоудные машины, предназначенные для перемещения и подачи воздуха по вентиляционным трубопроводам к потребителям. Их применяют в системах вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления, для подачи воздуха в топку котлов, создания воздушной подушки судов и т. д.

К основным параметрам вентиляторов относятся: подача  $Q$ , полное давление  $H$ , мощность  $N$  и КПД  $\eta$ . За нормальные атмосферные условия принимают барометрическое давление  $B=101,3$  кПа, температуру  $t = 20$  °С, относительную влажность 50 % и плотность воздуха  $\rho_0 = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>.

Вентиляторы бывают осевые и центробежные (радиальные). В судовых системах наибольшее распространение получили центробежные вентиляторы. В металлическом корпусе 1 (кожухе) центробежного электровентилятора (рис. 1, а) размещается рабочее колесо 2, приводимое во вращение электродвигателем 5. При вращении колеса воздух засасывается через приемный патрубок 3, проходит между лопатками от оси к периферии и затем по спиральному каналу направляется в нагнетательный патрубок 4.

Корпус вентилятора крепится к торцовой части электродвигателя, имеющего лапы для крепления к судовому фундаменту. В месте сопряжения спиральной камеры с напорным патрубком находится язык.

Радиальные вентиляторы могут иметь лопасти, загнутые вперед, назад и радиальные. Число лопастей  $z$  обычно составляет 20—60.

Осевой электровентилятор (рис. 1, б) состоит из цилиндрического корпуса 2 и рабочего колеса (пропеллера) 1, приводимого во вращение электродвигателем 3, который закреплен в корпусе на установочных винтах 4. Удобство такой конструкции заключается в том, что вентилятор не изменяет направления движения нагнетаемого им воздуха и поэтому может быть установлен на любом прямолинейном участке воздухопровода, а при необходимости укреплен и на фундаменте с помощью лап 5.

В осевом вентиляторе, как и в осевом насосе, при обтекании воздухом лопастей рабочего колеса частицы его находятся на одинаковом расстоянии от оси колеса, поэтому такие вентиляторы и называются осевыми.

Центробежные вентиляторы благодаря использованию работы центробежных сил обеспечивают большие давления по сравнению с осевыми вентиляторами.

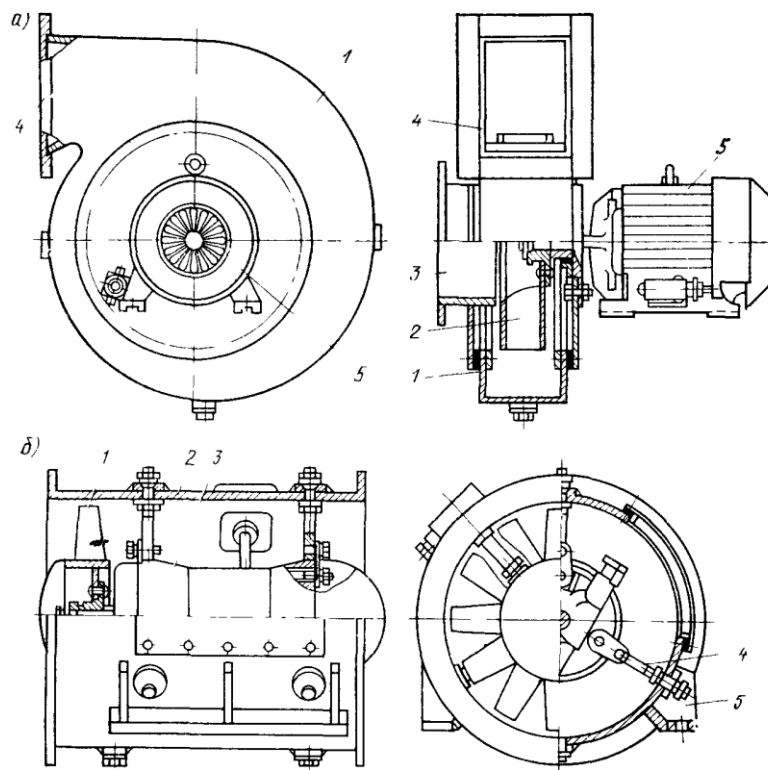


Рис. 1. Схемы электровентиляторов

Часто осевые вентиляторы снабжаются спрямляющим аппаратом (рис. 2) и состоят из цилиндрического корпуса 3, рабочего колеса 4 и спрямляющего аппарата 5 с лопатками 7, которые закреплены на втулках 6.

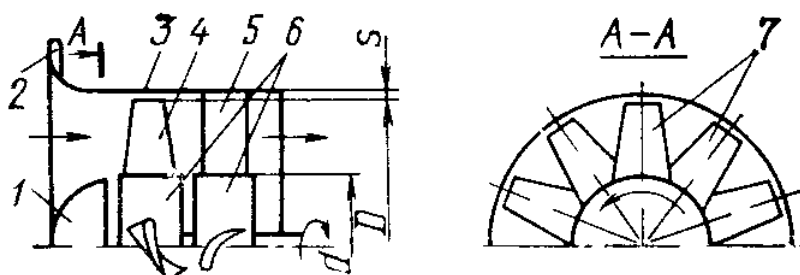


Рис. 2. Принципиальная схема осевого вентилятора

Воздух входит в вентилятор через подвод 2, в котором установлен обтекатель 1. Стрелка у вала указывает направление вращения рабочего колеса. Спрямляющий аппарат применяют в том случае, когда относительное значение скорости закручивания велико. Это позволяет значительно повысить давление, создаваемое вентилятором.

Иногда перед рабочим колесом устанавливают направляющий аппарат, который служит для устранения возможного закручивания потока перед входом в рабочее колесо.

Судовые вентиляторы можно классифицировать по различным признакам. По принципу действия они делятся на радиальные (центробежные) и осевые (см. рис.1).

В судовой практике широко используется классификация вентиляторов по их назначению. Различают вентиляторы машинных отделений, систем общесудовой вентиляции, систем кондиционирования воздуха, вентиляторы для котельных установок и судов на воздушной подушке.

По значению полного давления, создаваемого на расчетном режиме, вентиляторы бывают низкого давления — до 1 кПа, среднего давления — до 3 кПа и высокого давления — свыше 3 кПа.

Вентиляторы классифицируют также по ряду других признаков, например, по расположению оси рабочего колеса — на горизонтальные и вертикальные; по роду привода — на электрические, турбинные и т. д. На судах внутреннего плавания применяют исключительно электрические вентиляторы как горизонтальные, так и вертикальные.

### **Обслуживание вентиляторов**

Вентиляторы и их двигатели требуют квалифицированного обслуживания.

При подготовке вентилятора к пуску необходимо осмотреть весь агрегат снаружи, убрать посторонние предметы, оставленные на нем (инструмент, обтирочный материал и т. п.), проверить крепеж и подсоединения трубопроводов; подготовить к пуску электродвигатель. Убедившись в том, что вентилятор исправен и пуску его ничего не препятствует, пускают в действие электродвигатель согласно инструкции по его обслуживанию. Пуск центробежных вентиляторов следует осуществлять при закрытых заслонках, а осевых — при открытых.

Особо тщательную подготовку к пуску необходимо выполнять для вентиляторов котельных установок морских судов и судов на воздушной подушке. Если предусмотрено охлаждение подшипников вентиляторов, то необходимо убедиться в поступлении охлаждающей среды к подшипникам. При подготовке вентилятора к работе после монтажа или ремонта необходимо по возможности проверить отсутствие на лопастях трещин, вмятин, прогиба, ослабления заклепок на них.

Регулируют вентиляторы только для изменения подачи путем дросселирования воздуха на входе или на выходе.

Во время работы вентиляторов нельзя допускать ударов и толчков по кожуху вентилятора во избежание вмятин и перекосов, которые могут привести к заеданию рабочего колеса за кожух и выводу его из строя. При появлении стуков и ударов, а также при заметном увеличении вибрации вентилятор останавливают.

После аварийной остановки вентилятора следует выяснить причины его ненормальной работы, проверив крепление вентилятора, состояние амортизаторов и муфт, крепление рабочего колеса и его балансировку, отсутствие посторонних предметов внутри вентилятора. Причинами малой подачи воздуха могут быть: неправильное положение заслонок, засорение и неплотности в воздухопроводах, недостаточная частота вращения или неправильное направление вращения вентилятора. Неплотности в соединениях корпуса вентилятора устраняются заменой поврежденных прокладок и обжатием соединений. В момент остановки следует прослушивать механизм вентилятора, чтобы убедиться в отсутствии шумов, стуков и заедания.



## Практическая работа № 11

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ ТОПЛИВА И МАСЛА»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и технической эксплуатацией фильтров топлива и масла.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы, фильтры, видеоматериалы.

**Содержание работы:** 1. Дать описание следующих схем:

- а) фильтров и фильтрационных установок топлива;
  - б) фильтров смазочного масла;
2. Техническая эксплуатация фильтров топлива и масла.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Фильтры предназначены для очистки топлива и масла от механических примесей, которые при попадании между трущимися деталями двигателя вызывают их интенсивный износ.

В топливе, принятом на судне, всегда содержится некоторое количество механических примесей. Механические примеси могут состоять из песка, глины, частиц металла. Их называют примесями абразивного типа. Частицы пакли или ветоши относят к примесям волокнистого типа. Топливо с механическими примесями выводят из строя топливную аппаратуру. Плунжерные пары топливных насосов и иглы форсунок работают с малыми зазорами (4–6 мкм). Твердые частицы в зазоре между прецизионными парами вызывают зависание игл и плунжеров, их быстрый износ, засорение и ускоренный износ сопловых отверстий форсунок. Волокнистые примеси засоряют фильтры, попадают под клапаны, нарушая их плотность.

В процессе работы системы смазки в масле могут накапливаться всевозможные абразивные частицы: продукты износа металла, песок, нагар. Под действием повышенных температур смазываемых поверхностей в присутствии кислорода воздуха и продуктов сгорания происходит окисление и старение масла, сопровождаемые увеличением вязкости и выделением асфальтосмолистых веществ. Масло с механическими примесями приводит к износу трущихся поверхностей двигателя и увеличению нагаро- и лакообразования на деталях цилиндропоршневой группы.

Фильтр состоит из корпуса и фильтрующего элемента. Процесс фильтрации состоит в очистке топлива от механических примесей при прохождении его через фильтрующий элемент.

Фильтры, применяемые на судах, классифицируют по следующим признакам:

1. По качеству очистки:

- фильтры грубой очистки, отделяющие частицы размером 40 мкм и более, устанавливают перед насосами;
- фильтры тонкой очистки, отделяющие частицы 3—5 мкм и более, устанавливают перед топливными насосами высокого давления ТНВД;
- щелевые фильтры высокого давления (только в топливной системе), отделяющие примеси размером менее 3 мкм, устанавливают вблизи от форсунки либо в корпусе форсунки.

2. По типу фильтрующего элемента:

- поверхностные, задерживающие механические примеси на поверхности фильтрующего элемента; используются в основном для грубой очистки топлива и масла. В качестве фильтрующего материала используют сетку, пластины, витки проволоки, ленты. Они могут быть сетчатые, щелевые, пластинчатые, ленточные, проволочные;

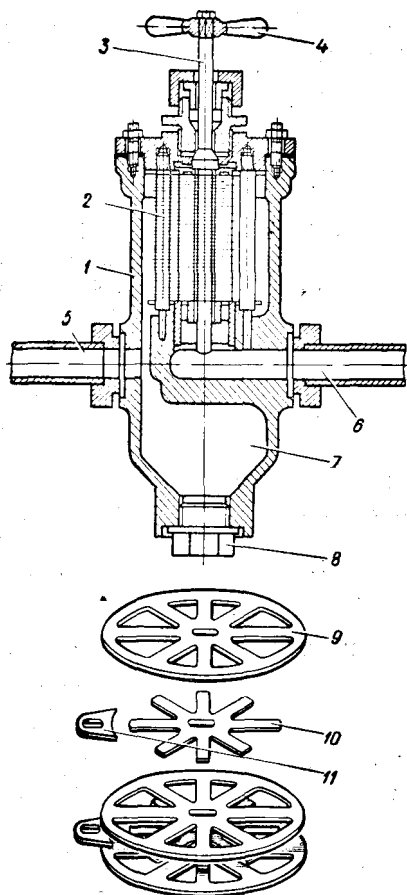


Рис. 1. Пластинчато-щелевой фильтр

– объемные (емкостные), задерживающие механические примеси в порах фильтрующего элемента; используются для тонкой очистки топлива и масла. В качестве фильтрующего материала используется фетр, войлок, древесно-волоконистые материалы, металлокерамику, пористую бронзу, бумагу. Они могут быть войлочные, фетровые, хлопчатобумажные, синтетические, металлопористые.

3. По способу очистки фильтра от загрязнений:

- ручной очистки, требующие разборки для удаления скопившихся загрязнений;
- самоочищающиеся, из которых загрязнения удаляют без разборки фильтра (обратным потоком фильтруемого нефтепродукта, сжатым воздухом).

Для бесперебойного действия системы фильтры обычно изготавливают спаренными и снабжают переключающим устройством.

### Фильтры топлива

*Пластинчато-щелевой фильтр* (рис. 1) имеет фильтрующий элемент, набранный на оси 3 из дисков 9, разделенных шайбами 10. Топливо подводится в корпус 1 по трубе 5 и проходит в щели между дисками, а механические частицы, размер которых превышает высоту щели, остаются на поверхности фильтрующего элемента. Чистое топливо отводится по трубе 6. Грязь с поверхности фильтра периодически удаляют ножами 11, установленными на оси 2 между дисками, при вращении фильтрующего элемента с помощью рукоятки 4. Загрязнения падают в грязевую камеру 7, откуда периодически удаляются через пробку 8.

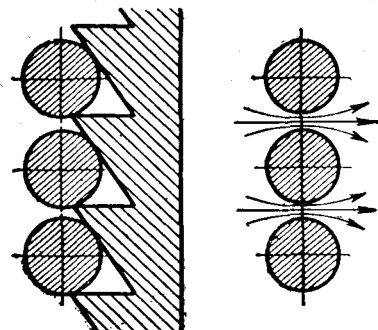
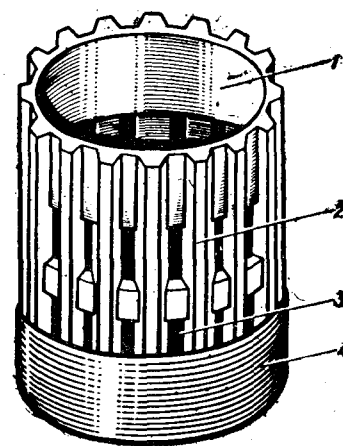
*Ленточно-щелевой фильтр* имеет в качестве

фильтрующего элемента профильную ленту, навитую на цилиндрический каркас. Топливо очищается, проходя через щели, образованные витками профильной ленты.

Механические примеси задерживаются на поверхности фильтрующего элемента, откуда их периодически удаляют специальным скребком при проворачивании фильтрующего элемента вокруг оси. Однако этот способ очистки не обеспечивает полного удаления грязи с поверхности фильтра, по этому ленточно-щелевые фильтры не получили широкого распространения.

*Сетчатый фильтр* обычно используют для грубой очистки топлива. Фильтрующий сетчатый элемент крепят на цилиндрический или дисковый каркас.

*Проволочно-щелевой фильтр* (рис. 2) в качестве фильтрующего элемента имеет цилиндрический стакан 1 с вертикальными ребрами 2. На поверхности ребер выфрезерованы канавки, в которые укладывают проволоку 4 диаметром около 0,3 мм. Между витками проволоки образуется щель, через которую проходит топливо, поступающее к фильтрующему элементу снаружи. Очищенное топливо через окна 3 между ребрами поступает внутрь стакана, откуда отводится в систему. Загрязнения, осаждающиеся на внешней поверхности проволочного



фильтра, очищают обратным током чистого топлива.

*Рис.2. Проволочно-щелевой  
фильтр*

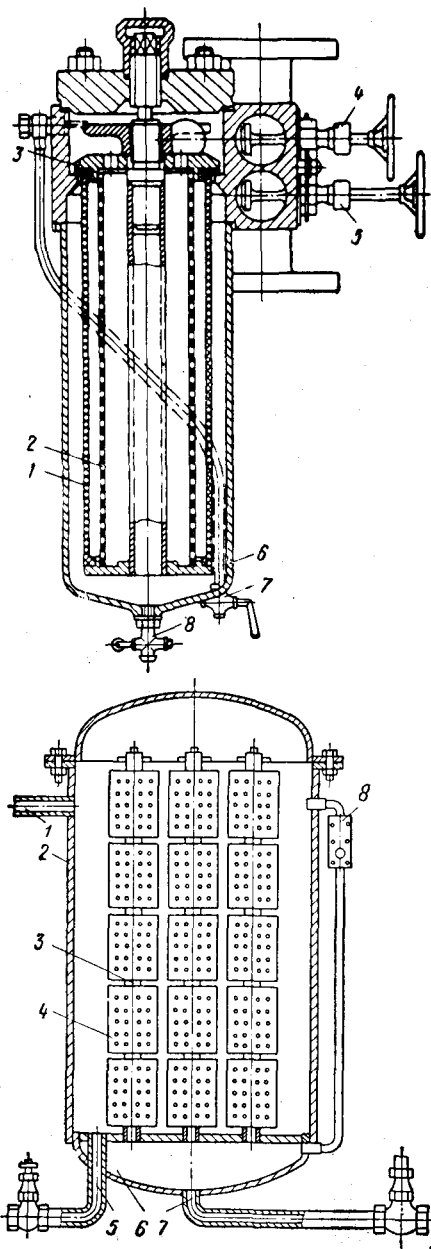


Рис. 15. Емкостный фильтр

### Металлопористый фильтр (рис. 3)

представляет собой совокупность зерен железа, нержавеющей стали и бронзы, которые при сжатии до определенного давления спекаются, обеспечивая пористость любой заданной величины.

Фильтрующему элементу можно придать любую форму: пробки, цилиндра и т. д.

Топливный фильтр состоит из корпуса 6 с камерами для двух и более фильтрующих элементов, состоящих из металлопористого стакана 1 и сетки 2. Фильтрующие элементы крепятся крышками 3. Клапанами 4 и 5, установленными на входе и выходе из каждого фильтрующего элемента, топливо может пропускаться мимо отдельных фильтров, подлежащих очистке. Воздух из камер выпускается через краны 7, а спуск отстоя — через краны 8.

Металлические фильтрующие элементы очищают промыванием в керосине или дизельном топливе с последующим обдуванием воздухом или паром.

Металлопористые стаканы, как и фильтрующие элементы других типов емкостных фильтров, со временем теряют фильтрующую способность, восстановить которую невозможно. Поэтому фильтрующие элементы периодически заменяют. В настоящее время в системах подготовки тяжелого топлива применяют фильтры, отделяющие механические примеси и воду. Простота, надежность и автоматизированное управление работой этих фильтров являются их преимуществами по сравнению со сложными, дорогостоящими, требующими квалифицированного обслуживания центробежными сепараторами. На многих морских судах специальные фильтрационные установки полностью заменили сепараторы.

В качестве примера ниже рассмотрены две конструкции высокоэффективных фильтров для очистки тяжелых топлив.

*Емкостный фильтр «Stream-Line» (Англия).* В корпусе 2 (рис. 4) на перфорированных трубках 3 размещены фильтрующие элементы 4, изготовленные из спрессованных древесных стружек и пропитанных смолами хлопчатобумажных волокон. Размер пор в массе фильтрующего материала уменьшается от периферии к центру, что обеспечивает равномерность загрязнения элемента. Снаружи фильтрующие элементы обтянуты водоотталкивающей тканью.

Перед поступлением в фильтр тяжелое топливо подогревают, так как в нем содержатся асфальто-смолистые вещества, которые при температуре ниже  $80^{\circ}\text{C}$  имеют сгущенный вид. При отсутствии подогрева эти вещества могут быть отделены, что нежелательно, так как они являются горючей составной частью топлива.

Наполняется фильтр по трубе 1. Очищенное топливо из камеры 6 подается в систему по трубе 7. Вода отстаивается в нижней части фильтра, откуда ее периодически удаляют по трубе 5 в шламовую цистерну. О достижении предельного, перепада давлений сигнализирует специальное устройство 8. Срок службы фильтрующих элементов, по данным фирмы, составляет не менее 3000 ч, после чего они подлежат замене.

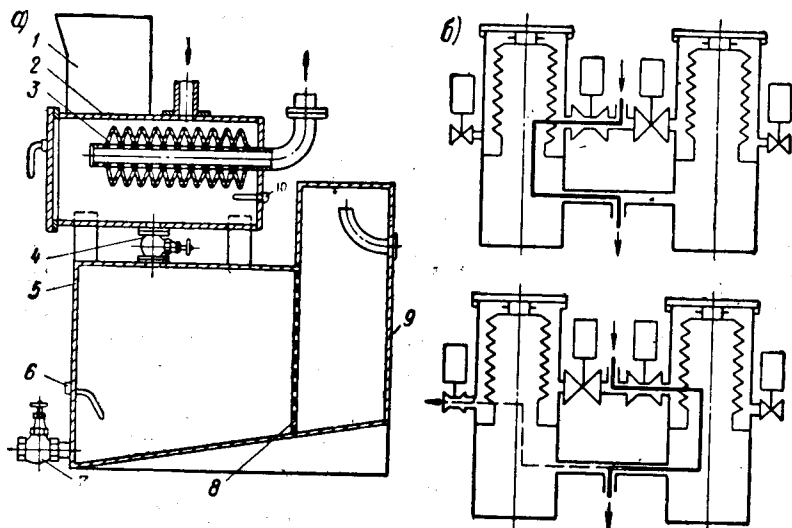


Рис.5. Фильтрационная установка «Софранс»

### Поверхностный фильтр «Софранс» (Франция).

Основными элементами конструкции являются два корпуса 2 (рис. 5, а), в которых горизонтально расположены фильтры 3. В качестве фильтрующих элементов используют металлические линзообразные диски с двухслойной сетчатой поверхностью, набранные на центральном перфорированном стержне в пакет. Внутренняя сетка имеет размер ячейки 50 мк, наружная 3—10 мк. В нижней части корпуса расположен детектор 10 (датчик устройства

обнаружения воды), подающий импульс на открытие дренажного клапана 4 при достижении предельного уровня отстоявшейся в корпусе воды или при предельной ее концентрации в топливе. Фильтры расположены на отстойной цистерне 5, предназначенной для сбора и отстоя продуктов очистки топлива. Цистерна снабжена электроподогревателем с термостатом для поддержания заданной температуры и детектором 6 воды, подающим импульс на открытие дренажного клапана 7. Часть отстойной цистерны отгорожена перфорированной переборкой 8, образующей переливную цистерну. На фильтре смонтировано программное устройство 1 для регулирования последовательности и продолжительности процессов при очистке топлива и фильтрующих элементов.

Насос фильтрационной установки через подогреватель подает топливо, подлежащее очистке, к одному из двух фильтров, полностью покрывая поверхности фильтрующих элементов. Очищенное топливо отводится через центральный стержень.

Частицы воды, находящиеся в топливе, благодаря коалесцирующему эффекту накапливаются на поверхности дисков и по мере укрупнения капель стекают в нижнюю часть корпуса фильтра. Отсюда вода и твердые отложения периодически сбрасываются в отстойную цистерну через клапан 4, который открывается на 4 — 5 сек. по импульсу детектора воды. Так как корпуса фильтров и цистерна полностью заполнены топливом под давлением, влияние качки на качество отстоя сказывается незначительно. Из отстойной цистерны 5 топливо поступает в переливную цистерну 9, откуда возвращается в судовые отстойные цистерны. Скапливающиеся в отстойнике 5 вода и шлам периодически по импульсу детектора 6 воды сбрасываются через дренажный клапан 7 в судовую шламовую цистерну. При увеличении сопротивления фильтра до  $0,42 \text{ кгс/см}^2$  в результате загрязнения поток топлива автоматически переключается на второй фильтр с одновременной очисткой противотоком первого фильтра (рис. 5, б). Очистка фильтра продолжается около 20 с, после чего фильтрующий элемент подготовлен к следующему циклу фильтрации.

## ФИЛЬТРЫ МАСЛА

В процессе эксплуатации циркуляционное масло загрязняется различными посторонними включениями. Одни загрязнения растворяются в масле, и удаление их сопряжено с большими трудностями, другие содержатся в виде нерастворимых включений и могут быть эффективно удалены с помощью судового очистительного оборудования.

К последним загрязнениям относятся:

- вода и водные растворы неорганических и органических кислот, возникающие в циркуляционном масле двигателей, работающих на тяжелых топливах;
- механические примеси (загрязнения системы, ржавчина, сварочные брызги, песок, металлические частицы, образующиеся в результате износа подшипников, цилиндров и шестерен, отставшие пленки лакокрасочных покрытий, замазки, волокнистые материалы набивок);
- углеродистые соединения от неполного сгорания топлива и шлам от разложения масла.

Загрязнение масла в значительной степени зависит от технического состояния дизельной установки и уровня ее эксплуатации. Но в любом случае полностью предотвратить появление в масле посторонних включений невозможно, поэтому эффективная очистка масла в системе является важным средством длительного сохранения качественных показателей масла.

Использование полно проточных фильтров ограничивает тонкость очистки масла, так как задержание фильтром мелких загрязнений связано с увеличением сопротивления и уменьшением пропускной способности фильтрующего элемента. По этой причине фильтры, устанавливаемые на всасывающей и нагнетательной магистралях циркуляционного насоса, выполняют грубую очистку. Распространены сетчатые и щелевые фильтры различных конструкций. Для упрощения обслуживания фильтры грубой очистки часто выполняют самоочищающимися.

*В пластинчато-щелевых фильтрах* фильтрующий комплект очищают проворачиванием его относительно неподвижных ножей, которые при этом удаляют грязь из щелей фильтра.

*Сетчатые фильтры*, используемые в масляных системах двигателей «Бурмейстер и Вайн» (рис. 6, а), очищают путем продувания фильтрующей сетки 9 сжатым воздухом через фланец 5 давлением 5—8 кгс/см<sup>2</sup>. Воздух подается в полость А и через отверстия В в корпусе фильтра 10 продувает сетку 9. Загрязнения, удаляемые с сетки, попадают в камеру 8, откуда по трубопроводу 6 отводятся в шламособорник. Для очистки всей сетки ее проворачивают с помощью рукоятки 1, на валик 2 которой насажена шестерня 4, сцепленная с зубчатым колесом 3, надетым на сетчатый цилиндр 9. Перед очисткой фильтра необходимо перекрыть поступление масла в канал 7. При этом работают другие секции фильтра.

Аналогично при помощи сжатого воздуха очищают сетчатые фильтры, установленные в системах двигателей МАН (рис. 6, б). В процессе работы масло через патрубок 11 и окна В поступает к четырем одинаковым сетчатым фильтрам 25. Каждый фильтр для увеличения пропускной способности имеет по три сетчатых цилиндра 13, смонтированные на стержне 14 в корпусе 12. Пройдя через сетки, очищенное масло через окно Г поступает в сборную камеру 20 и через патрубок 22 выходит в систему.

Для очистки фильтров служит распределительное устройство 26, с помощью которого можно попеременно продувать сжатым воздухом сетчатые элементы всех фильтров. Рычагом 17 через храповой привод 16 распределительное устройство устанавливают в положение, обеспечивающее очистку одного из фильтров. При этом воронка 23, связанная с вертикальным валом 21 распределительного устройства, закрывает подачу грязного масла в очищаемый фильтр и сообщает его внутреннюю полость с трубопроводом 24 шламособорника. Одновременно заслонка 19, также связанная с вертикальным валом 21, закрывает окно Г выхода очищенного масла из фильтра.

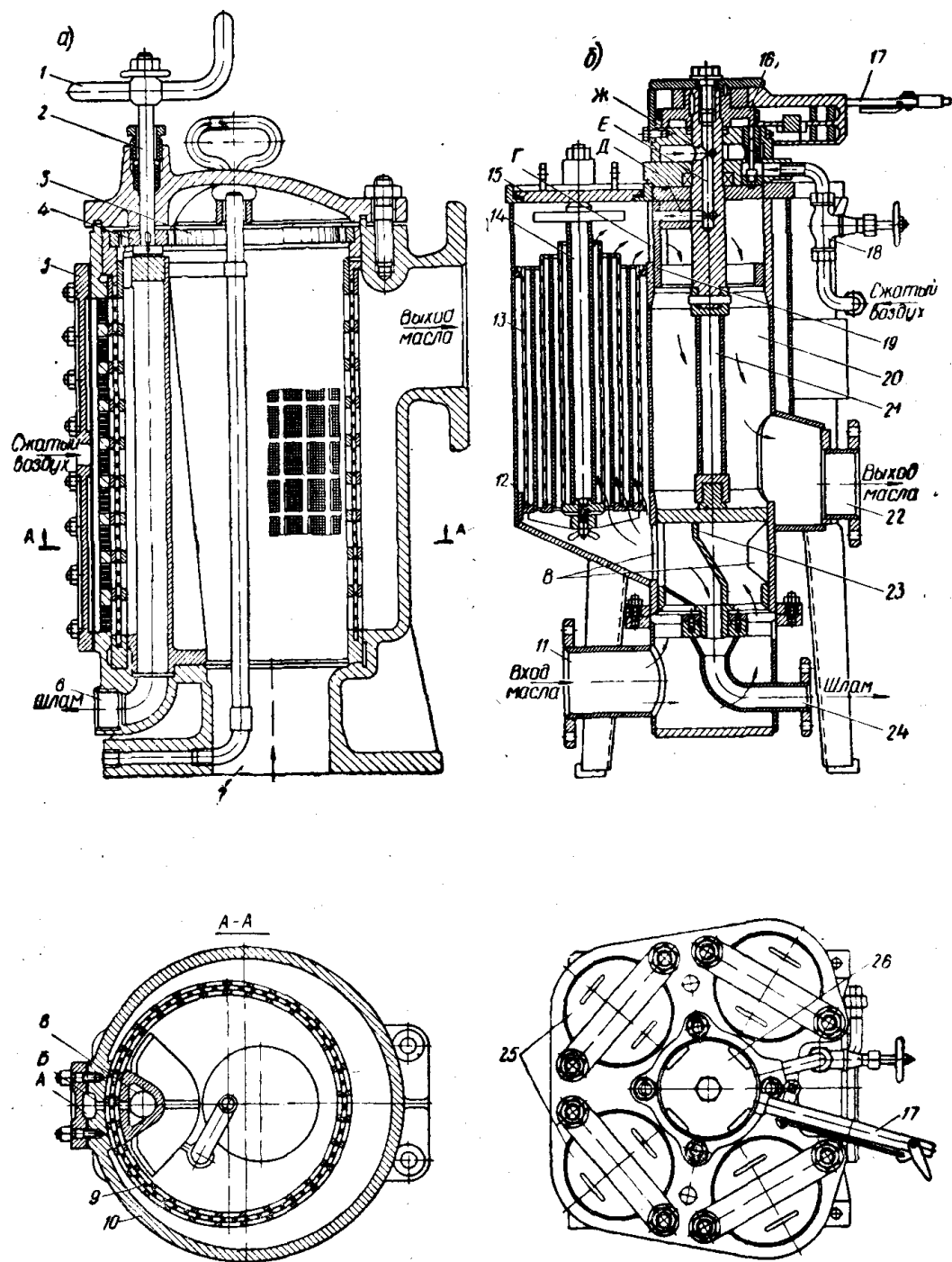


Рис. 6. Сетчатые фильтры с пневматической очисткой

После установки распределительного устройства открывают шламоспускной клапан на трубе 24 и запорный клапан 18 сжатого воздуха. По каналам *Е* и *Ж* вертикального вала 21 через отверстие *Д* в заслонке 19 сжатый воздух поступает на продувание сеток, которое длится 8—10 с. Шлам удаляется через воронку 23 и патрубок 24 в шламосборник.

По окончании процесса очистки воздушный и шламоспускной клапаны закрывают, а распределительное устройство рычагом 17 переводят либо на очистку следующего фильтра, либо в нейтральное положение. Каждый фильтрующий элемент может быть извлечен из корпуса для осмотра или ремонта вместе с крышкой 15. Для отделения металлических частиц, попадающих в масло, используют магнитные фильтры, позволяющие улавливать частицы размером до 1 мк. Иногда магнитные вставки предусматривают в корпусах обычных фильтров. Фильтры грубой очистки отделяют примеси с минимальным размером 60—80 мк. Такое качество очистки недостаточно и быстро привело бы к повышению содержания в масле механических примесей до значений, превышающих допустимые нормы.

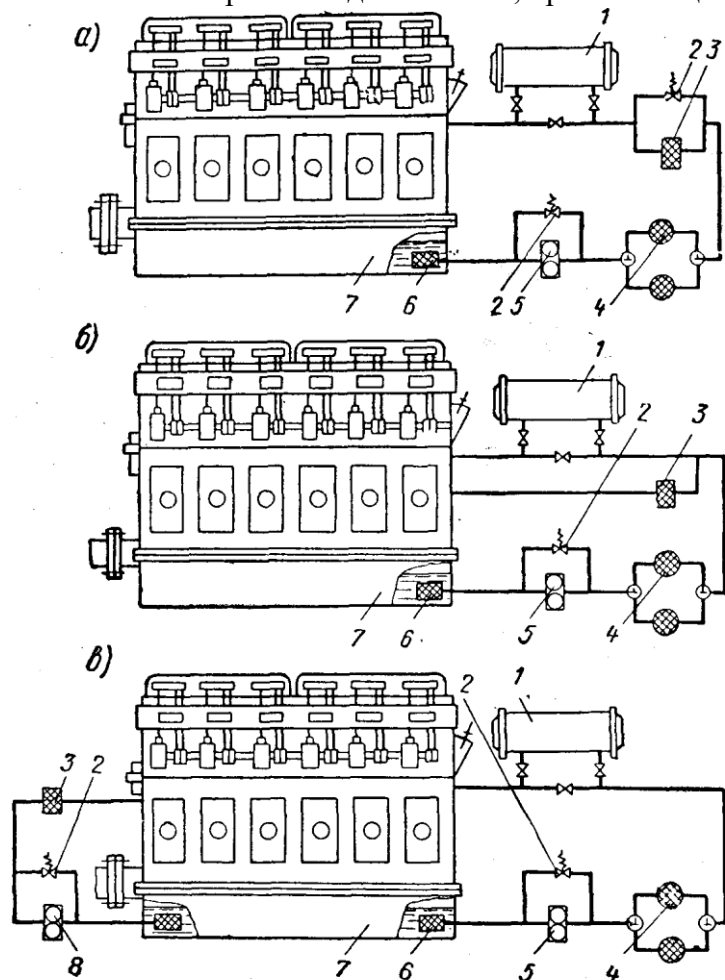


Рис. 27. Схемы включения фильтров тонкой очистки в циркуляционную систему смазки:

1 — маслоохладитель; 2 — редукционный клапан; 3 и 4 — фильтры тонкой и грубой очистки; 5 — циркуляционный масляный насос; 6 — приемный фильтр; 7 — двигатель; 8 — автономный масляный насос

В циркуляционной системе мощных дизелей, обслуживаемой масляными насосами высокой производительности, более тонкая фильтрация связана с трудностями использования многоэлементных крупногабаритных фильтров. Поэтому фильтры тонкой очистки в этих двигателях не применяют, заменяя их сепараторами.

В маломощных быстроходных двигателях с небольшой циркуляционной системой смазки фильтры грубой очистки не могут обеспечить необходимого качества масла, а применение сложных сепараторов экономически невыгодно. Поэтому часто наряду с фильтрами грубой очистки применяют фильтры тонкой очистки.

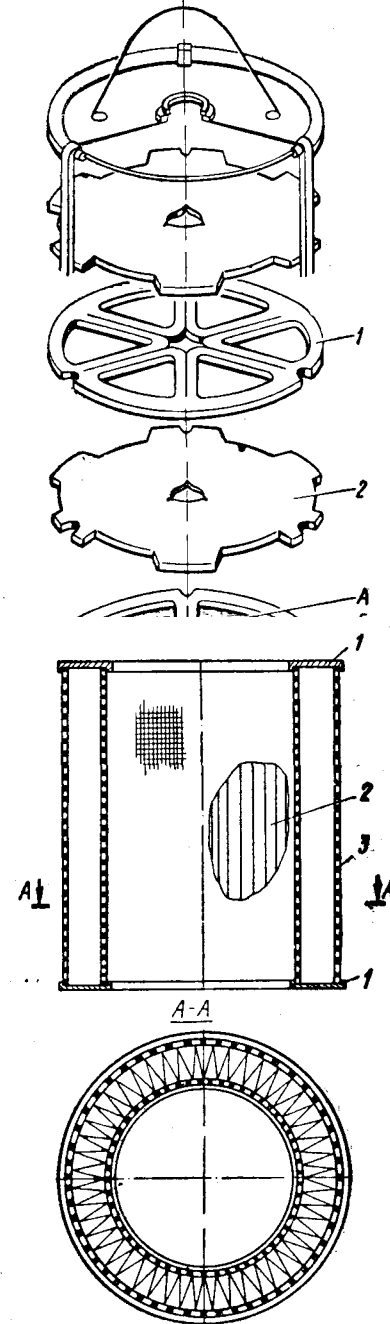
По схеме включения и количеству проходящего масла фильтры тонкой очистки подразделяют на частично проточные и полно проточные. Частично проточные фильтры отделяют механические примеси с минимальным размером 2—3 мк. Обладая высоким сопротивлением, они позволяют фильтровать 10—15% всего количества масла, подаваемого

насосом. В связи с этим частично проточные фильтры работают по байпасному принципу. Последовательная, параллельная и автономная схемы включения этих фильтров соответственно приведены на рис. 7.



Примером частично проточного фильтра тонкой очистки является бумажный фильтрующий элемент типа АСФО (рис. 8). Фильтр набирается из попеременно расположенных сплошных пластин 2 и прокладок 1 с выштампованными на перемычках канавками Б, не достигающими до обода. Пластины и прокладки изготовлены из специального картона. Из корпуса фильтра грязное масло поступает в полости А между пластинами и далее проникает в каналы Б на перемычках через щели между плотно сжатыми пластинами и прокладками. По каналам Б масло сливается в центральную полость В элемента.

Рис. 8. Бумажный фильтрующий элемент АСФО



Полно проточные фильтры отделяют механические примеси с минимальным размером 5—10 мк. Пропускная способность увеличивается либо вследствие большого числа фильтрующих элементов (что при небольшой производительности циркуляционного насоса не вызывает значительного увеличения габарита фильтра), либо при использовании фильтров особой конструкции, обладающих большой поверхностью фильтрации.

Примером такого фильтра может служить полно проточный сменный бумажный фильтрующий элемент (рис. 9), распространенный за рубежом. Фильтровальная бумага, пропитанная специальным составом, сложена «гармошкой», что при небольшом габарите элемента обеспечивает высокую пропускную способность.

В качестве материала для фильтров тонкой очистки, кроме бумаги и картона, используют хлопчатобумажные и шерстяные ткани, войлок, фетр, целлюлозу, синтетические материалы.

Рис. 9. Полнопроточный бумажный фильтрующий элемент: 1 – крышка; 2 – бумажный фильтрующий элемент; 3 – сетчатый цилиндр

### Техническая эксплуатация фильтров

Эксплуатация любых фильтров сводится к подготовке и вводу фильтра в действие, контролю за чистотой фильтрующего элемента, своевременному удалению скапливающихся в фильтре загрязнений и периодической очистке фильтрующих элементов. При подаче топлива в очищенный фильтр должен быть открыт воздушный краник до тех пор, пока через него не пойдет струя топлива без пузырьков воздуха. За работой фильтров следят по показаниям манометров до и после фильтра. Очистка фильтра необходима при перепаде давлений более допустимой нормы. При фильтрации вязкого топлива в условиях низких температур показания манометров не будут учитывать действительного состояния фильтрующего элемента. На необходимость очистки фильтра может указывать предупредительная сигнализация, импульсом для работы которой является предельное изменение перепада давлений. Фильтрующие элементы, очищаемые способом обратного потока, следует периодически (через 3—6 месяцев) разбирать и промывать в чистом топливе.

Правила технической эксплуатации фильтров:

1. При подготовке фильтра к действию необходимо открыть клапаны до и после фильтра, из фильтров жидкости выпустить воздух и убедиться в отсутствии протечек. В самоочищающихся фильтрах проверить работу очищающего устройства. При наличии средств автоматизации включить их в работу в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

2. Во время работы фильтра необходимо следить за перепадом давления до и после фильтра. Из фильтров жидкости производить удаление воздуха не реже одного раза за вахту.

3. При повышении перепада давления на фильтре сверх допустимого инструкцией по эксплуатации фильтр должен быть очищен, если увеличение перепада в фильтрах не вызвано временным повышением вязкости прокачиваемой жидкости. Сетки фильтров вязких нефтепродуктов рекомендуется очищать и промывать непосредственно после вывода фильтра из действия.

4. При резком уменьшении или исчезновении перепада давления на фильтре его нужно немедленно вывести из действия, проверить правильность его сборки и состояние фильтрующих элементов. Поврежденные элементы следует отремонтировать или заменить.

5. Должно быть обеспечено своевременное удаление грязи и шлама из полостей самоочищающихся фильтров.

6. При очистке фильтров топлива и масла должны быть приняты меры по предотвращению попадания нефтепродуктов на горячие поверхности судовых технических средств, расположенных вблизи фильтров.

## Практическая работа № 12

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕПАРАТОРОВ ТОПЛИВА И МАСЛА»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и технической эксплуатацией сепараторов топлива и масла.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы, фильтры, видеоматериалы.

**Содержание работы:** 1. Изучение принципов и режимов работы сепараторов.  
2. Изучение и описание конструкции основных типов сепараторов.  
3. Техническая эксплуатация сепараторов топлива и масла.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Сепарация – один из важнейших процессов подготовки топлива и масла к использованию их в судовом двигателе.

В топливе и масле содержатся различные примеси: вода, соединения серы, соли, различных металлов, механические примеси.

Использование топлива (масла) с большим содержанием механических примесей и воды приводит к загрязнению форсунок, большому износу плунжерных пар топливной аппаратуры, к износу трущихся деталей двигателя, понижает эффективность сгорания топлива и увеличивает нагарообразование в цилиндрах. Удаление примесей и воды из топлива имеет большое значение для обеспечения хорошего сгорания и уменьшения износа топливной аппаратуры. Благодаря удалению загрязняющих примесей из смазочного масла удастся уменьшить изнашивание деталей дизелей и предотвратить возможные неполадки и поломки.

Сепаратор – судовой вспомогательный механизм, предназначенный для удаления из топлива или масла механических примесей и воды.

Сепарация позволяет удалять из топлива (масла) металлические частицы более 1 мкм, неметаллические частицы размером 2-3 мкм и снизить содержание воды до 0,02 %.

В 1878 году инженер Лаваль назвал сепаратором изобретенную им центрифугу для разделения смесей по удельному весу. На судах морского флота наряду с отечественными сепараторами распространены сепараторы фирм «Де Лаваль» (Швеция), «Вестфалия» (ФРГ), «Титан» (Дания), «Шар плес» (Англия), «Мицубиси» (Япония), «Лакта» (Финляндия) и др.

### Сепарация топлива

На современных судах сепарируют все виды жидких топлив. Однако особое значение сепарация имеет при использовании в двигателях тяжелых топлив. Повышение качества топлива путем сепарации позволяет значительно понизить износ деталей цилиндропоршневой группы и топливной аппаратуры, повысить эффективность сгорания топлива и уменьшить нагарообразование в цилиндрах.

Принцип очистки топлива от воды и механических примесей общий для всех центробежных сепараторов. Он заключается в отделении твердых частиц и воды под действием центробежных сил возникающих при вращении топлива в сепараторе.

По принципу очистки барабана от грязи сепараторы делятся на две группы:

- не самоочищающиеся, из которых скопившуюся в барабане грязь удаляют вручную, для чего требуется остановка и разборка сепаратора;
- самоочищающиеся, из которых грязь удаляется автоматически под действием центробежных сил на ходу сепаратора во время открытия барабана.

Сепараторы обеих групп путем установки соответствующих деталей в барабан могут быть настроены либо на режим работы, при котором из топлива удаляются вода и механические примеси (пурификация), либо на режим, при котором удаляются только механические примеси (кларификация).

*Пурификация* позволяет одновременно удалять воду и механические примеси, допускает промывку топлива горячей водой, что не только улучшает отделение механических примесей, но и способствует удалению из топлива части растворенных в нем солей, т. е. понижает зольность топлива. Однако при пурификации трудно добиться высокого качества очистки топлива, так как для этого сепаратор должен работать с очень низкой производительностью.

*Кларификация* обеспечивает при той же, что и в процессе *пурификации*, производительности лучшее отделение механических примесей, что объясняется участием в процессе отделения частиц большей площади тарелок. Но *кларификация* допустима только при отсутствии в топливе воды.

Некоторые дизелестроительные фирмы рекомендуют при использовании тяжелых топлив производить сепарацию в два этапа: в первом сепараторе — *пурификация*, а во втором, работающем последовательно с первым, — *кларификация*. Опыт показывает, что *кларификатор* в этом случае работает неэффективно. Более рациональна параллельная установка двух *пурификаторов*, работающих с пониженной производительностью.

При *кларификации*, как и при *пурификации*, неочищенное топливо подается во внутреннюю полость тарелкодержателя. Однако благодаря наличию сплошной нижней тарелки топливо входит в межтарелочные зазоры с периферии, что делает его путь длиннее, увеличивает время его нахождения в барабане и обеспечивает более тонкую очистку.

Отделяемые частицы механических примесей центробежной силой прижимаются к нижним поверхностям тарелок, собираются в более крупные соединения и сбрасываются с нижних кромок в грязевую камеру к стенкам барабана.

Скорость движения топлива в межтарелочных зазорах определяет качество очистки. При высокой скорости мелкие частицы примесей пройдут вместе с топливом весь зазор, так и не успев отсепарироваться. Таким образом, на качество очистки влияет производительность сепаратора, в связи с чем, предусмотрено ее регулирование.

Так как в барабане, настроенном на *кларификацию*, нет пути для выхода воды, то обводненное топливо таким сепаратором не очищают.

На рисунке 1 показана работа сепаратора тарельчатого типа в режиме *кларификации*, стрелками показано движение топлива.

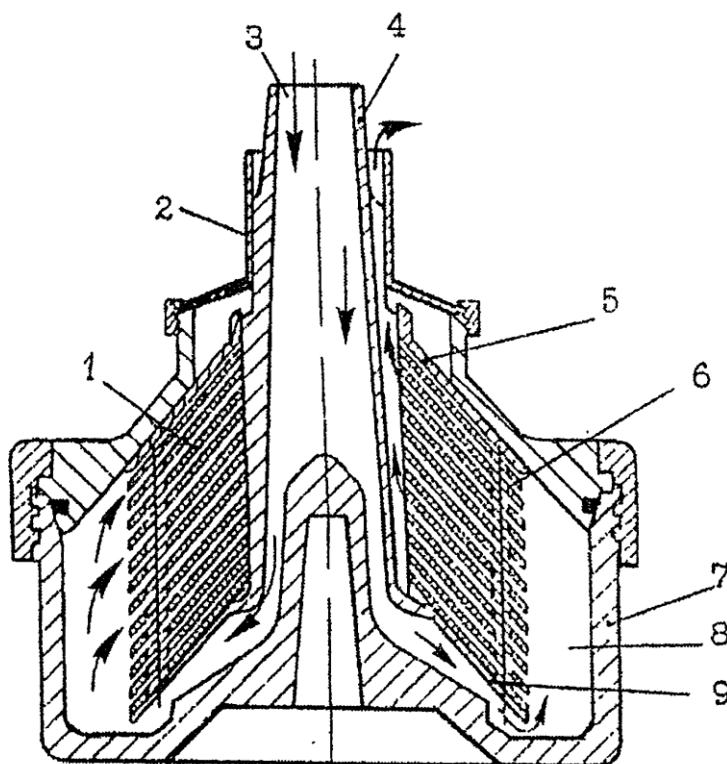


Рис. 1. Схема барабана – кларификатора: 1 – пакет тарелок барабана; 2 – кларификаторная насадка; 3 – центральный канал; 4 – тарелкодержатель; 5 – верхняя защитная тарелка; 6 – каналы в тарелках (образованные отверстиями в тарелках); 7 – барабан; 8 – шламовая камера; 9 – нижняя сплошная тарелка

Неочищенное топливо по центральному каналу 3 непрерывно подается во вращающийся барабан 7. Далее оно поступает к периферии барабана 7, протекает между тарелками 1 и

отводится через кольцевой канал кларификаторной насадки 2, как показано стрелками. Загрязняющие топливо примеси под действием центробежной силы осаждаются на внутренних стенках барабана 7 и на концевых поверхностях тарелок 1.

Если в сепарируемом топливе имеется вода, то она, выделяясь вместе с механическими примесями, заполнит весь грязевой объем 8 барабана, образовав гидравлический затвор, который перекроет проход для поступления топлива в межтарелочное пространство 1. По этой же причине неочищенное топливо заполнит канал 3 в тарелкодержателе 4 и начнет выливаться из патрубка переполнения. Процесс сепарации прекратится. Поэтому при сепарировании обводненных сортов топлива необходимо обеспечить непрерывный отвод из барабана выделяющейся воды.

На рисунке 2 показана работа сепаратора в режиме пурификации.

При сборке сепаратора на режим пурификации заменяют верхнюю защитную тарелку 5 и кларификаторную насадку 2 (см.рис.1) на регулировочную шайбу 2 и разделительную тарелку 7 (см.рис.2). Также меняют нижнюю сплошную тарелку 9 без отверстий (см.рис.1) на тарелку 10 (см.рис.2), которая имеет отверстия по окружности.

В период пуска сепаратора (для предупреждения выхода неочищенного топлива через отверстия 6 регулировочной шайбы 2) во вращающийся барабан предварительно заливают воду для образования гидравлического затвора. Только после этого можно подавать топливо, которое через тарелкодержатель 3 поступит в каналы 10, имеющиеся в нижней и других тарелках 8, и будет распределяться по межтарелочным пространствам.

Под действием центробежных сил вода, как более тяжелая составляющая, отбрасывается к периферии барабана 9, смешивается с водой гидравлического затвора и отводится через кольцевое отверстие 6 регулировочной шайбы 2 (по стрелке Б), а топливо, как более легкая часть, оттесняется к центру барабана и отводится через патрубок 5 разделительной тарелки 7 по стрелке А.

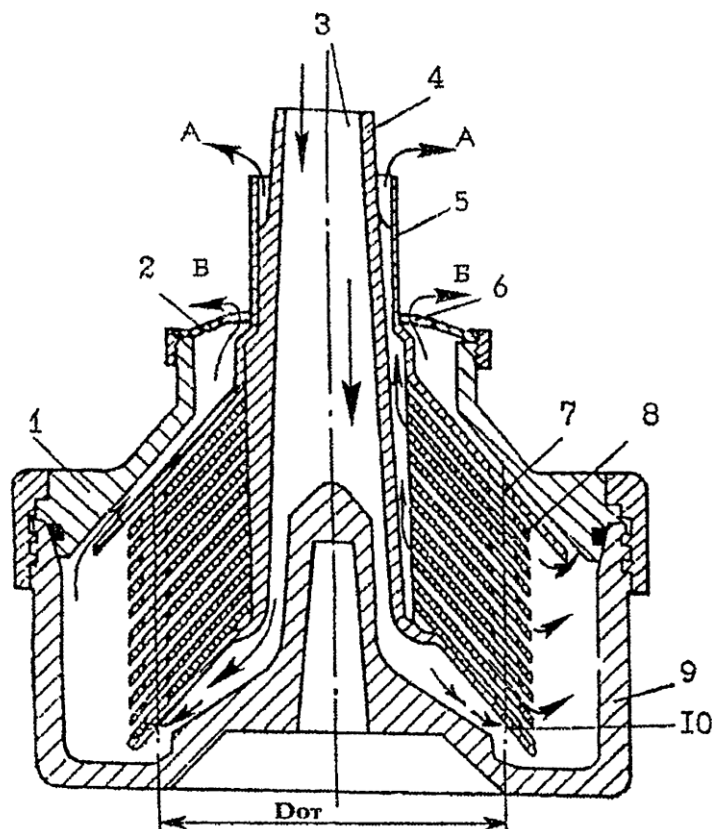


Рис. 2. Схема барабана – пурификатора: 1 – крышка барабана; 2 – регулировочная шайба; 3 – центральный канал; 4 – тарелкодержатель; 5 – патрубок для выхода топлива; 6 – отверстие в регулировочной шайбе; 7 – разделительная тарелка; 8 – тарелки сепаратора; 9 – барабан; 10 – отверстия в нижней тарелке

При установившемся процессе сепарирования в барабане создается так называемый «нейтральный слой» - условная цилиндрическая поверхность раздела фаз топлива и воды. Обычно диаметр этой поверхности должен быть примерно равен диаметру  $D_{от}$  расположенных отверстий 10 в дисках 8, однако он может быть и меньше, и больше  $D_{от}$ , т.е. «нейтральный слой» может смещаться или к центру барабана 9, или к его периферии. В обоих случаях возможны отрицательные последствия. В первом – уменьшается сепарирующая поверхность тарелок барабана (снижается эффективность работы) и увеличивается содержание воды в чистом топливе. Во втором случае возможна потеря топлива, т.е. его попадание в отсепарированную воду.

Положение «нейтрального слоя» зависит от гидродинамического равновесия трех потоков: поступающего топлива и выходящих потоков чистого топлива и воды. Необходимое равновесие достигается регулированием одного потока – отсепарированной воды – с помощью подбора регулировочной сменной шайбы 2. К сепаратору прилагается комплект таких шайб, которые отличаются разными диаметрами выходных отверстий  $D_{ш}$ .

Использование той или иной шайбы зависит от разности плотности сепарируемого топлива и воды и от процентного содержания воды в топливе.

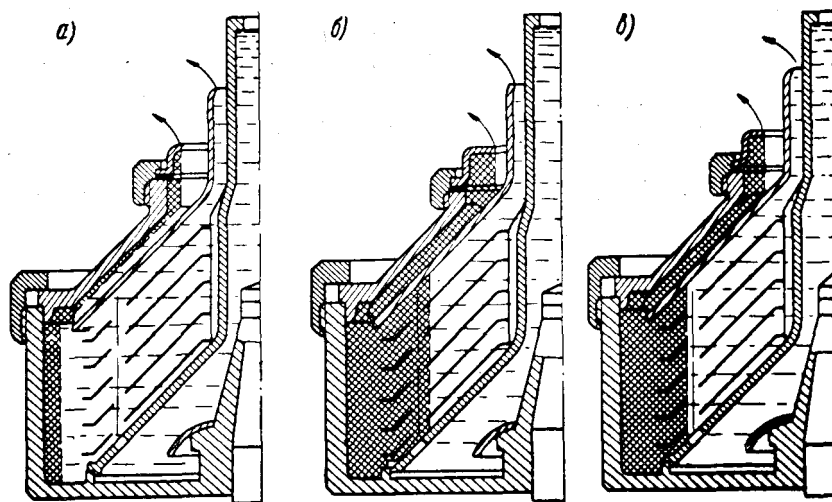
Чем больше разница плотностей и чем больше содержание воды в топливе, тем больше должен быть внутренний диаметр регулировочной шайбы. Это объясняется следующим. В процессе сепарации между топливом и водой в барабане устанавливается граница раздела, при которой вода не должна выходить из сепаратора с очищенным топливом, а топливо не должно уходить из барабана вместе с отсепарированной водой через зазор, создаваемый регулировочной шайбой.

Если зазор слишком велик (рис. 3, а), сопротивление кольцевого канала, по которому вода выходит из барабана, уменьшается и граница раздела приближается к стенкам барабана, в результате чего часть топлива уходит с водой.

Если зазор меньше требуемого (рис. 3, б), сопротивление выходного канала для воды возрастает, и граница раздела приближается к центру барабана, из-за чего часть воды может уйти с очищенным топливом.

И только при правильно подобранной регулировочной шайбе (рис. 3, в) вода полностью отделяется от сепарируемого топлива, а потери топлива с удаляемой из барабана водой незначительны.

При выборе регулировочной шайбы следует учитывать следующее. Чем больше плотность топлива, тем ближе к периферии будет приближаться граница раздела. Чтобы не допустить этого, необходимо устанавливать регулировочную шайбу с меньшим внутренним диаметром. И, наоборот, при сепарации легких топлив выбирают шайбу с большим внутренним диаметром.



Не самоочищающиеся сепараторы на судах морского флота применяют для очистки легких сортов топлива и циркуляционного масла. В качестве примера рассмотрим наиболее распространенный не самоочищающийся сепаратор «Де Лаваль».

Процесс очистки топлива в барабане сепаратора можно проследить по рис. 4, а, на котором барабан показан в сборе. Условно левая часть чертежа показывает настройку сепаратора на пурификацию, а правая — на кларификацию. При пурификации топливо поступает во внутреннюю вертикальную полость тарелкодержателя и через отверстия в его коническом основании попадает в распределительные отверстия конических тарелок.

В результате непрерывной подачи грязное топливо по каналу А через распределительные отверстия в тарелкодержателе заполняет межтарелочное пространство. Здесь при вращении барабана 2 топливо очищается благодаря разности центробежных сил, действующих на частицы топлива, воды и механических примесей.

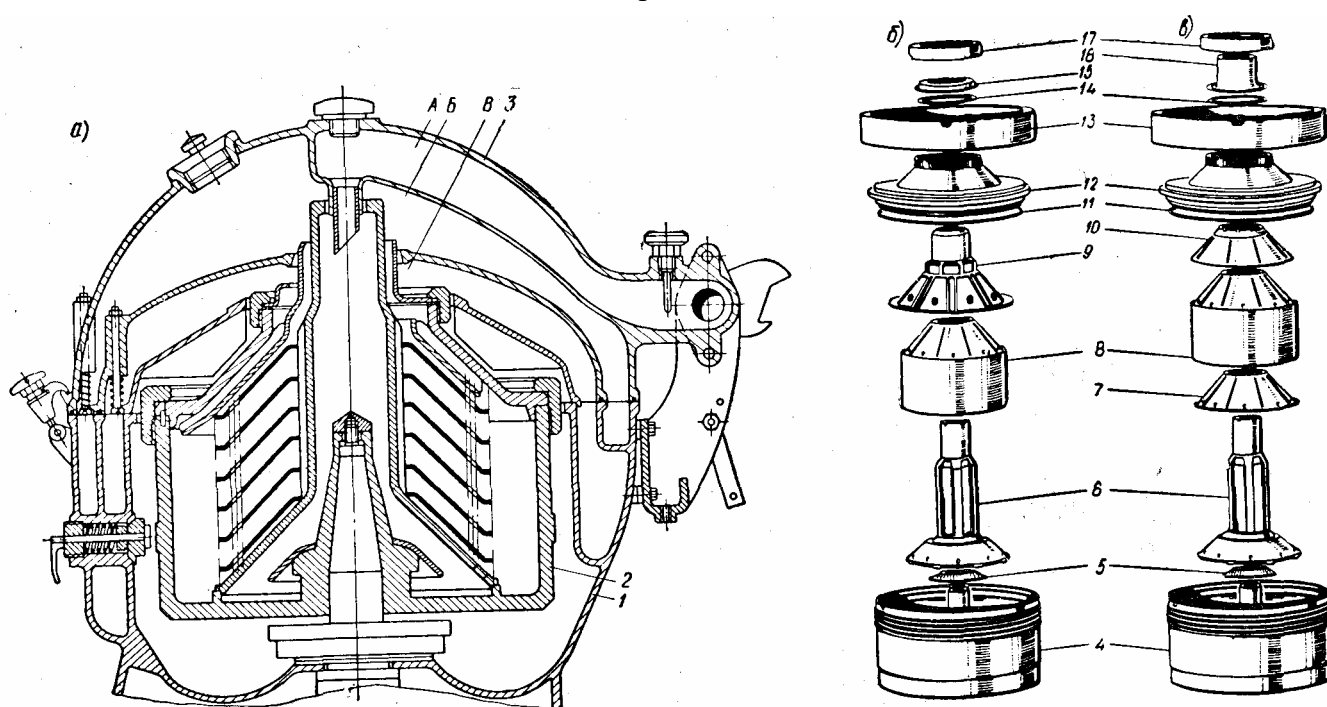


Рис.4. Барабан несамоочищающегося сепаратора типа MB1500/1700C «Де Лаваль»

Вследствие наклона тарелок, образующих пакет, частицы воды и механические примеси, как более тяжелые, идут вниз, к периферии тарелок по их нижним поверхностям, а очищенное топливо, как более легкое, — вверх по верхним поверхностям тарелок к центру барабана. Достигнув наружной поверхности вертикальной части тарелкодержателя, топливо перемещается вверх и по кольцевому зазору между тарелкодержателем и водяной горловиной попадает в среднюю камеру В крышки-сборника 3 сепаратора 1. Отсюда его забирает насос и направляет в систему.

Механические примеси, будучи тяжелее воды и топлива, откладываются на стенках корпуса барабана. Вода, отброшенная к стенкам барабана, перемещается по ним вверх и через зазор между водяной горловиной и регулировочной шайбой попадает в нижнюю камеру В крышки-сборника.

На рис. 4 в последовательности, соответствующей порядку сборки, показаны детали барабана 4: порядок сборки на режим пурификации (рис. 4,б) и на режим кларификации (рис. 4, в). Отличием при настройке на пурификацию является установка над комплектом тарелок 8 на

тарелкодержателе 6 водяной горловины 9 и закрепление на крышке барабана 12 регулировочной шайбы 15 с помощью кольцевой гайки 17. При настройке на кларификацию водяную горловину, регулировочную шайбу и нижнюю тарелку из комплекта удаляют, а вместо них устанавливают нижнюю тарелку 7 без выпускных отверстий, верхнюю тарелку 10 с высокими ребрами и на крышку барабана вместо регулировочной шайбы закрепляют грязевую горловину 16. На рисунке 1 также показаны кольцо 5, резиновые кольца 11 и 14 и кольцевая гайка 13.

Самоочищающиеся сепараторы широко применяют в дизельных установках современных морских судов. Основным назначением таких сепараторов является очистка тяжелых сортов топлив. Однако в последние годы многие дизелестроительные фирмы используют эти сепараторы также для очистки дизельных топлив и циркуляционных масел. Это объясняется отсутствием ручного труда при очистке барабана и возможностью автоматизации процесса сепарации. Ниже рассматривается конструкция, принцип действия и порядок разгрузки барабана самоочищающегося сепаратора МАРХ207-00S «Де Лаваль» (рис. 5). На левой части чертежа барабан закрыт, на правой—открыт. Основные узлы и детали барабана перечислены в порядке сборки.

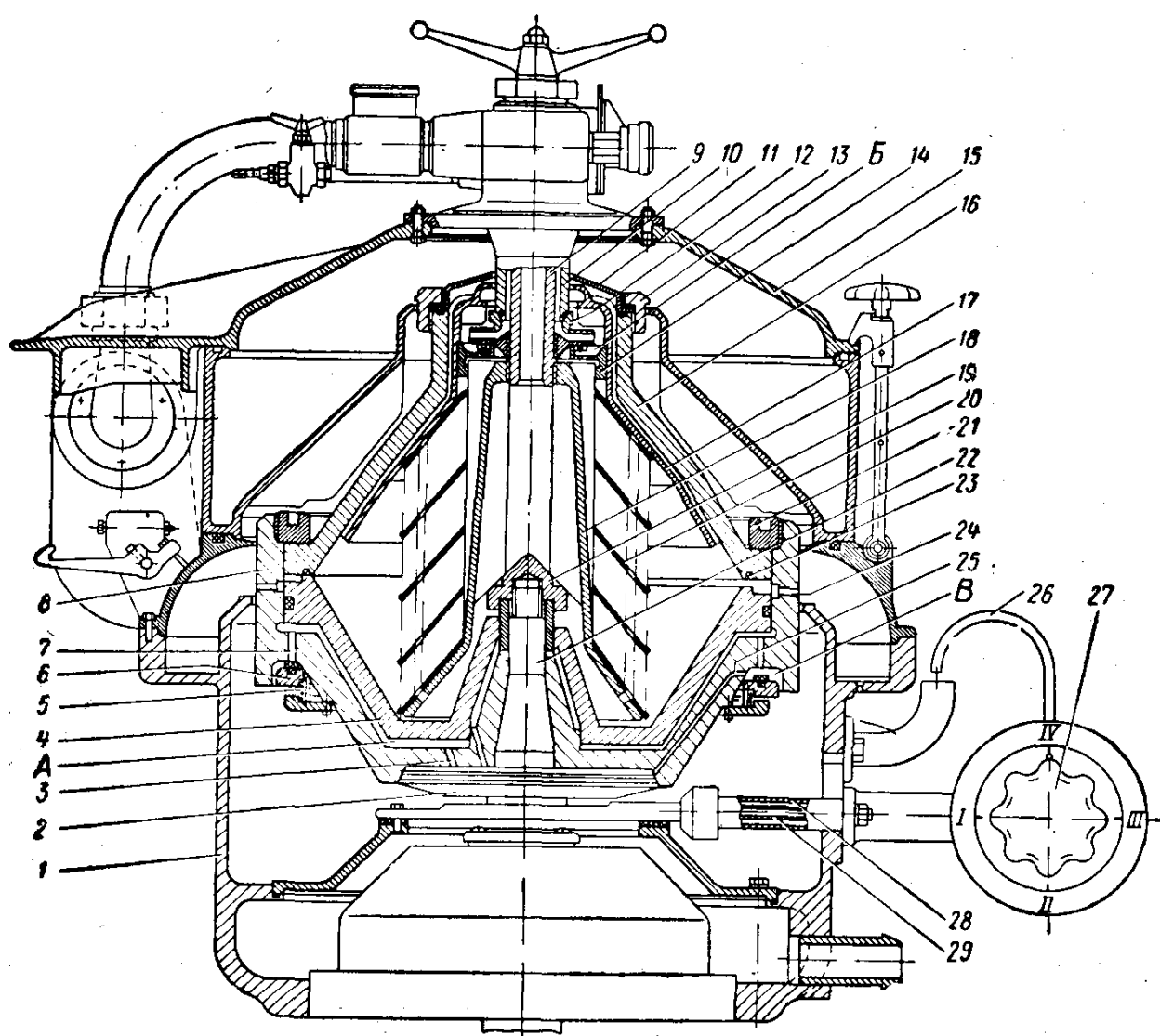


Рис. 5. Барабан самоочищающегося сепаратора МАРХ207-00S «Де Лаваль»

Распределительное устройство 2 расположено под барабаном и неподвижно закреплено на шламособорнике 1. Вода на открытие и закрытие барабана через распределительное устройство подается распределительным краном 27 по наружной 28 и внутренней 29 трубам.

На вертикальном валу 22 расположены корпус 8 барабана, подвижный поршень-затвор 4, являющийся дном внутренней полости барабана, колпачковая гайка 19. На тарелкодержателе



18 находится пакет тарелок 20. Кольцо 14 центробежного уровня топлива в барабане и напорный диск 12 закреплены в водяной горловине 17, устанавливаемой при настройке на пурификацию. Крышка 16 барабана закреплена круглой гайкой 21, Регулировочную шайбу 11 применяют при пурификации (или вместо нее диск с минимальным внутренним диаметром при кларификации). Круглая гайка 13 служит для крепления регулировочной шайбы или диска. Трубопроводы 9 и 10 служат для подвода грязного топлива в сепаратор и отвода очищенного топлива из него (крепятся на крышке сепаратора 15). При пурификации грязное топливо по трубе 9 направляется в барабан, где сепарируется.

Отсепарированная вода удаляется из барабана между крышкой барабана 16 и водяной горловиной 17 через кольцевой зазор регулировочной шайбы 11. Очищенное топливо между ребрами тарелкодержателя поднимается вверх и через кольцевую щель в кольце 14 центробежного уровня поступает в напорную камеру В. Наличие кольца центробежного уровня позволяет поддерживать в барабане вертикальную границу раздела топлива и воды, определяемую диаметром регулировочной шайбы.

Из напорной камеры В топливо поступает в напорный диск, способствующий созданию напора в выпускном топливном трубопроводе сепаратора. Напорный диск 12 работает по принципу центробежного насоса с той разницей, что рабочее колесо неподвижно, а жидкость имеет вращательное движение. При этом энергия вращающейся жидкости, проходящей через колесо, способствует созданию давления в выпускном трубопроводе. Давление, развиваемое напорным диском, зависит от высоты подъема подаваемого топлива и является переменным.

При кларификации очистка топлива происходит аналогично, но из барабана при этом есть только один выход (для очищенного топлива).

Работой затвора управляет распределительный кран 27, открывающий доступ воде в нужную полость. Во время работы сепаратора кран находится в положении IV. При этом открыт доступ воды из напорного бака по внутренней трубе 29 через распределительное устройство и отверстие 3 в днище корпуса барабана в полость А под подвижным поршнем-затвором. Благодаря этому под поршнем создается давление, удерживающее его в верхнем положении и прижимающее к уплотнительному кольцу 23.

Для очистки барабана прекращают подачу в него топлива и устанавливают кран в положение I. При этом доступ воды прекращается во внутреннюю трубу 29 и начинается в наружную трубу 28. Из трубы 28 вода через распределительное устройство по каналу 25 в корпусе барабана поступает в камеру В над подвижным кольцом 6, удерживаемым снизу пружинами 5.

Вода нажимает на подвижное кольцо 6, передвигая его вниз. При этом открываются вертикальные каналы 7, вода из полости А вытекает в полость В и через отверстия в подвижном кольце удаляется из барабана. Под давлением грязи, скопившейся в барабане, поршень-затвор 4 опускается и под действием центробежных сил шлам удаляется через окна 24 в стенках барабана.

После очистки барабана кран переводится в положение II, при котором все каналы закрыты и вода удаляется из барабана (3-6 с).

При переводе крана в положение III через редукционное отверстие вода по наружной трубе проходит снова через распределительное устройство и канал 3 в полость А и поднимает поршень-затвор. О полном закрытии барабана свидетельствует выход воды из индикаторной трубки 26, сообщенной в данный момент с внутренней трубой 29. Теперь кран снова устанавливается в положение IV и после заполнения барабана водой для водяного затвора (при пурификации) открывается подача топлива на сепарацию.

### **Выбор режима сепарации**

Качество очистки топлива в сепараторе во многом зависит от режима сепарации.

При настройке сепаратора на оптимальный режим по известным характеристикам топлива подбирают:

- диаметр регулировочной шайбы (при пурификации);
- температуру сепарации;

- производительность сепаратора;
- количество и температуру пресной воды для промывки топлива и создания водяного затвора (при пурификации);
- периодичность разгрузок барабана.

Регулировочную шайбу устанавливают при настройке сепаратора на пурификацию.

Установлено, что чем меньше разница между плотностью воды и сепарируемого топлива, тем меньше должен быть внутренний диаметр шайбы. В комплект барабана входят несколько регулировочных шайб с различными внутренними диаметрами. Необходимую шайбу выбирают по номограмме или специальной таблице, находящимся в инструкции по обслуживанию сепаратора.

При правильно подобранной регулировочной шайбе в отсепарированной воде содержится менее 1% топлива. Учитывая, что с понижением вязкости топлива при его сепарации улучшаются условия отделения воды и механических примесей, топливо подогревают. Установлено, что при сепарации вязкость топлива должна быть ниже 6° ВУ, а наилучшие условия сепарации обеспечиваются при вязкости 1—3° ВУ. В среднем температуры, соответствующие данной вязкости, составляют для топлива (в °С): дизельных — 50; средневязких моторных — 70-80; высоковязких — 80-90.

Производительность определяет время нахождения топлива под действием центробежных сил в барабане сепаратора и, следовательно, обуславливает качество очистки. Сепарация топлив с различной плотностью, вязкостью, содержанием механических примесей и воды требует установки соответствующей производительности сепараторов. Делают это на основании инструкций по обслуживанию сепаратора путем последовательного подбора режимов. Оптимальной производительностью является та, при которой в барабане сепаратора за сравнимый интервал времени скапливается наибольшее количество шлама. Обычно при очистке тяжелых топлив оптимальная производительность соответствует 30-40% максимальной.

В процессе работы сепаратора, настроенного на пурификацию, рекомендуется подавать в барабан горячую воду. Это способствует обновлению водяного затвора, вымыванию из топлива вредных солей калия и натрия, повышению качества сепарации за счет укрупнения и лучшего отделения механических примесей. Количество воды, подаваемой в сепаратор, должно составлять 3—5% количества подаваемого топлива. Температура воды должна быть приблизительно на 5°С выше температуры сепарируемого топлива.

В процессе пурификации топливо может образовывать с водой весьма стойкие эмульсии. Для предотвращения образования их в сепарируемый продукт необходимо добавлять де эмульгатор. Количество вводимого де эмульгатора должно составлять 0,1% веса сепарируемого топлива.

Промежуток времени между разгрузками барабана выбирают в зависимости от содержания грязи в сепарируемой жидкости. Например, при объемном проценте грязи в топливе 0,3 и производительности 1000 л/ч промежуток времени между разгрузками барабана должен составлять 60 мин. В эксплуатационных условиях обычно трудно установить объемный процент грязи в сепарируемом топливе, поэтому периодичность разгрузки барабана определяют опытным путем по консистенции грязи. Если грязь жидкая, то время между разгрузками может быть увеличено. Однако лучше разгружать барабан чаще, не допуская заполнения всего пространства грязевой камеры отходами сепарации.

Приведенные рекомендации настройки сепаратора на режим являются вспомогательными, так как обычно оптимальный режим сепарации удается найти лишь постепенно, в процессе наладки работы сепаратора, контролируя качество сепарации и варьируя перечисленные факторы. Разумеется, производительность сепаратора при этом должна обеспечивать потребности установки в топливе.

### **Сепарация масла**

Являясь наиболее производительным способом очистки, сепарация позволяет отделять не только твердые нерастворимые частицы, но также воду и некоторые растворимые в воде

продукты старения масла. Современные сепараторы, работая при максимальном к. п. д., позволяют устранять из масла воду в количестве 0,25%, а твердые примеси — до размера 2—3 мк. Даже для масел с моющими присадками, при которых нерастворимые частицы имеют размер меньше 1 мк, сепарация является необходимым способом очистки. Это объясняется тем, что циркуляционное масло может засоряться частицами, попавшими в цилиндр с продувочным воздухом, ржавчиной и другими примесями, размер которых в несколько раз больше загрязнений, содержащихся в суспензии. Эти крупные частицы, вызывающие абразивное действие, должны быть удалены, иначе возможны повреждения трущихся поверхностей.

Кроме того, сепарация необходима вследствие возможности увеличения частиц углеродистого происхождения, несмотря на использование моющих присадок диспергирующего типа. Это особенно вероятно в тронковых двигателях, работающих на тяжелых топливах, где в результате не плотности поршневых колец может возрасти количество продуктов сгорания топлива в масле.

При непрерывном увеличении содержания твердых частиц в масле может быть достигнуто состояние, при котором мелкие частицы начинают увеличиваться в размерах, что объясняется истощением моющей присадки. В этих условиях сепарация, обеспечивая удаление укрупненных частиц, позволяет поддерживать в масле допустимый уровень механических примесей.

Для сепарации масла используют две системы: периодическую и непрерывную.

Периодическая система сепарации оборудована отстойной цистерной (роль которой может также выполнять вторая циркуляционная) и цистерной сепарированного масла, каждая из которых по емкости не менее основной циркуляционной цистерны. При этом в системе смазки работают попеременно два заряда масла один, циркулирует в системе, другой содержится в цистерне сепарированного масла. Для очистки рабочего масла его перекачивают в отстойную цистерну, а циркуляционную систему двигателя после очистки заполняют вторым зарядом масла. Из отстойной цистерны масло сепарируют в освободившуюся цистерну сепарированного масла, где оно содержится до следующей смены.

Непрерывная система сепарации предусматривает подачу масла непосредственно из циркуляционной цистерны на сепарацию, после чего масло возвращается в циркуляционную цистерну. На современных судах система трубопроводов дает возможность сепарирования масла по обеим схемам, но все же непрерывная система сепарации более распространена благодаря некоторым преимуществам.

При периодической сепарации приходится использовать значительно большее количество масла, чем при непрерывной, а при смене зарядов масла в системе приходится выводить из действия двигатель. Кроме того, при периодической сепарации ко времени вывода рабочего заряда масла, для очистки, его состояние значительно хуже, чем оно было бы при непрерывной сепарации, а накопление в масле значительного количества воды может привести к необходимости экстренной остановке двигателя для смены зарядов масла. При непрерывном удалении воды в условиях нормальной эксплуатации такого случиться не может. И, наконец, система непрерывной сепарации более проста.

Несмотря на то, что система непрерывной сепарации может постоянно находиться в действии, целесообразнее использовать ее на 50—60%. Это объясняется тем что, в условиях нормальной эксплуатации при непрерывной сепарации интенсивность загрязнения масла намного меньше скорости понижения концентрации загрязнений в масле. И постоянная работа сепаратора является малоэффективной, так как затрата мощности на очистку малозагрязненного масла оказывается неоправданно большой.

Оптимальный режим очистки зависит от эксплуатационных условий, качества масла и его общего количества в системе. Настройку сепаратора на режим выполняют с соблюдением рекомендаций, рассмотренных ранее. Однако в эксплуатации масляных сепараторов существуют некоторые особенности. Несмотря на то, что кларификация обеспечивает наиболее высокое качество очистки масла от механических примесей, в работе сепараторов приходится использовать настройку на пурификацию, так как это позволяет удалять появляющуюся в масле воду.

Большое значение при пурификации имеет правильный выбор регулировочной шайбы, зависящий от плотности масла. Однако наряду с плотностью масла следует учитывать, что вода нагревается и растворяет (или содержит в мелкой дисперсии) различные вещества, из-за чего ее плотность может изменяться и влиять на положение границы раздела между водой и маслом. Поскольку точно установить эти изменения невозможно, необходимо опытным путем выяснить, какой именно размер регулировочной шайбы дает наилучшие результаты. Это особенно важно для масел, отработавших в системе значительное время. При их сепарации граница раздела должна находиться как можно ближе к стенкам барабана.

Скорость удаления из масла загрязнений при сепарации находится в обратной зависимости от вязкости масла. В связи с тем, что наилучшие результаты сепарации достигаются при вязкости масла 2—3° ВУ, требуется подогревать масло до температуры 80—85° С. Более высокие температуры нежелательны, так как они способствуют интенсивному окислению масла.

При сепарации масел, отработавших в системе большой срок, температура может быть понижена, а иногда следует вообще избегать подогрева. Это необходимо по той причине, что старое масло может содержать продукты окисления, нерастворимые при нормальных температурах и хорошо удаляемые при сепарации, а при нагревании масла эти продукты растворяются в нем.

Скорость прохода масла через сепаратор зависит от вязкости поступающего на очистку масла, количества и свойств содержащихся в масле загрязнений и от требуемой степени очистки. Максимальная пропускная способность сепаратора ограничена его расчетной производительностью, но, как правило, она значительно выше оптимальной скорости, при которой достигается максимальная эффективность очистки. Правила выбора оптимальной производительности сепараторов оговорены в инструкциях по их обслуживанию, но окончательно производительность выбирают на основании опытных данных. Производительность регулируют с помощью крана, управляющего подачей масла в сепаратор.

Циркуляционные масла, не содержащие присадок, а также некоторые высококачественные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками при сепарации могут промываться водой. Это повышает качество сепарации, так как способствует укрупнению содержащихся в масле мелкодисперсных веществ, которые в этом случае удаляются значительно эффективнее. Кроме того, подача воды в барабан сепаратора способствует вымыванию нежелательных неорганических и органических кислот, агрессивных металлических солей и растворимых в воде продуктов разложения масла.

Пресную воду или конденсат подают в сепаратор с температурой, на 5°С выше температуры сепарируемого масла, в количестве 2—5% установленной производительности сепаратора. Однако для некоторых масел с присадками промывка водой при сепарации не допускается, так как одни присадки способствуют эмульгированию масел с водой, а другие хорошо растворяются в воде и поэтому могут быть удалены из масла при промывке.

Для сепарации масел используют не самоочищающиеся и самоочищающиеся сепараторы тех же марок, что и в топливных системах.

### **Основы технической эксплуатации сепараторов**

Несмотря на значительную схожесть конструкций, каждый сепаратор имеет свои характерные особенности. Поэтому, приступая к эксплуатации любого сепаратора, необходимо, прежде всего, изучить заводскую инструкцию по обслуживанию.

Подготовку сепаратора к пуску, запуск, обслуживание во время работы и остановку выполняют в следующем порядке.

При подготовке к пуску проверяют уровень масла в картере редуктора и при необходимости доливают его. Тормоз барабана следует опустить, стопоры барабана отвернуть, клапаны установить на рециркуляцию топлива, а напорный бак наполнить водой и отсечь от разгрузочного устройства сепаратора.

В случае самоочищающегося сепаратора затвор должен быть открыт. После включения электродвигателя нужно дать возможность барабану набрать полную частоту вращения, для

чего требуется 6—8 мин. При полной частоте вращения в самоочищающемся сепараторе закрывается затвор (путем подачи воды из напорного бака), на что требуется 1 мин.

При пурификации в барабан открывается подача горячей воды для образования водяного затвора, о создании которого свидетельствует выход воды через водоотливной трубопровод. При кларификации в водяном затворе необходимости нет. Расходомер устанавливают на необходимую производительность и открывают кран подачи сепарируемой жидкости.

В процессе работы по показанию амперметра контролируют нагрузку на электродвигатель и, следовательно, на сепаратор. Проверяют частоту вращения барабана по счетчику, производительность по расходомеру, температуру топлива на входе в барабан и давление на выходе из него. Все показатели должны соответствовать требованиям инструкции.

По контрольным стеклам на трубопроводах топлива и воды можно следить за работой сепаратора. При нормальной пурификации в стекле на водоотливном трубопроводе будет виден выход воды. Прекращение выхода воды может свидетельствовать о значительном отложении грязи в барабане. По этой же причине при любой настройке может появиться топливо в стекле камеры переполнения, где при нормальной работе сепаратора его быть не должно. В этом и другом случае требуется очистка барабана. Не самоочищающийся сепаратор для очистки барабана следует разбирать.

При остановке сепаратора нужно, прежде всего, прекратить подачу сепарируемого топлива. После вытекания из барабана остатков топлива разгружают барабан (если сепаратор самоочищающийся). В последнюю очередь отключают электродвигатель.

Во время работы сепараторов могут возникнуть основные неисправности, указанные в таблице 1.

Таблица 1

**Неисправности сепараторов, причины и способы их устранения**

| <i>Неисправности</i>                                                                                    | <i>Причины неисправностей</i>                                          | <i>Способы устранения</i>                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <i>Вибрация и повышенный шум при работе</i>                                                             | <i>Ослабление амортизаторов верхнего подшипника вертикального вала</i> | <i>Поджать или заменить амортизаторы</i>                            |
|                                                                                                         | <i>Неисправность в механизме передачи и подшипниках</i>                | <i>Осмотреть передачу и подшипники, при необходимости заменить</i>  |
|                                                                                                         | <i>Неправильная сборка барабана</i>                                    | <i>Перебрать барабан, установить тарелки по номерам</i>             |
|                                                                                                         | <i>Сильное загрязнение барабана</i>                                    | <i>Очистить барабан</i>                                             |
| <i>Уменьшение частоты вращения, нагрев фрикционной муфты</i>                                            | <i>Попадание масла на трущиеся поверхности муфты</i>                   | <i>Удалить масло с трущихся поверхностей муфты</i>                  |
|                                                                                                         | <i>Попадание грязи и ветоши между барабаном и корпусом сепаратора</i>  | <i>Очистить сепаратор</i>                                           |
|                                                                                                         | <i>Износ колодок фрикционной муфты</i>                                 | <i>Заменить колодки</i>                                             |
| <i>Топливо (масло) вытекает через патрубков переполнительной камеры</i>                                 | <i>Завышена производительность сепаратора</i>                          | <i>Уменьшить количество топлива (масла), поступающего в барабан</i> |
|                                                                                                         | <i>Сильное загрязнение сепаратора</i>                                  | <i>Остановить сепаратор, разобрать и вычистить барабан</i>          |
| <i>При работе в режиме кларификации барабан быстро заполняется водой, выделенной из топлива (масла)</i> | <i>Топливо (масло) обводнено (содержит большое количество воды)</i>    | <i>Уменьшить производительность сепаратора</i>                      |
| <i>При работе в режиме пурификации через патрубков для выхода</i>                                       | <i>Недостаточное количество воды для водяного затвора</i>              | <i>Увеличить давление подаваемой воды</i>                           |

|                                                                     |                                                                                                                          |                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <i>отсепарированной<br/>воды вытекает также<br/>топливо (масло)</i> | <i>Неправильный выбор регулирующего<br/>кольца</i>                                                                       | <i>Заменить регулирующее кольцо</i>                 |
|                                                                     | <i>Изменение температуры сепарации,<br/>вследствие чего регулирующее<br/>кольцо перестает соответствовать<br/>режиму</i> | <i>Установить требуемый<br/>температурный режим</i> |

## Практическая работа №13

### Изучение конструкции теплообменных аппаратов и их техническая эксплуатация

**Цель работы:** Ознакомиться с устройством и принципом действия теплообменных аппаратов (ТА), изучить правила их технической эксплуатации.

**Материально-техническое обеспечение:** макеты теплообменных аппаратов, плакаты.

**Содержание работы:** 1. Изучение и описание схем:

- а) кожухотрубных ТА (рис. 2-5);
- б) секционных ТА (рис. 6);
- в) пластинчатых ТА (рис. 7-9).

2. Изучить правила технической эксплуатации теплообменных аппаратов и их основные неисправности.

3. Оформление отчета.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

**Назначение и классификация теплообменных аппаратов.** Теплообменные аппараты используют для передачи теплоты от теплоотдающей среды к тепловоспринимающей. По назначению судовые ТА подразделяют на энергетические, вспомогательные и бытовые.

**Энергетические ТА** применяют в СЭУ для охлаждения воды, масла и наддувочного воздуха дизелей, конденсации пара и подогрева питательной воды в конденсатно-питательных системах, а также для подогрева топлива перед форсунками дизелей и паровых котлов.

**Вспомогательные ТА** используют для подогрева или охлаждения рабочей среды в судовых системах и вспомогательных установках – системах гидропривода судовых устройств, водоопреснительных установках, установках очистки нефтесодержащих вод и пр.

**Бытовые ТА** применяют в системах кондиционирования воздуха, отопления жилых и служебных помещений, санитарно-бытовых системах.

По принципу работы ТА делят на три вида:

- **рекуперативные ТА** (относятся все судовые аппараты за исключением деаэраторов), в которых при одновременном протекании рабочих сред теплота передается через разделяющую эти среды поверхность (рис. 1, а - ф);

- **регенеративные ТА**, в которых процесс передачи теплоты от теплоотдающей среды к тепловоспринимающей разделяется по времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки (на морских судах не применяют);

- **смесительные ТА**, в которых теплообмен происходит при непосредственным соприкосновении рабочих сред (к ним относятся судовые деаэраторы).

**Требования к теплообменным аппаратам, их конструктивные особенности.** К теплообменным аппаратам предъявляются общие требования, характерные для всех судовых устройств: высокая надежность в течение заданного срока, простота обслуживания и ремонта, приемлемые массогабаритные характеристики и стоимость.

Конструктивное исполнение ТА зависит от их целевого назначения, параметров рабочих сред и тепловой нагрузки. Большинство судовых ТА представляют собой кожухотрубные конструкции с круглыми прямыми, U-образными и змеевиковыми трубами. При разностях температур рабочих сред  $\Delta t < 60^\circ \text{C}$  применяют ТА с прямыми трубками и двумя одинарными или двойными трубными досками, которые устанавливают в цилиндрический корпус, называемый кожухом (см. рис. 1, а). В этих ТА наряду с жестко закрепленными трубными досками иногда в целях разгрузки конструкции от продольных усилий используют подвижные (плавающие) трубные доски (см. рис. 1, б).



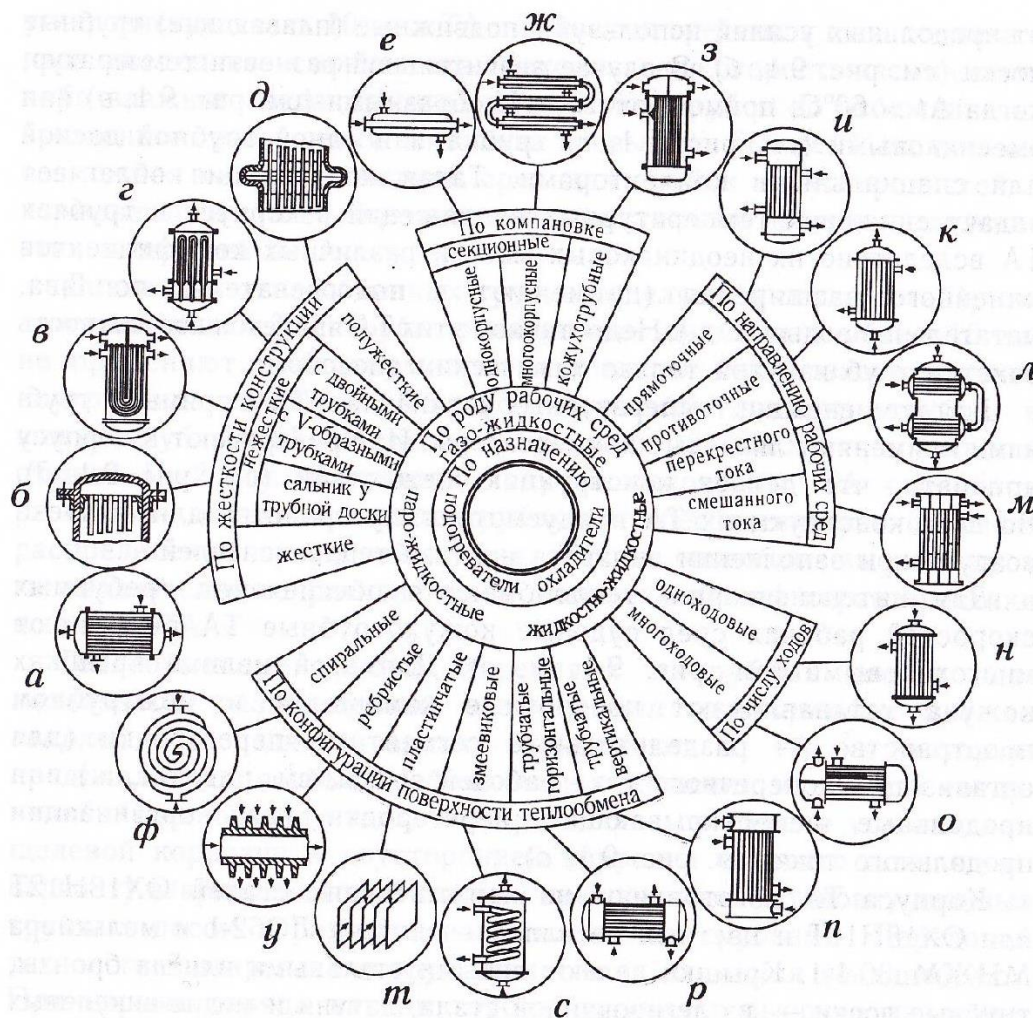


Рис. 1. Классификация рекуперативных теплообменников

В случае значительной разности температур, когда  $\Delta t > 60^\circ\text{C}$ , применяют ТА с U-образными (см. рис. 1, в) или змеевиковыми (см. рис. 1, с) трубками и одной трубной доской или специальными коллекторами. Такая конструкция облегчает задачу снижения температурных напряжений в корпусе и трубках ТА вследствие их неодинаковых масс  $m$  различных коэффициентов литейного расширения (применяют в подогревателях топлива, питательной воды и т.д.). Недостатком этих ТА является возможность очистки труб изнутри только химическим способом.

Для компенсации температурных удлинений в ТА с прямыми трубками применяют линзовые компенсаторы. Их приваривают к корпусу аппарата, что делает конструкцию нежесткой (см. рис. 1, д). Во всех конструкциях ТА предусмотрены устройства для выпуска воздуха при заполнении аппарат и слива теплоносителей.

Для интенсификации теплообмена и обеспечения требуемых скоростей рабочих сред судовые кожухотрубные ТА выполняют многоходовыми (см. рис. 1, м, о). Для этой цели в крышках кожуха устанавливают поворотные камеры, а в межтрубном пространстве – разделительные сегментные перегородки (для организации поперечного тока рабочей среды, см. рис. 1, м) или продольные неперекрывающиеся перегородки (для организации продольного тока, см. рис. 1, о).

Корпуса ТА изготавливают из нержавеющей сталей ОХ18Н12Т или ОХ18Н10Т и цветных металлов – латуни ЛО62-1 и мельхиора МНЖМц30-1-1. Крышки делают литыми стальными или из бронзы, трубные доски – из легированной стали, латуни и медно - никелиевых сплавов.

Скорость движения рабочих сред ограничена 3 м/с из-за низкого предела выносливости материалов. Аппараты, в которых одной из рабочих сред является морская вода, комплектуют



теплообменными трубками, изготовленными из меди и сплавов цветных металлов. При скорости воды в трубках до 3 м/с и температуре их внутренней стенки не выше 60-80<sup>0</sup>С, трубки выполняют из мельхиора, при скорости воды до 2 м/с и температуре стенки до 50<sup>0</sup>С – из медно-никелиевого сплава МНЖ-5-1, при скорости воды до 1,2 м/с – из латуни ЛО70-1, при скорости воды до 0,9 м/с – из меди МЗС. Латунь Л68 или нержавеющую сталь ОХ18Н10Т используют для изготовления трубок применяемых в ТА, где рабочими средами являются пар и конденсат или пар и масло со скоростью движения потока не более 1,8 м/с, углеродистую сталь 10 – в ТА с рабочими средами в виде топлива и пара и топлива и конденсата. Максимальная скорость насыщенного или влажного пара для всех материалов трубок во избежание их эрозийного разрушения не должна превышать 50 м/с. Максимально возможная скорость жидких сред для трубок из углеродистой и нержавеющей сталей определяется допустимыми потерями давления этих жидкостей в ТА.

Диаметром теплообменных труб определяются масса и габариты кожухотрубных ТА. Трубы с наружным диаметром менее 10 мм не применяют из-за трудности очистки их быстросасоряющихся внутренних полостей. Обычно наружный диаметр трубок в кожухотрубных ТА находится в пределах 12-20 мм при толщине стенки 1-2 мм. В каждом ходе многоходового ТА стремятся разместить одинаковое число трубок для обеспечения равномерного распределения скоростей в них. Таким способом выравнивают гидравлические сопротивления и теплотехнические характеристики по всему ТА.

Теплообменные трубки закрепляют в трубных досках *развальцовкой, развальцовкой в сочетании со сваркой и просто сваркой*. Последний вариант применяют в ТА, к которым предъявляются особые требования в отношении плотности соединений. Однако ввиду того, что при сварке создаются условия для щелевой коррозии и двусторонней коррозии сварного шва, часто варианту закрепления труб сваркой предпочитают установку двойных трубных досок с развальцованными в них трубками. Передовой технологией закрепления труб является *из взрывная развальцовка*. При взрыве заряда внутри трубки возникает высокое давление, вызывающее деформацию трубки в трубной доске. Применяют также электрогидравлический способ развальцовки труб.

Трубки со стороны рабочей среды с меньшим коэффициентом теплоотдачи выполняют оребренными (см. рис. 1, у) для увеличения поверхности теплообмена, что способствует увеличению количества передаваемой в ТА теплоты. Ребра могут быть различной формы – прямоугольные, круглые и накатные, могут иметь поперечное или продольное расположение.

Вертикальное или горизонтальное расположение корпуса ТА (см. рис. 1, п, р) определяется возможностью их рационального размещения в машинном отделении. Вертикальные ТА занимают меньшую площадь, однако доступ к нижней трубной доске и другим деталям здесь затруднен.

Судовые ТА, температура наружных поверхностей которых выше 60<sup>0</sup>С, покрывают тепловой изоляцией с целью снижения потерь теплоты в окружающую среду и обеспечения безопасных условий для обслуживающего персонала.

После изготовления ТА подвергают различным испытаниям: теплогидродинамическим, на прочность и плотность, вибрацию и ударостойкость. Теплообменные аппараты для систем СЭУ разрабатывают согласно типоразмерным рядам при соблюдении требований унификации основных деталей узлов. Унифицированы типы и размеры трубок, расположение и крепление их в трубных досках, размеры корпусов, применяемая в ТА арматура и контрольно-измерительные приборы.

Основными характеристиками ТА являются тепловая нагрузка и гидравлическое сопротивление (потери напора на преодоление сил трения на стенках и местных сопротивлений).

Надежность и эффективность ТА определяются скоростью рабочих сред, аэродинамическим совершенством теплообменных поверхностей и раздаточных устройств, а также технологией изготовления. Аппараты с омываемыми морской водой конструкциями для защиты от электрохимической коррозии снабжены цинковыми протекторами. Как правило, эти

протекторы крепят к крышке корпуса. Их размеры определяются требуемой рабочей поверхностью из расчета протекторной защиты.

### Кожухотрубные теплообменные аппараты.

**Охладители масла.** Охладители масла в основном являются кожухотрубными ТА преимущественно с прямыми гладкими трубами круглого сечения. Масло циркулирует в межтрубном пространстве, а охлаждающая вода движется внутри труб. Такая организация движения рабочих сред в ТА удобна для очистки внутренней поверхности от отложений и различных включений, содержащихся в забортной воде.

В горизонтальном кожухотрубном маслоохладителе главного дизеля (рис. 2) охлаждающая вода от нижней полости водяной камеры 6 поступает в гладкие латунные трубы 2 нижней половины трубного пучка. После поворота в водяной камере *a* осуществляет второй ход внутри труб верхней половины пучка и через верхнюю полость водяной камеры 6 уходит за борт. Охлаждаемое масло выполняет 6 ходов поперек трубного пучка. Для этой цели в цилиндрическом корпусе 1 охладителя установлено пять сегментных перегородок 3. Расстояние между перегородками фиксируется с помощью дистанционных труб 4, внутри которых размещены продольные связи.

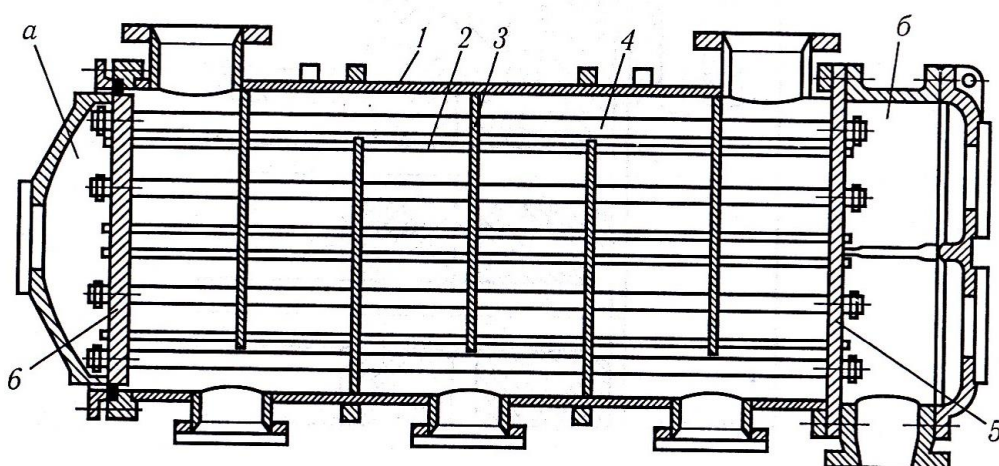


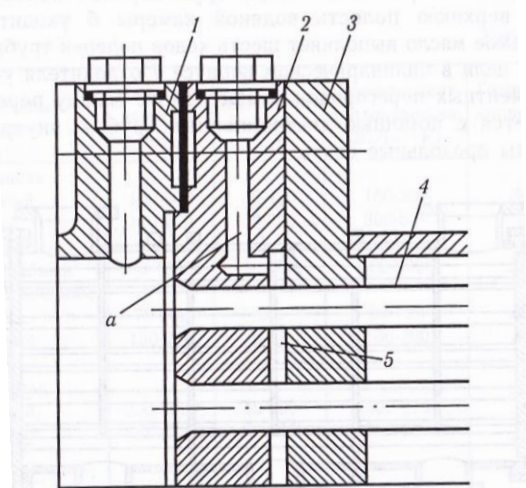
Рис. 2. Горизонтальный кожухотрубный маслоохладитель

Для разгрузки труб от термических напряжений доска 6 выполнена подвижной (плавающей) с сальниковым уплотнением. Трубная доска 5 закреплена неподвижно между фланцами корпуса и водяной камеры 6. На некоторых судах применяют кожухотрубные маслоохладители с вертикальным расположением корпуса.

Во избежание выпадения солей и отложения их на поверхности труб в виде накипи температура охлаждающей морской воды на выходе из ТА не должна превышать  $55^{\circ}$ . В целях предупреждения обводнения масла его давление в судовых охладителях должно превышать давление забортной воды.

При повышенных требованиях к герметичности и надежности в эксплуатации с каждой стороны маслоохладителя устанавливают двойные трубные доски (рис. 3). Трубы 4 закрепляют внутренней 3 и наружной 2.

в обеих досках: Пространство 5 между дренажного канала *a*, нарушения плотности в можно снять вывести сигнал на пост трубной доске 2 1.



трубными досками шириной атмосферой посредством через который в случае одной из трубных досок просочившуюся жидкость или контроля герметичности. К прикреплен фланец крышки

Рис. 3. Двойная трубная доска

**Охладители воды.** Охладители воды применяют в системах СЭУ для охлаждения пресной водой судовых дизелей, электрических машин, аккумуляторных батарей и т.д., а также для бытовых нужд. В энергетических установках используют кожухотрубные ТА с гладкими круглыми трубами и пластинчатые (см. рис. 1, *т*).

Кожухотрубные водоохладители конструктивно не отличаются от рассмотренных маслоохладителей. Заборная вода здесь также прокачивается внутри труб, а пресная (дистиллят) обтекает их снаружи между разделительными сегментными перегородками. Реже применяют охладители, в которых пресная вода движется в межтрубном пространстве вдоль теплообменных труб. Для организации такого движения в корпусе аппарата устанавливают продольные перегородки (см. рис. 1, *о*). В охладителях воды одну из трубных досок часто выполняют подвижной.

При малых поверхностях теплообмена сечение трубного пучка таково, что обеспечивается необходимая скорость движения заборной воды в одноходовом конструктивном варианте (см. рис. 1, *н*). Отсутствие поворотов охлаждающей воды в крышках существенно уменьшает вероятность отложения в водяных камерах водорослей и других включений.

В случае большой поверхности теплообмена сечение трубного пучка получается значительным и для повышения скорости заборной воды охладители выполняют многоходовыми, для чего в крышках водяных камер делают перегородки. Эти перегородки делят трубный пучок на две части и более (см. рис. 1, *з, м*).

При повышенных требованиях к герметичности в конструкциях охладителей воды предусматривают двойные трубные доски (см.рис. 3). В качестве охладителей воды иногда применяют аппараты секционного типа (см. рис. 1, *ж*).

Каждая секция аппарата стоит из одной или нескольких труб, расположенных в кожухе небольшого диаметра. Путем последовательного или параллельного соединения секций komponуют аппарат заданной производительности для различных параметров рабочих сред.

В судовых энергетических установках распространены компактные и удобные в эксплуатации пластинчатые охладители воды (см. рис. 1, *м*).

Разность температур рабочих сред на входе и выходе применяемых в СЭУ водоохладителей находится в пределах: для охладителей пресной воды 5-10<sup>0</sup>С, заборной воды 7-15<sup>0</sup>С.

Аппараты змеевикового типа (см. рис. 1, *с*) в основном применяют в бытовых системах в виде охладителей или подогревателей воды с высокими температурными перепадами рабочих сред.

**Охладители воздуха.** Для повышения мощности и понижении теплонапряженности судовых дизелей надувочный воздух охлаждают. Этот процесс осуществляют в трубчатых или пластинчатых аппаратах с помощью заборной воды. В трубчатом охладителе вода протекает по трубкам, изготовленным из мельхиора или титана. Охлаждаемый воздух поперечным током протекает в межтрубном пространстве. Теплообменные трубки со стороны воздуха сделаны оребренными.

Теплообменная поверхность воздухоохладителей может быть ребристо-трубчатой в виде шахматного пучка круглых труб 1 с круглым оребрением 2 (рис. 4, *а*); трубчато-пластинчатой из плоскоовальных труб 3 со сплошным поперечным оребрением пластинами 4 (рис. , *б*); пластинчатой в виде профильных пластин с овальными выступами (рис. , *в*).

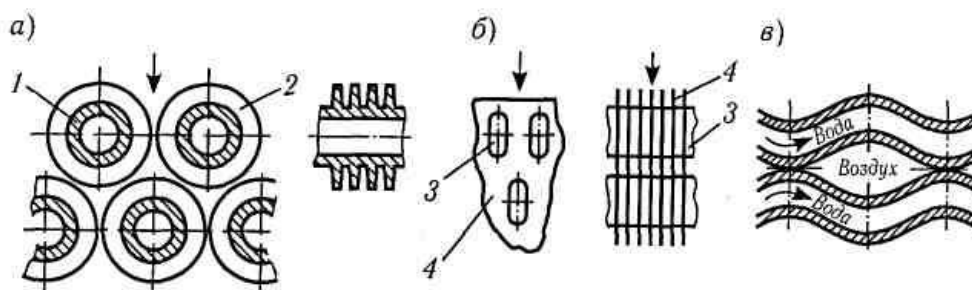


Рис. 4. Теплообменные поверхности воздухоохлаждателей дизелей

**Подогреватели воды.** С помощью подогревателей нагревают питательную воду для паровых котлов, забортную воду и рассол в водоопреснительных установках, пресную и забортную воду в санитарно-бытовых системах.

Для подогревателей питательной воды характерно применение U-образных трубок. В зависимости от расположения в тепловой схеме подогреватели подразделяют на аппараты низкого (до 5-5,5 МПа) и высокого (более 5,5 МПа) давления питательной воды. Аппарат низкого давления выполняют разборным с демонтируемой трубной батареей. Трубная батарея соединяется с фланцем корпуса и крышкой при помощи шпилек с буртиком. В подогревателе высокого давления корпус приваривают к трубной доске. Съёмной является лишь крышка водяной камеры.

Греющей средой в ППВ служит пар. В аппарате с температурой пара до 120<sup>0</sup>С трубные доски жестко соединены с корпусом. Греющий пар с более высокой температурой применяют в подогревателе, у которого одна из трубных досок выполнена плавающей.

Подогреватель низкого давления (рис. 5) – это теплообменник вертикального исполнения. В цилиндрическом корпусе 8 установлена трубная батарея с пучком U-образных трубок 11. Трубки развальцованы в трубной доске 21. Крышка и трубная доска прижимаются к фланцу 7 корпуса с помощью шпилек с буртиком 20. В литой крышке 6 имеются патрубки для входа и выхода питательной воды, перегородки для организации многоходового потока этой воды по трубам, а также приварыш с пробкой 22 для осушения аппарата. К корпусу приварено днище 14, патрубки для входа пара 16 и выхода конденсата 2, а также опоры 9 и 12 для крепления ППВ к фундаменту. Для защиты теплообменных трубок от эрозии в патрубке 16 установлен паротбойник 15. Уровень конденсата в корпусе определяют с помощью указательной колонки 19. Поперечные сегментные перегородки 10 предназначены для поддержания труб 11 и создания поперечного потока греющего пара в межтрубном пространстве. Корпус ППВ снаружи покрыт изоляцией 17 и обшит стальными оцинкованными листами 18. крышка изолирована матрацами.

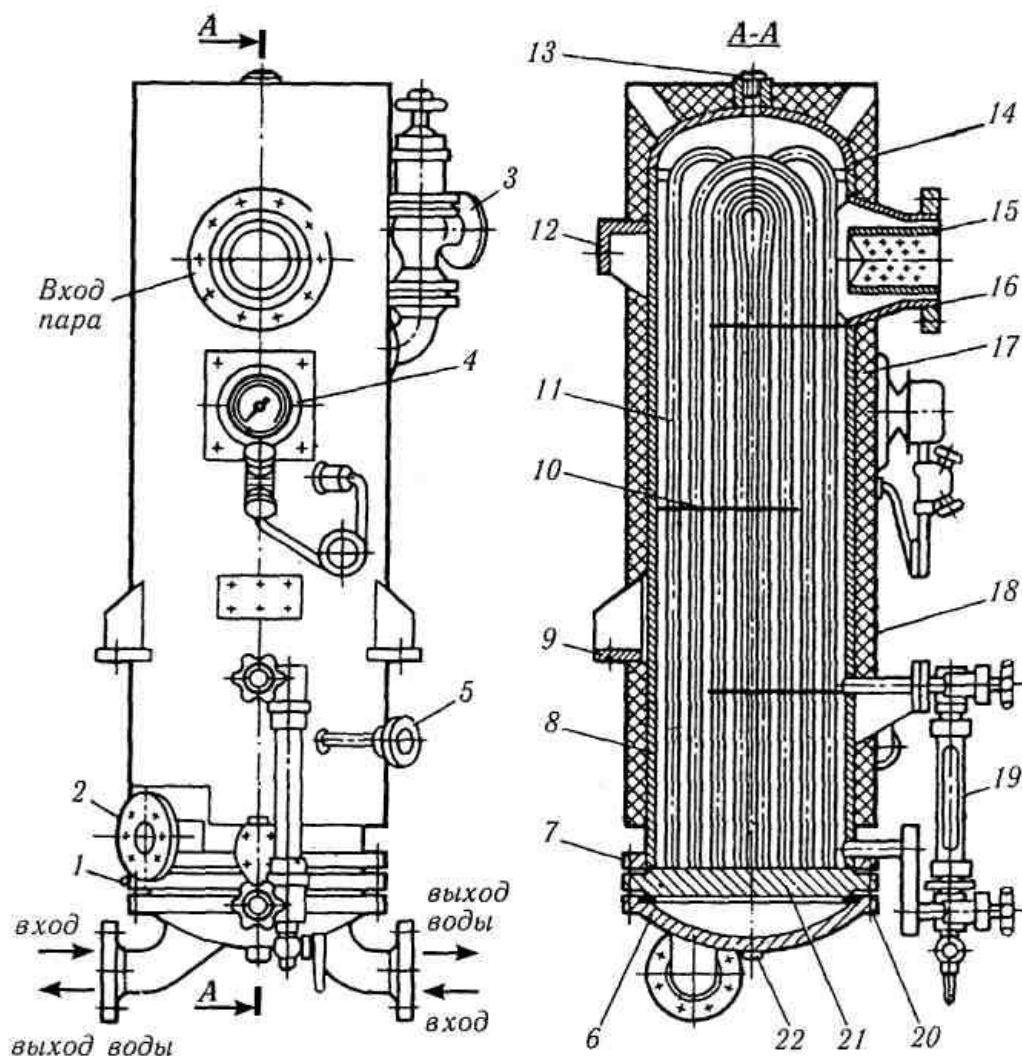


Рис. 5. Паровой подогреватель питательной воды низкого давления

Питательная вода нагревается в трубах 11 за счет теплоты конденсирующего пара. Для полной конденсации греющего пара на конденсатном трубопроводе за аппаратом установлен конденсатоотводчик, обеспечивающий поддержание некоторого уровня конденсата в корпусе для исключения проскока пара в систему.

Воздух, выделяющийся при конденсации пара, удаляется из подогревателя через клапан 5 и пробку 13, а конденсат в случае осушения аппарата – через пробку 1. На корпусе 8 установлен предохранительный клапан 3. Манометр 4 предназначен для измерения давления греющего пара. С помощью термометров замеряют температуру питательной воды на выходе из аппарата и воды греющего пара на входе в аппарат.

В подогревателях забортной воды греющим паром применяют кожухотрубные аппараты с прямыми круглыми трубками, закрепленными в неподвижных трубных досках. Для компенсации температурных удлинений на корпусе подогревателя установлены компенсаторы (см. рис. 1, д). Греющий пар омывает теплообменные трубки, внутри которых протекает забортная вода. Форма трубок уменьшает вероятность их засорения и облегчает очистку от отложений.

В санитарно-бытовых системах паровые подогреватели с U-образными трубками применяют только для нагрева пресной воды. Все детали такого аппарата выполняют стальными или из алюминивно-магниевых сплавов. Змеевиковые паровые подогреватели используют для нагрева морской и пресной воды. В первом случае корпус, змеевик и крышку аппарата выполняют из коррозионно устойчивых в морской воде материалов с защитным покрытием, во втором – из стали.

Снаружи теплообменная поверхность санитарно-бытовых подогревателей омывается греющим паром. Нагреваемая вода движется внутри трубок.

**Подогреватели топлива.** Используемый в судовых паровых котлах топочный мазут 40 имеет температуру застывания  $10^0\text{C}$ , поэтому без предварительного подогрева его невозможно не только сжигать, но и перекачивать насосом. Тонкий распыл мазута в форсунках котлов возможен только при его подогреве до температуры, обеспечивающей необходимую вязкость. Для этой же цели подогревают тяжелые топлива, применяемые в судовых дизелях.

Подогревают топливо в паровых подогревателях секционного типа, в кожухотрубных аппаратах с прямыми и U-образными трубками, а также в змеевиковых аппаратах, иногда применяют электрические подогреватели. Из перечисленных конструкций наиболее широко используют секционные подогреватели и кожухотрубные с U-образными трубами.

**Секционный подогреватель топлива** (рис. 6) выполняют по схеме «труба в трубе», komponуют путем параллельного или последовательного соединения отдельных секций. Такой принцип компоновки позволяет создать подогреватель греющего пара. Пар проходит по внутренней трубе, к наружной поверхности прямых участков которой приварены продольно расположенные ребра 3. нагреваемое топливо протекает между наружной 1 и внутренней 2 трубами.

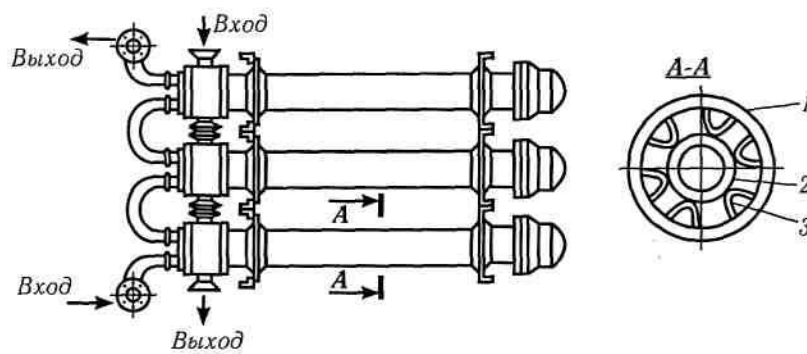


Рис. 6. Секционный подогреватель топлива

Конструкция секционного подогревателя проста, надежна в эксплуатации и удобна в размещении. Ее недостаток – значительные размеры при и большой производительности. Конструктивные различия таких аппаратов в основном определяются характером оребрения нагревательных труб.

В СЭУ большой мощности широко используют менее габаритные, по сравнению с секционными, *кожухотрубные подогреватели топлива* горизонтального и вертикального исполнения с U-образными трубками, развальцованными в сдвоенной трубной доске.

На морских судах можно встретить кожухотрубные подогреватели топлива с двойными трубками (см. рис. 1, г). Нижние концы наружных стальных вертикальных труб развальцованы в трубной доске, верхние концы – глухие. Внутри каждой наружной трубы находится латунная труба меньшего диаметра. Верхние концы внутренних труб открыты, а нижние развальцованы в своей трубной доске. Через нижний патрубок греющий пар попадает во внутренние трубы теплообменника и поднявшись по ним, опускается по кольцевым сечениям между наружными и внутренними трубами. Образовавшийся конденсат удаляется из камеры между досками через левый патрубок. Топливо поступает в подогреватель через правый патрубок, проходит в пространстве между корпусом и наружными трубами, а затем через верхний патрубок покидает аппарат.

В паротурбинных установках применяют также кожухотрубные подогреватели топлива с прямыми стальными трубами, развальцованными в жестко закрепленных трубных досках. Это многоходовые по топливу и греющему пару теплообменники. Топливо протекает внутри труб. Пар с помощью установленных диафрагм омывает трубы снаружи в продольно-поперечном направлении. Вследствие незначительных различий в удлинениях корпуса и теплообменника труб термические напряжения конструкции незначительны.

**Подогреватели масла.** Масло нагревают для уменьшения его вязкости перед сепарированием и иногда при подготовке СЭУ к вводу в действие. Для подогрева используют

кожухотрубные маслоподогреватели с U-образными трубками, с прямыми трубами и подвижной трубной доской, змеевиковые подогреватели. Греющей средой в аппаратах является пар или горячая вода.

В змеевиковых теплообменниках подогреваемое топливо или масло циркулирует внутри труб спирально изогнутых змеевиков, а греющий пар омывает змеевики снаружи.

**Пластинчатые теплообменные аппараты.** В пластинчатом аппарате теплообменная поверхность образована штампованными пластинами различного профиля. Пластины штампуют из нержавеющей стали, а если одной из сред является морская вода, - из титана или алюминиевой бронзы. Каждая пластина омывается с одной стороны теплоотдающей средой, с другой - тепловоспринимающей.

Теплотехнические и гидродинамические особенности, а также простота конструкции и удобство в эксплуатации способствуют применению этих ТА на судах в качестве масло- и водоохладителей, подогревателей топлива и масла, подогревателей воды в санитарно-бытовых системах, а адиабатных водоопреснительных установках и т.д.

На судах применяют разборные пластинчатые теплообменники (рис. 7). Теплообменник состоит из набора пластин 13, подвешенных на горизонтальных штангах 6, концы которых закреплены в стойках 3 и 8. Нажимной плитой 7 и винтом 9 пластины плотно сжимают в один или несколько пакетов. На рис. 7 показано только пять пластин в раздвинутом положении. В действительности число пластин может быть значительно больше, оно определяется требуемой поверхностью теплообмена и гидравлическим сопротивлением аппарата.

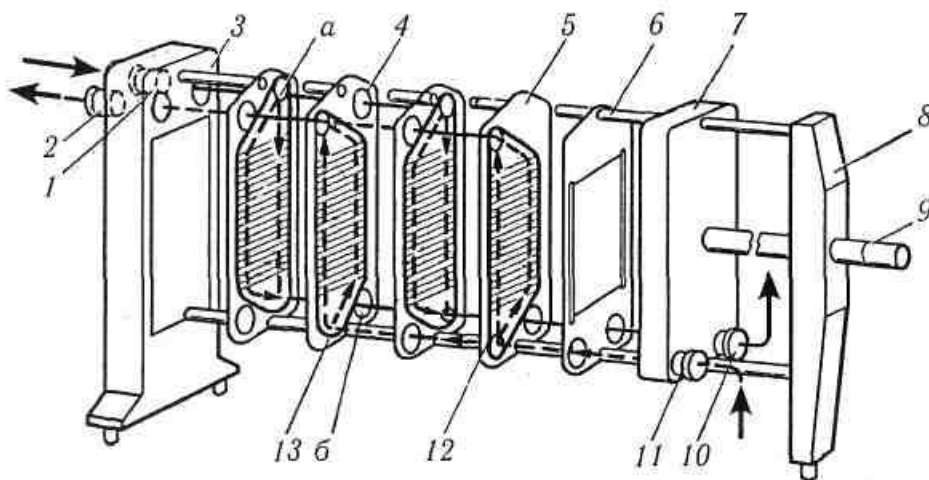


Рис. 7. Пластинчатый теплообменник

Герметичность одновременно необходимый зазор между пластинами обеспечиваются системой уплотнительных прокладок 124, выполненных из маслостойкой резины. Рабочие среды движутся между пластинами, которые сгруппированы в пакете таким образом, чтобы обеспечить необходимые скорость и направление движения рабочих сред относительно друг друга: прямоточное, противоточное и комбинированное. При этом в аппарате образуются две изолированные одна от другой системы щелевидных зазоров. Одна из этих систем состоит из нечетных проходов между пластинами (например, для тепловоспринимающей среды), другая – из четырех (для теплоотдающей среды).

Группа пластин, в которых рабочая среда движется в одном направлении, составляет один пакет. Такой пакет подобен пучку одного хода многоходового кожухотрубного обменника. Один или несколько пакетов, зажатых между подвижной и неподвижной плитами, или между неподвижной плитой и промежуточной, снабженные самостоятельными патрубками для подвода и отвода рабочих сред, составляют секцию.

В углах пластин имеются отверстия, образующие при сборке пакета распределительные и сборные коллекторы для рабочих сред. Воспринимающая теплоту среда выходит в аппарат по патрубку 1 и через угловое отверстие а попадает в свой распределительный коллектор, по



которому доходит до граничной пластины 5, имеющей глухой угол (без отверстия). Из этого коллектора среда распределяется по нечетным щелевым зазорам между пластинами и направляется в нижнюю часть аппарата. Соответствующее расположение кольцевых прокладок 4 исключает возможность проникновения этой среды в четные зазоры. На выходе из нечетных зазоров воспринимающая теплоту среда попадает в противоположный сборный коллектор, образованный угловыми отверстиями 6, и направляется либо в следующий пакет, либо по патрубку 10 на выход из аппарата.

Отдающая теплоту среда в рассматриваемом аппарате движется в пакете противотоком к воспринимающей теплоту среде. Она поступает через патрубок 11 и через нижний распределительный коллектор распределяется по четным зазорам между пластинами. Через противоположный сборный коллектор и патрубок 2 эта среда выходит из аппарата или направляется в следующий пакет.

Компоновочная схема каждого пластинчатого аппарата имеет свое условное обозначение. Пример такого обозначения показан на рис. 8. Количество цифр в числителе обозначает число пакетов для теплоотдающей среды, в знаменателе – то же для тепловоспринимающей среды. Каждое слагаемое означает число параллельных ходов в каждом пакете.

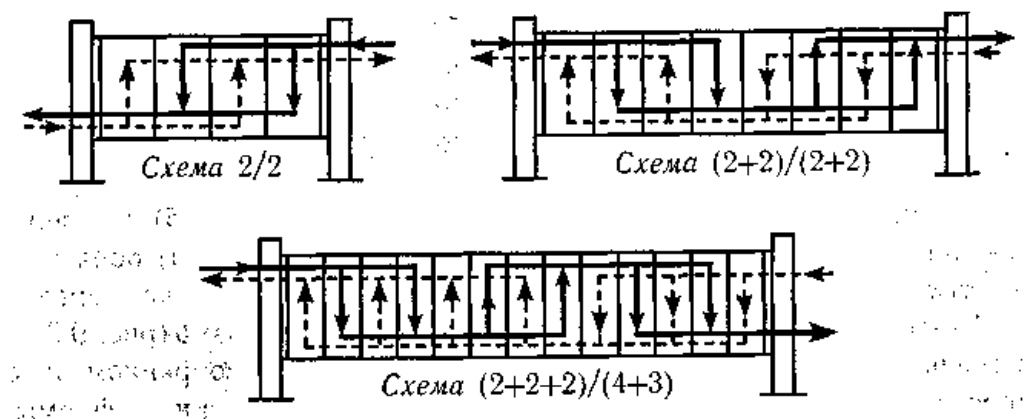


Рис. 8. Компоновочные схемы пластинчатых теплообменников

В отечественном и зарубежном аппаратостроении существует большое разнообразие конструктивных вариантов пластин. Наиболее распространены ленточно-поточные и сетчато-поточные.

Рабочую поверхность *ленточно-поточной пластины* (рис. 9, а) представляют чередующиеся между собой овальные выступы 1 и впадины 2. В собранном виде эти пластины образуют щелевидные извилистые каналы, в которых поток жидкости имеет форму сплошной извилистой ленты. Скорость движения жидкости между такими пластинами составляет 0,3-0,8 м/с.



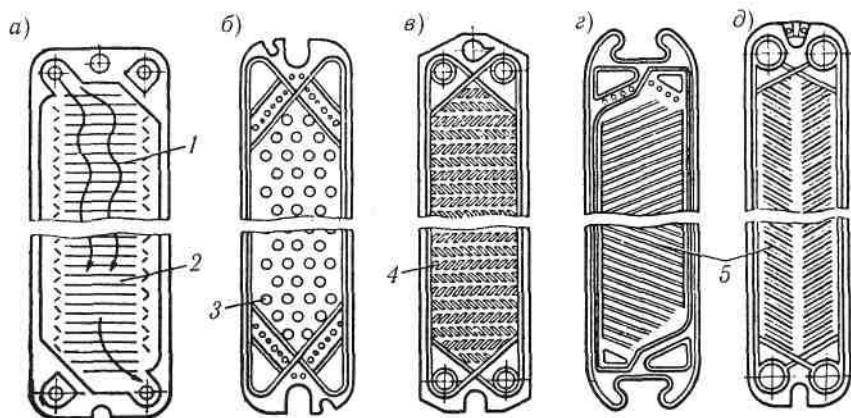


Рис. 9. Ленточно-поточная и сетчато-поточные пластины

*Сетчато-поточные пластины* обладают более сложным профилем. Здесь поток при его непрерывности приобретает разветвлено-сходящийся характер, усиливающий турбулизацию движения при меньшей, по сравнению с ленточно-поточными пластинами, скорости. Будучи развернутыми относительно друг друга на  $180^\circ$  эти пластины благодаря смещению выступов 3 при повороте (рис. 9, б) или пересечению коротких прерывистых элементов 4 (рис. 9, в) образуют жесткую систему с лабиринтами для движения рабочей среды.

Аналогичные условия создаются при наклонных гофрах 5 (рис. 9, г) и гофрах «в елку» (рис. 9, д), гребни которых в собранном виде пересекаются, образуя межпластинный канал сложной формы. Толщина пластин 0,7-1,5 мм, расстояние между ними в аппарате 3-6 мм.

Реже встречаются аппараты с *пластинами канальчатого типа*. Пластинчатая пара состоит из двух пластин, одна из которых штампованная со спиральным или зигзагообразным каналом, а другая – гладкая плоская. В пакете пластины с каналом, чередуясь с плоскими пластинами, образуют ходы для движения рабочей среды.

Пластинчатые аппараты отличаются от других ТА простотой конструкции и механической очистки поверхностей теплообмена, разнообразием компоновки для широкого диапазона параметров рабочих сред, меньшим расходом цветных металлов или сплавов на единицу поверхности теплообмена, повышенным значением коэффициента теплопередачи при теплообмене жидкость – жидкость и меньшими массо-габаритными показателями.

К недостаткам пластинчатых теплообменников можно отнести: малые значения допускаемых давлений (как правило, не выше 0,3-0,4 МПа), недостаточная (до  $150^\circ\text{C}$ ) термостойкость материала уплотнительных прокладок и значительное их число, что является источником возможных неплотностей.

**Особенности эксплуатации теплообменных аппаратов.** В процессе эксплуатации теплообменные аппараты должны обеспечить требуемый тепловой режим СЭУ и других потребителей. Поэтому для контроля работы аппаратов судовой персонал обязан следить за температурой. Давлением и расходом их рабочих сред, так как изменение параметров одной среды приводит к изменению параметров другой. Помимо указанных параметров, в паровых подогревателях приходится контролировать также уровень конденсата.

Если тепловоспринимающей жидкостью является забортная вода, то температуру теплоотдающей жидкости в ТА регулируют тремя основными способами:

- перепуском часто потока отдающей теплоту жидкости помимо охладителя, в то время как оставшаяся часть пропускается через него;
- дросселированием потока забортной воды или перепуском его части помимо охладителя;
- изменением температуры забортной воды на входе в охладитель вследствие перепуска части выходящей из охладителя нагретой воды в приемную полость насоса.

Все три способа регулирования могут быть автоматизированы. Для этого применяют регулирующие клапаны с непосредственным воздействием от температурного датчика. Как

правило, регулирующий клапан забортной воды устанавливают за охладителем. В противном случае, в результате падения давления в клапане следует ожидать возникновения кавитации и аэрации воды в теплообменнике. Кроме того, значительное снижение скорости потока может привести к отложению ила в горизонтальных трубах аппарата.

Образование в масле и водоохладителях зон, заполненных воздухом, приводит к снижению коэффициента теплопередачи. Поэтому не реже одного раза в сутки воздух из водяных камер через специальный кран удаляют в атмосферу. Водяные полости охладителей осматривают через специальные лючки не реже двух раз в год. При этом проверяют состояние установленных в камерах протекторов. Воздух удаляют также из парового пространства подогревателей. Из вакуумных подогревателей воздух отводится непрерывно.

Нарушение плотности развальцованных труб в трубных досках – наиболее распространенный дефект при эксплуатации теплообменников, поэтому давление масла и пресной воды в охладителях всегда делают выше давления забортной воды. Свидетельством уноса пресной воды или масла забортной воды при разгерметизации является изменение уровня пресной воды в расширительной цистерне, а масла – в масляной цистерне.

Подобный способ обнаружения утечек связан со значительными потерями масла. Для уменьшения этих потерь используют маслоуказатель, представляющий собой прозрачный цилиндрический корпус с крышками. Корпус имеет сообщение с уходящей из охладителя забортной водой. В случае утечки масла на поверхности уровня забортной воды в этом устройстве появляется масло.

В паровых подогревателях указанные повреждения, а также повреждения. Связанные с нарушением целостности теплообменных стенок труб сопровождаются резким повышением давления топлива или масла. Обнаруженные в результате испытания аппарата на плотность дефектные трубы подвальцовывают либо временно заглушают.

Работу теплообменных аппаратов, греющей средой которых является пар, в зависимости от тепловой нагрузки оценивают по разности температур  $\Delta t = t_n - t_2$  (где  $t_n$  – температура насыщения греющего пара,  $t_2$  – температура нагреваемой среды на входе из аппарата,  $^{\circ}\text{C}$ ).

Разность температур  $\Delta t$  увеличивается при неизменных давлении и температуре греющего пара на входе в результате попадания воздуха в паровое и водяное пространства теплообменника, загрязнения поверхности теплообмена и неполадок в работе конденсатоотводчиков.

Понижение температуры  $t_2$  является результатом уменьшения коэффициента теплопередачи, а также уменьшения активной поверхности нагрева в случае затопления трубного пучка конденсатом. Если же конденсатоотводчик удаляет из аппарата весь конденсат, а вместе с ним и часть греющего пара, это приводит к снижению экономичности данного подогревателя и нарушению режима работы того устройства, куда вместе с конденсатом поступает пар.

Очистку теплообменных поверхностей судовых аппаратов, а также их гидравлические испытания проводят в соответствии с требованиями Регистра.

### Контрольные вопросы

1. В чем отличие рекуперативных ТА от регенеративных?.
2. Как классифицируют рекуперативные ТА?
3. Как компенсируют температурные удлинения в кожухотрубных ТА?  
какова скорость движения рабочих сред в ТА?
4. Какова скорость движения рабочих сред в ТА?
5. Назовите конструкционные материалы ТА.
6. Опишите устройство и принцип работы кожухотрубных ТА.
7. Какие способы закрепления теплообменных труб в трубных досках вы знаете?
8. В каких случаях ТА покрывают наружной изоляцией.
9. Для чего оребряют теплообменные трубы?
10. Как защищают ТА от электрохимической коррозии?

11. Почему температура охлаждающей морской воды на выходе из ТА не должна превышать  $55^{\circ}\text{C}$ ?
12. Опишите устройство и принцип работы пластинчатых ТА.
13. Назовите преимущества и недостатки пластинчатых ТА перед кожухотрубными?

## Практическая работа № 14

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ВОДООПРЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации судовых водоопреснительных установок.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы насосов, видеоматериалы по принципу работы водоопреснительных установок, симулятор.

**Содержание работы:** 1. Изучение видов пресной воды на судах и способов опреснения морской воды.  
2. Изучение и описание принципа работы и тепловых схем водоопреснительных установок.  
3. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей водоопреснительных установок.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

#### Виды пресной воды на судах. Санитарные и технические нормы

Вода, в том числе и пресная, не является абсолютно чистой: она содержит различные примеси. От количества и свойств растворенных в воде веществ зависит пригодность ее применения на судне.

Основными показателями, определяющими качество пресной воды, являются соленость, характеризующая содержанием растворенного хлористого натрия, и жесткость, обусловленная наличием в ней солей кальция и магния.

Соленость определяется как остаток количества растворенных в воде минеральных солей в хлор-ионах - мг/л Cl. На морских судах соленость чаще выражают в градусах Брандта (°Б). Один градус Брандта соответствует содержанию солей хлора, эквивалентных 10 мг хлористого натрия NaCl в 1 л воды, или в хлор-ионах, 6,06 мг/л Cl.

Средняя концентрация солей в заборной океанской (морской) воде составляет около 3000° Б, или 30 г/л. Общее солесодержание морской воды иногда выражают в промилле (‰). Один промилле 1‰ - тысячная часть или 0,1% солесодержания. Таким образом, содержанию солей 30 г/л соответствует 3‰. В зависимости от солесодержания (минерализации) природная вода может подразделяться на следующие категории:

- ультрапресная - <200 мг/л Cl (<33°Б);
- пресная - от 200 до 500 мг/л Cl (33 - 82,5)° Б;
- с повышенной минерализацией - от 500 до 1000 мг/л Cl (82,5 - 165)° Б;
- солоноватая - от 1000 до 3000 мг/л Cl (165 – 495)°Б;
- соленая - от 3000 до 10000 мг/л Cl (495 – 1650)°Б;
- с повышенной соленьостью - от 10 000 до 350 000 мг/л Cl (1650 — 5780)° Б;
- рассол - >50 000 мг/л Cl (>8750°Б).

Жесткость воды оценивалась до настоящего времени в так называемых немецких градусах жесткости (°Н). Один градус жесткости соответствовал содержанию 10 мг CaO и MgO в 1 л воды, при этом все соли кальция и магния пересчитывались на эквивалент по массе.

В СССР степень жесткости воды выражается числом миллиграмм-эквивалентов  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , содержащихся в 1 л воды.

Для того чтобы перейти от градусов жесткости к миллиграмм-эквивалентам, нужно число градусов жесткости умножить на 0,357, а чтобы перейти от мг-экв/л к градусам жесткости, надо значение в мг-экв/л увеличить в 2,8 раза.

По величине жесткости пресная вода подразделяется на

- очень мягкую с жесткостью 1,5 мг-экв/л;
- мягкую с жесткостью 1,5 - 4 мг-экв/л,
- средней жесткости 4 - 8 мг-экв/л;
- жесткую 8 - 12 мг-экв/л и
- очень жесткую >12 мг-экв/л (например, морская вода в Черном море). В океане средняя жесткость воды составляет 22,5 мг-экв/л.

В зависимости от назначения различают следующие виды пресной воды, применяемые на судне:

- питьевую - для питья и приготовления пищи;
- мытьевую - для умывальников, душевых, прачечных;
- питательную - для питания парогенераторов;
- дистиллированную - для аккумуляторных батарей;
- техническую - для охлаждения судовых двигателей;
- технологическую - для обработки рыбы.

Для каждого из перечисленных видов воды предусматриваются свои емкости и системы.

Допускается устройство единой системы питьевой и мытьевой воды при условии, что качество и условия ее хранения будут удовлетворять требованиям, предъявляемым к питьевой воде.

Перечисленные виды пресной воды должны удовлетворять определенным качественным и количественным требованиям и нормативам.

### Способы опреснения морской воды

Существующие разнообразные способы опреснения заборной морской воды можно разделить на две основные группы:

1. Опреснение без изменения агрегатного состояния жидкости (воды);
2. Опреснение, связанное с промежуточным переходом жидкого агрегатного состояния в твердое или газообразное (паровое).

*Опреснение способами первой группы включает в себя такие виды, как химическое, электрохимическое, ультрафильтрация.*

При **химическом способе** опреснения в воду вводят вещества, называемые реагентами, которые, взаимодействуя с находящимися в ней ионами солей, образуют нерастворимые, выпадающие в осадок вещества. Вследствие того что морская вода содержит большое количество растворенных веществ, расход реагентов весьма значителен и составляет примерно 3 — 5% количества опресненной воды. К веществам, способным образовывать нерастворимые соединения с натрием и хлором, относятся ионы серебра и бария, которые образуют выпадающие в осадок хлористое серебро и серноокислый барий. Эти реагенты дорогие, реакция осаждения с солями бария протекает медленно, соли ядовиты. Поэтому химическое опреснение используется редко.

При **электрохимическом опреснении** (электродиализе) применяют специальные электрохимические активные диафрагмы, состоящие из пластмассы, резины с наполнителем и анионитовых или катионитовых смол. Ванна с рассолом ограничена двумя диафрагмами: положительной и отрицательной. Под действием постоянного тока напряжением 110 - 120 В ионы солей, растворенных в воде, устремляются к электродам. Положительные катионы через катионопроницаемые диафрагмы, а анионы через анионитовую диафрагму проходят в крайние камеры, где встречаются с двумя пластинами: анодом и катодом. Встречаясь с одноименно заряженными диафрагмами, они остаются в этих камерах. В результате в промежуточных камерах оказывается обессоленная вода, которая стекает в отдельный сборник. Соли и рассолы из крайних камер отводятся за борт, а образующиеся газы (хлор и кислород) - в атмосферу.

Камеры, в которых опресняется вода, отделены от рассольных камер полупроницаемыми ионитовыми мембранами.

При достаточном количестве пар мембран между анодом и катодом расход электроэнергии зависит от солености морской и опресненной воды: чем меньше разница между ними, тем процесс протекает экономичнее. Поэтому электродиализ целесообразно применять для опреснения слабосоленых вод при допустимом высоком солесодержании опресненной воды (500 - 1000 мг/л). На судах, где требования к солесодержанию достаточно высокие, электродиализные опреснители не находят применения. Опытная электродиализная установка эксплуатировалась на траулере «Ногинск».

Опреснение **ультрафильтрацией** или так называемым способом обратного осмоса состоит в том, что солевой раствор оказывается под давлением со стороны мембраны, проницаемой для воды и непроницаемой для соли. Пресная вода проникает через мембрану в

направлении, обратном обычному осмотическому (когда пресная вода вследствие осмотического давления проникает через мембрану в солевой раствор). В существующих установках производительностью около 4 м<sup>3</sup>/сут соленая вода под давлением около 150 кгс/см<sup>2</sup> продавливается через мембраны ацетилцеллюлозного типа, обработанные перхлоратом магния для увеличения их водопроницаемости. С противоположной давлению стороны мембран установлены пористые бронзовые плиты, способные выдержать большое давление. При испытаниях установки с 1,5%-ным соевым раствором была получена вода с содержанием 600 - 1000 мг/л Cl. Применение ультрафильтрации как способа опреснения ограничивается малым сроком службы пленок-мембран и большими размерами фильтрующей поверхности.

*К методам опреснения второй группы, относятся вымораживание и дистилляция, или термическое опреснение.*

Опреснение **вымораживанием** основано на том, что в естественных природных условиях лед, образующийся в океанах и морях, является пресным. При искусственном медленном замораживании соленой морской воды вокруг ядер кристаллизации образуется пресный лед игольчатой структуры с вертикальным расположением игл льда. При этом в межигльчатых каналах концентрация раствора, а следовательно, и его плотность, повышаются, и он, как более тяжелый, по мере вымораживания оседает вниз. При растаивании игольчатого льда образуется пресная вода с содержанием солей 500 - 1000 мг/л Cl. При быстром замораживании рассол оказывается включенным в толщу льда, и сильное и интенсивное охлаждение приводит к замерзанию всей массы соленого раствора в единое ледяное тело.

Для лучшего опреснения морского льда иногда применяется искусственное плавление его части при температуре ~20°C. Вода, образующаяся при таянии, способствует более полному вымыванию солей из льда. Способ вымораживания достаточно прост и экономичен, но требует сложного и громоздкого оборудования.

**Дистилляция, или термическое опреснение**, — наиболее распространенный на морских судах способ получения пресной воды из забортной морской воды. Как известно, морская вода представляет собой раствор, состоящий из воды - летучего растворителя и солей - нелетучего растворенного в воде твердого вещества. Сущность дистилляции заключается в том, что забортную воду нагревают до кипения и выходящий пар собирают и конденсируют. Образуется пресная вода, называемая дистиллятом. Выпаривать воду можно как при кипении, так и без кипения. В последнем случае морскую воду нагревают при более высоком давлении, чем давление в камере испарения, куда направляется вода. Так как при этом температура воды превышает температуру насыщения, соответствующую давлению в камере испарения, то часть поступившей воды превращается в пар, который и конденсируется в дистиллят. Для парообразования используется теплота, содержащаяся в самой испаряемой воде, которая при этом охлаждается до температуры насыщения оставшегося рассола. Основное термодинамическое различие между процессами заключается в следующем: при кипящем процессе теплота подводится от внешнего источника и поддерживает температуру насыщения при данном постоянном давлении в испарителе, т. е. процесс является изотермическим; при некипящем процессе теплота подводится к морской воде без кипения до температуры выше температуры насыщения, соответствующей давлению в испарителе, и, следовательно, процесс испарения идет за счет внутренней теплоты и является адиабатным. Недостатком термического опреснения избыточного давления является его малая экономичность: на получение 1 кг дистиллята расходовалось до 700 ккал, что соответствует выходу 10 - 12 т дистиллята на 1 т расходуемого топлива. Этот недостаток удалось преодолеть применением вакуумных испарителей с использованием утилизационной теплоты двигателей внутреннего сгорания и парогенераторов.

Дистилляция, как уже было отмечено, — основной способ опреснения морской воды, применяемый на судах промыслового флота, и поэтому в дальнейшем будут рассмотрены только опреснительные установки, работающие на термическом опреснении.

В настоящее время исследуются новые способы водоопреснения, в частности путем образования кристаллогидратов и при помощи гидрофобного теплоносителя.

Принцип кристаллогидратов заключается в выделении пресной воды из соленых растворов в форме кристаллов, которые в специальном расплавителе разлагаются на чистую воду и гидрат-агент. В качестве гидрат-агентов для повторного использования в процессе используются такие вещества, как метилбромидгидраты, метилхлоридгидраты, гидраты изобутана.

Сущность гидрофобного теплоносителя заключается в том, что различные смеси углеводородов, парафины, фторированные масла и другие вещества, инертные по отношению к воде и растворенным в ней солям, впрыскивают в теплоноситель дистиллят для нагрева. После этого дистиллят и теплоноситель разделяют и последний впрыскивают в морскую воду. При нагреве часть воды испаряется и образующийся пар в конденсаторе превращается в дистиллят. Гидрофобный теплоноситель отделяют от оставшегося после выпаривания рассола и возвращают в теплоноситель дистиллят для последующего нагрева.

Классификация опреснительных установок и их принципиальные схемы

Дистилляционная опреснительная установка состоит из следующих основных частей:

1. Теплообменных аппаратов: испарителя, конденсатора, водоподогревателя.
2. Насосов: питательного, циркуляционного, дистиллятного, рассольного.
3. Трубопроводов: теплоносителя, заборной воды, пресной воды, рассола.
4. Контрольно-измерительных, сигнальных и автоматических приборов.

Основным признаком, определяющим тип опреснительной установки, является способ испарения морской воды. Дистилляционные опреснители делятся на два класса:

1. Кипящие, или поверхностного типа;
2. Некипящие самоиспаряющиеся, или адиабатные бесповерхностного типа.

Схемы опреснительных установок поверхностного и бесповерхностного типов изображены на рис. 1. В испарителе 1 поверхностного типа (рис. 1, а) находится греющая батарея 2, через которую проходит теплоноситель - пар или горячая вода. В результате нагрева и кипячения рассола в испарителе выделяется из морской воды так называемый вторичный пар, который направляется по трубопроводу в конденсатор 9. Пар охлаждается заборной водой, прокачиваемой по змеевику циркуляционным насосом 8, конденсируется и дистиллят откачивается дистиллятным насосом 7. Часть заборной воды, выходящей в подогретом состоянии из конденсатора, отводится через регулятор уровня 6 в испаритель. Для поддержания постоянной солености рассола в испарителе производится продувание рассольным насосом 4.

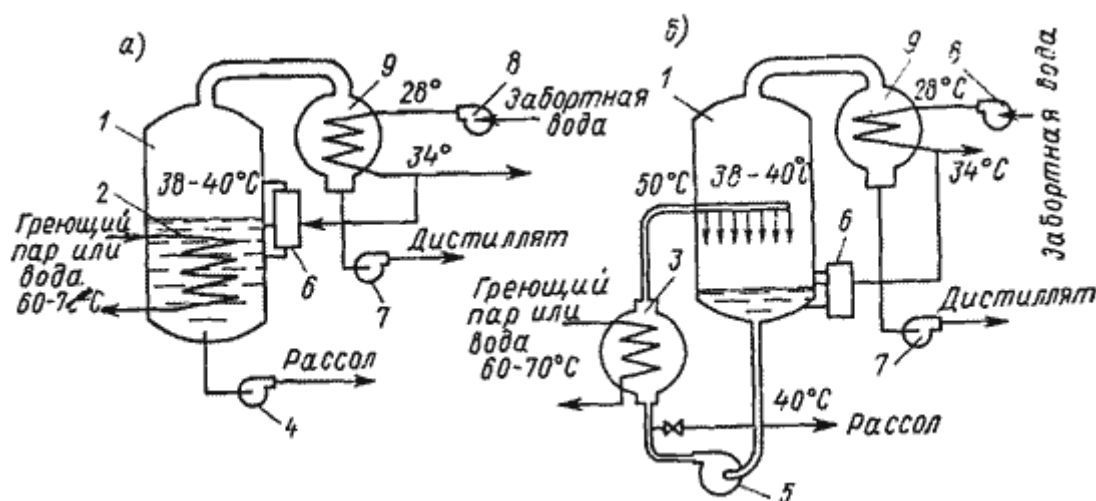


Рис. 1. Схемы дистилляционных опреснительных установок: а - поверхностной (кипящей); б - бесповерхностной (адиабатной)

В установке с бесповерхностным испарителем 1 (рис. 1, б) отсутствуют греющие элементы с твердой поверхностью для теплопередачи. Морская вода перед поступлением в испаритель предварительно нагревается в подогревателе 3 теплоносителем до температуры, которая превышает температуру насыщения, соответствующую давлению, поддерживаемому в испарителе. При поступлении воды из подогревателя, где вода не кипит, так как давление в нем

более высокое, в испаритель с более низким давлением происходит самоиспарение некоторой части воды за счет внутренней теплоты. Образовавшийся пар, как и в предыдущей схеме, поступает в конденсатор 9, прокачиваемый забортной водой от насоса 8, конденсируется и откачивается дистиллятным насосом 7. Часть прокачиваемой охлаждающей воды отводится для питания испарителя через регулятор уровня 6. Неиспарившаяся вода из испарителя циркуляционным рассольным насосом 5 многократно прокачивается через подогреватель 3 и вновь поступает на испарение, при этом часть рассола выдувается за борт через клапан. Преимущество бесповерхностных испарителей заключается в том, что вследствие отсутствия поверхности нагрева в них не образуется накипь, но они требуют установки насосов большей производительности.

Кроме рассмотренного основного признака - способа испарения - дистилляционные опреснительные установки можно классифицировать по ряду других признаков:

1. По назначению:
  - a) опреснительные - для получения питьевой воды;
  - b) испарительные - для получения котловой воды;
  - c) дистиллятные - для получения воды повышенного качества (для аккумуляторных батарей);
  - d) комбинированные - для получения питьевой, мытьевой и питательной воды;
2. По роду теплоносителя:
  - a) паровые;
  - b) водяные;
  - c) газовые;
  - d) электрические.
3. По давлению в испарителе:
  - a) избыточного давления;
  - b) вакуумные.
4. По способу регенерации теплоты:
  - a) компрессионные, в которых вторичный пар сжимается и используется в качестве греющего;
  - b) ступенчатые, в которых пар, получаемый в предыдущих испарителях, используется в качестве греющего пара в последующих;
5. По связи с судовой энергетической установкой:
  - a) автономные, не связанные с работой СЭУ;
  - b) неавтономные, включаемые в цикл работы главных и вспомогательных дизелей и парогенераторов. К ним относятся распространенные на судах утилизационные опреснительные установки, использующие теплоту водяной системы охлаждения главных двигателей.

### **Тепловые схемы испарительных и опреснительных установок**

Тепловые схемы водоопреснительной установки РТМ типа «Тропик» с использованием теплоты охлаждающей системы главного двигателя и с адиабатным бесповерхностным испарителем изображены на рис. 2. В принципиальной схеме (рис. 2, а) вода из замкнутой системы охлаждения двигателя 1 прокачивается циркуляционным насосом 7 через водоводяной теплообменник-подогреватель 2. За счет теплоты охлаждающей воды нагревается забортная вода, прокачиваемая по змеевику теплообменника после конденсатора-испарителя 4 питательным насосом 8. Из теплообменника морская вода поступает в испарительную камеру, где разбрызгивается и частично испаряется за счет внутренней теплоты. Образовавшиеся пары поступают в конденсационную камеру, откуда образовавшийся дистиллят откачивается насосом 5. Неиспарившаяся часть морской воды откачивается рассольным насосом 6.



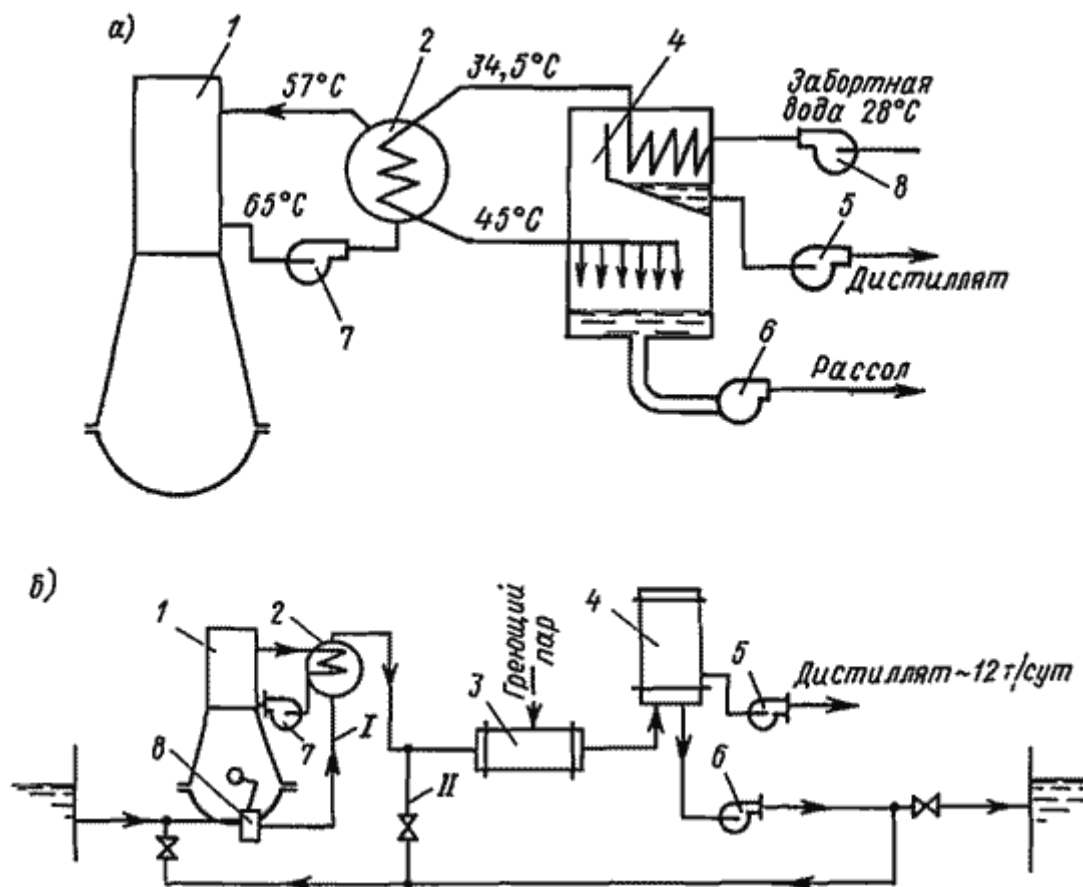


Рис. 2. Тепловая схема опреснительной установки РТМ типа "Тропик":  
а - принципиальная; б – модернизированная

Для повышения экономичности и эффективности работы опреснительной установки в тепловой схеме предусмотрен паровой подогреватель 3 (рис. 2, б) для предварительного подогрева питательной воды перед входом в испаритель 4. Кроме того, на РТМ «Кассиопея» и «Козерог» произведена модернизация, заключающаяся в рециркуляции рассола - подогрев заборной воды в результате ее смешивания с частью откачиваемой из испарителя рассола. Для этого дополнительно проведен перепускной трубопровод 11.

Рециркуляция рассола позволяет уменьшить количество заборной воды, подаваемой в систему, и добиться постоянной ее температуры перед теплообменником путем регулирования количества перепускаемого рассола независимо от температуры заборной воды. Утилизационные опреснительные установки типа Д все чаще применяют с использованием теплоты охлаждающей системы дизелей в испарителях поверхностного кипящего типа отечественного производства.

Тепловая схема опреснительной установки типа Д производительностью 5 т/сут показана на рис. 3.

Заборная вода прокачивается насосом 1 через конденсатор 6, откуда она поступает к рассольно-воздушному эжектору 2. Часть этой воды через невозвратно-запорный клапан 3 и ротаметр 4 направляется в испаритель 6. Греющая вода из системы охлаждения дизеля циркулирует в межтрубном пространстве батареи 5, и через стенки передает теплоту заборной воде, испаряющейся внутри трубок. Остающийся после испарения рассол из камеры испарения и паровоздушная смесь из конденсатора откачиваются эжектором за борт для поддержания необходимой концентрации испаряющейся воды и требуемого вакуума.

Вторичный пар, образовавшийся при испарении морской воды, сжимается в конденсаторе и поступает в сборник дистиллята 7, откуда насосом 8 через поплавковый регулятор уровня, ротаметр 11 и датчик соленомера 10 поступает к электромагнитному автоматическому клапану 9. В зависимости от солености дистиллята он направляется в цистерну пресной воды или обратно в испаритель.

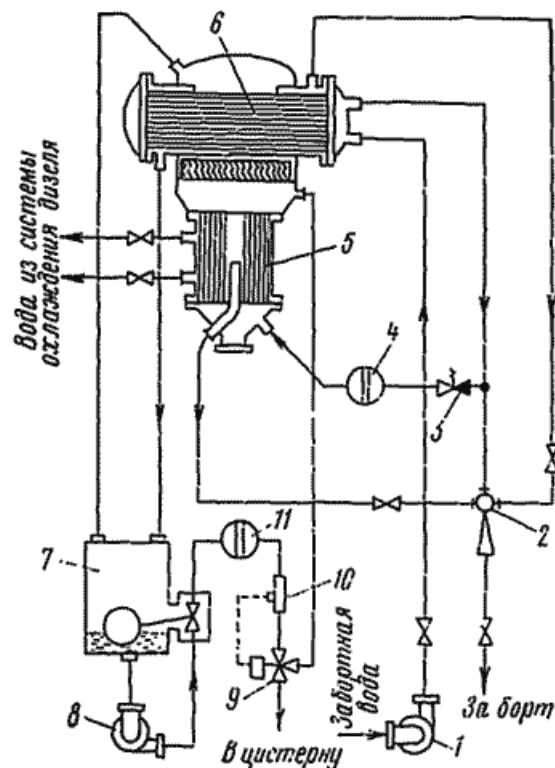


Рис. 3. Тепловая схема опреснительной утилизационной установки типа Д

Тепловая схема пятиступенчатого бесповерхностного адиабатного опреснителя типа М изображена на рис. 4. Заборная вода циркуляционным питательным насосом 2 засасывается через фильтр 1 и подается через расходомер 3 в конденсаторы опреснителя 4. Проходя последовательно по змеевикам ступеней опреснителя, вода повышает свою температуру за счет теплоты конденсирующегося водяного пара. Перегрев питательной воды осуществляется при прохождении конденсатора 5 эжектора и парового подогревателя 8. Перегретая по отношению к температуре насыщения, соответствующей давлению в первой ступени испарителя, питательная вода, проходя последовательно камеры испарения, испаряется в каждой ступени с I по V последовательно, так как давление в ступенях все время снижается. Поддержание в ступенях вакуума осуществляется двухступенчатым пароструйным эжектором 6, который отсасывает воздух через систему дроссельных шайб, обеспечивающих создание необходимого перепада давлений в камерах.

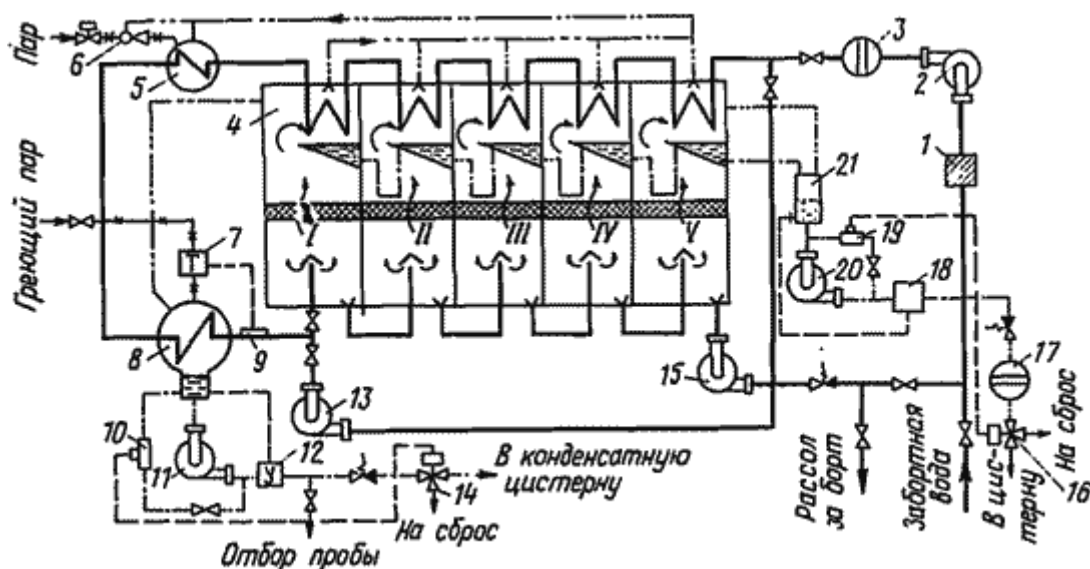


Рис. 4. Тепловая схема пятиступенчатого бесповерхностного адиабатного опреснителя типа М

Для уменьшения накипеобразования расчетная температура заборной питательной воды за подогревателем равна 77 °С. В каждой ступени вода охлаждается на 7° и отсасывается из последней ступени V рассольным насосом 15 при температуре 42 °С. Поддержание температуры заборной воды за подогревателем на требуемом уровне осуществляется автоматически регулятором 7, получающим импульс от датчика 9.

Вторичный пар, образовавшийся в камерах испарения, сепарируется и конденсируется. Образовавшийся в конденсаторах дистиллят под действием разности давлений перетекает по ступеням в сборник дистиллята 21. Из сборника он отсасывается дистиллятным насосом 20 и через регулятор уровня и ротаметр 17 подается к автоматическому переключающему клапану 16, который в соответствии с импульсом от датчика соленомера 19 направляет дистиллят в цистерну пресной воды или на сброс. По аналогичной схеме происходит откачивание конденсата греющего пара из подогревателя насосом 11, регулятором уровня 12 и переключающим автоматическим клапаном 14, действующим от датчика 10.

Рециркуляция рассола заборной воды по замкнутому контуру используется для химической чистки теплообменных поверхностей 5%-ным раствором ингибированной соляной кислоты и осуществляется специальным насосом 13. Установка выводится на режим и работает автоматически, что обеспечивается наличием:

- а) регулятора температуры подогрева заборной питательной воды для поддержания заданной производительности;
- б) контрольных приборов, обеспечивающих номинальную соленость дистиллята и конденсата;
- с) регулятора РУК, обеспечивающего устойчивую работу дистиллятного и конденсатного насосов;
- д) системы автоматического регулирования и защиты, осуществляющей:
  - выключение установки при отклонениях температуры подогрева питательной воды или повышении температуры и уровня рассола в камерах испарения;
  - сигнализацию о ненормальной работе установки на режиме и срабатывание защиты по любому из перечисленных импульсов.

Как уже упоминалось, дистиллят, получаемый в вакуумных опреснителях, для использования в качестве питьевой воды должен подвергнуться соответствующей обработке, которая заключается в минерализации и озонировании.

Для достижения качества питьевой воды, соответствующего требованиям санитарной инспекции, а также нормам ГОСТ 2874 — 73, в дистиллят добавляют в соответствующей дозировке следующие химикалии: натриумфторид, натриумгидрогенкарбонат, натриумгидрогенсульфат, магниумсульфат, натриумсульфат, кальциумхлорид.

Установка по минерализации (рис. 5, а) состоит из бака-растворителя, в котором в нижней части расположено смотровое окно. Циркуляционный насос всасывает по трубопроводу 1 дистиллят из цистерны А, куда он поступает из опреснительной установки, и подает по наружному трубопроводу 2 в бак-растворитель, в который предварительно засыпаны химикалии. В результате циркуляции дистиллята происходит процесс минерализации в течение 20 — 30 мин. Из бака по переливному трубопроводу 3 минерализованный дистиллят поступает вновь в цистерну. В случае необходимости можно перепустить дистиллят от насоса по обводному трубопроводу 4.

После минерализации вода по трубопроводу В поступает к генератору озона, схема которого показана на рис. 5, б (поз. 1 - 6, на рисунке объяснены в подрисуночной подписи). Озоногенератор монтируют в шкафу с приборами контроля и автоматизации процесса. Озоногенератор производит 13 г озона в час. Концентрация озона составляет 25 мг озона на 1 л воды. Для работы установки требуется фильтрованный воздух в количестве 500 л/ч. Производительность озоногенератора составляет 4 м<sup>3</sup>/ч пресной воды. В результате озонирования питьевая вода стерилизуется в бактериологическом отношении и улучшает свои вкусовые качества.

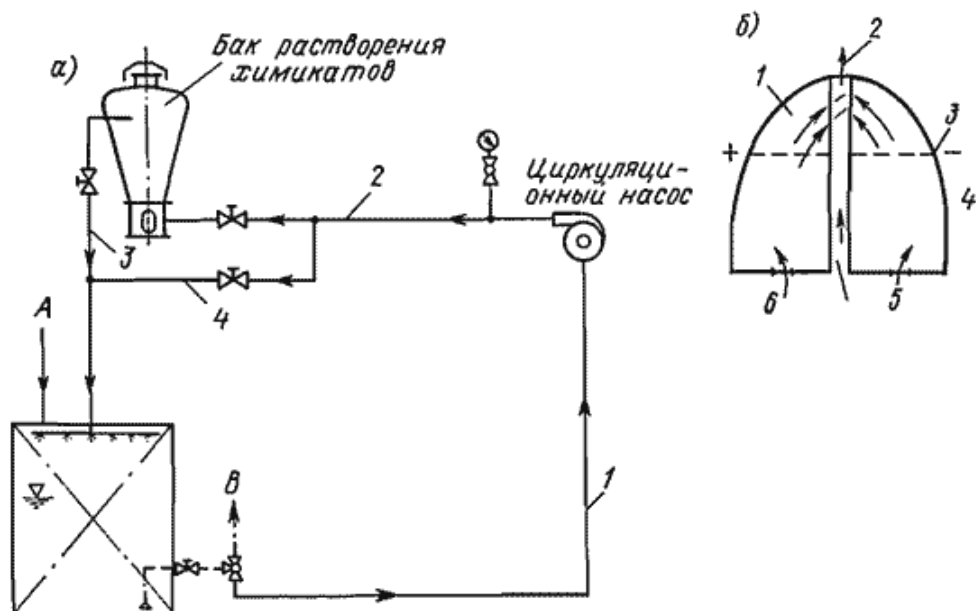


Рис. 5. Схемы установки по минерализации дистиллята для питьевой воды (а) и озоногенератора (б): 1 - озон, 2 - озонированный дистиллят, 3 - клемма подвода тока, 4 - трубка с пробковой изоляцией, 5 - поступление дистиллята, 6 - поступление воздуха

### Основы технической эксплуатации водоопреснительных установок и техника безопасности

Обслуживание судовых водоопреснительных установок следует осуществлять в соответствии с Правилами технической эксплуатации судовых технических средств, заводскими или фирменными инструкциями.

Перед пуском установки необходимо убедиться в исправности трубопроводов, арматуры, приборов и фланцевых соединений. Все клапаны должны быть закрыты. При вводе установки в действие необходимо открыть воздушные краны на испарителе, подогревателях и конденсаторе, на трубках к манометрам и вакуумметрам, а также на водоуказательных приборах. Затем, убедившись в готовности к пуску насосов: питания и прокачивания забортной воды, откачивания пресной воды и рассольного, следует открыть все клапаны для свободного прохода забортной воды через конденсатор за борт, на питание опреснителя (испарителя) и через водоподогреватели. После этого, запустив питательный насос, заполняют опреснитель (испаритель) морской водой примерно на 2/3 рабочего уровня, руководствуясь показаниями водоуказательного прибора.

Далее, постепенно открывая клапаны на паропроводе (водопроводе), подают греющий агент в змеевики опреснителя (испарителя) и доводят давление до рабочего. По мере прогревания корпуса опреснителя уровень воды в опреснителе доводят до нормального и устанавливают необходимый режим подачи морской воды в опреснитель через автомат питания. Одновременно при режиме непрерывного продувания открывают клапаны продувания рассола из опреснителя и пускают рассольный насос.

С появлением в опреснителе вторичного пара закрывают воздушные краны, пускают циркуляционный насос конденсатора и открывают клапаны на паропроводах вторичного пара и дистиллята, включают соленомеры.

При эксплуатации водоопреснительных установок следует добиваться их экономичной работы, которая определяется минимальным удельным расходом свежего пара. Это достигается путем

- установления оптимальных значений параметров свежего и вторичного пара;
- поддержанием в опреснителе надлежащей плотности рассола;
- минимальным расходом воды на конденсацию и охлаждение дистиллята;
- рациональным питанием опреснителя забортной водой;

- содержанием в чистоте нагревательных поверхностей змеевиков опреснителя, водоподогревателей и конденсатора;
- содержанием в исправном состоянии изоляции водоопреснительной установки.

В период действия водоопреснительной установки необходимо следить за качеством вторичного пара и дистиллята по показаниям соленомеров и периодически, не реже одного раза в сутки, брать пробы для определения качества дистиллята химическим способом. Соленость рассола должна быть в пределах 5000 - 7000° Б. Увеличение солености отражается на качестве дистиллята, а также на производительности установки. Вследствие интенсивного образования накипи снижается экономичность работы установки.

В случаях, когда слой накипи превышает 1,0 мм, для сохранения производительности испарителя необходимо принимать следующие меры по предотвращению накипобразования:

- использовать антинакипины, которые вводят в питательную морскую воду; они разрыхляют накипь, после чего ее можно удалять продуванием. Для опреснителей этот способ неприменим;

- снижать концентрацию рассола путем усиленного продувания испарителя. Недостаток этого способа состоит в увеличении тепловых потерь, в результате чего снижаются экономичность и производительность установки;

- применять так называемый «холодный душ». Из испарителя продувают весь рассол и тем самым оголяют змеевики батареи. По змеевикам продолжают пропускать греющий агент. Затем в паровое пространство испарителя по специальным трубам с многочисленными отверстиями подают холодную воду, которая орошает поверхность нагревательной батареи. В результате резкого изменения температуры змеевики деформируются, накипь дает трещины и отваливается от поверхности. Этот процесс повторяют несколько раз, после чего накипь удаляют из испарителя продуванием. Способ холодного душа позволяет очистить от накипи до 60 — 80 % поверхности батареи;

- использовать специальные химикалии, которые добавляют к морской питательной воде. Они предотвращают образование накипи, вследствие чего установка может работать продолжительное время без чистки;

- снижать давление ниже атмосферного в вакуумных испарителях, где парообразование и кипение рассола происходят при более низких температурах; вследствие этого накипь образуется менее интенсивно. В результате производительность испарителя не снижается, и он может продолжительное время работать без чистки нагревательных элементов;

- использовать принцип самоиспарения в адиабатных многоступенчатых опреснительных установках, в которых вследствие вынесения теплообменных поверхностей из зоны кипения и снижения температур кипения уменьшается интенсивность образования накипи.

При выводе из действия водоопреснительной установки следует осушить конденсатор, удалить рассол, закрыть все клапаны, произвести осмотр арматуры и трубопроводов, выключить питание на приборы автоматики, аварийно-предупредительной сигнализации и защиты.

Во время эксплуатации опреснительных установок для полного удаления накипи периодически производят механическую или кислотную очистку поверхности нагревательной батареи. Недостаток этого способа состоит в продолжительном выводе из строя испарителя.

Плотность рассола определяют путем взятия пробы ареометром, не реже одного раза за вахту. В опреснителе должен поддерживаться постоянный уровень рассола, что достигается хорошей работой регулятора питания. Для этого необходимо, чтобы обеспечивались свободное перемещение питательного клапана, поплавка и штоков в местах прохода через сальники; хорошая плотность поплавка; чистота патрубков, соединяющих паровое и водяное пространство опреснителя с регулятором.

Через каждые 2000 — 3000 ч работы следует вскрывать секции испарителя и подогревателя и производить внутренний осмотр с целью проверки состояния антикоррозионного покрытия поверхностей и наличия накипи на трубках. При необходимости накипь удаляют проволоочным ершом с предварительным размягчением ее 5%-ным раствором соляной кислоты и последующей тщательной промывкой.

К водоопреснительным установкам избыточного давления следует применять правила техники безопасности при обслуживании сосудов, работающих под давлением.

Ингибированная соляная кислота и ее 3 — 4%-ные растворы, применяемые для очистки греющих элементов испарителей, требуют строгого соблюдения правил техники безопасности.

Члены экипажа, производящие кислотную очистку, должны пройти инструктаж, иметь предохранительные очки, резиновые сапоги и перчатки, суконную спецодежду. Вблизи работ по очистке должна быть медицинская аптечка с средствами против ожогов. В процессе растворения накипи должна действовать система вентиляции для удаления выделяющихся при этом углекислого газа и водорода. Пользоваться в районе работ открытым огнем запрещается.

### **Основные неисправности в работе водоопреснительных установок и способы их устранения**

#### *Установки избыточного давления.*

Неисправность: испаритель установки вырабатывает дистиллят повышенной солености. Возможные причины и способы устранения неисправностей:

- интенсивное испарение, сопровождаемое повышенной влажностью вторичного пара вследствие высокого давления греющего пара (снизить давление греющего пара);
- резкое понижение давления вторичного пара из-за повышенного расхода (снизить расход, прикрыв запорный клапан вторичного пара);
- высокий уровень рассола в испарителе (проверить работу регулятора питания и обеспечить плотность питательного клапана);
- повышенная плотность рассола в испарителе (продуть часть рассола с подпиткой свежей водой);
- нарушена плотность между паровой и водяной полостями в водоподогревателе или конденсаторе (устранить неплотность);
- вскипание рассола в испарителе вследствие резкого изменения давления паров или уровня рассола (выполнить рекомендации, указанные в предыдущих пунктах).

#### *Вакуумные установки типа Д.*

1. Первая неисправность: испаритель вырабатывает дистиллят повышенной солености. Возможные причины и способы устранения неисправностей:

- эжектор не удаляет достаточного количества воды из сепаратора (проверить эжектор и эжекторный насос, добиваясь того, чтобы давление воды перед эжектором было не менее 30 - 40 мм вод. ст.);
- слишком интенсивное испарение в результате избыточного количества теплоты или высокого вакуума (дросселировать вакуумный клапан горячей воды или приоткрыть клапан, снижающий вакуум).

2. Вторая неисправность: производительность падает. Возможные причины и способы устранения неисправностей:

- в испарителе недостаточно теплоты (увеличить подачу горячей воды);
- на трубках испарителя образовалась накипь (очистить трубки от накипи);
- в испаритель попал воздух от горячей воды (удалить воздух из испарителя);
- в испаритель поступает мало заборной воды (отрегулировать открытие клапана так, чтобы количество соленой воды в 3 — 4 раза превышало производительность).

3. Третья неисправность: недостаточный вакуум в испарителе. Возможные причины и способы устранения неисправностей:

- неплотности фланцевых соединениях и сальниках (поджать соединения и сальники, устранить неплотности);
- недостаточна подача в конденсатор охлаждающей воды или температура ее слишком высока (увеличить производительность циркуляционного насоса, включить резервный насос, понизить температуру охлаждающей воды);
- засорение труб конденсатора (очистить входные отверстия и трубные доски);
- заполнение конденсатора пресной водой (проверить работу конденсатного насоса);

- низкое давление перед эжектором (повысить давление воды перед эжектором до номинального);
- износ сопел эжектора (заменить сопла);
- повышенный износ сальников насоса (заменить сальники);
- в водяном пространстве конденсатора скопился воздух (открыть воздушные краны и выпустить воздух).

*Установки самоопреснения типа М.*

Неисправность: чрезмерное повышение уровня питательной воды в ступенях испарителя. Возможные причины и способы устранения неисправностей:

- увеличение поступления питательной воды (снизить производительность питательного насоса);
- падение производительности рассольного насоса (повысить производительность рассольного насоса).

## Практическая работа № 15

### «ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК»

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией, принципом работы и правилами технической эксплуатации судовых холодильных установок.

**Материально-техническое обеспечение:** плакаты, схемы насосов, видеоматериалы по принципу работы холодильных установок.

**Содержание работы:** 1. Изучение и описание принципа работы и схем холодильных установок.  
2. Изучение правил технической эксплуатации и основных неисправностей холодильных установок.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Судовые холодильные установки осуществляют:

- охлаждение помещений для хранения продуктов питания судовой команды и пассажиров;
- создание нормальной температуры и влажности воздуха в жилых и служебных помещениях судна при плавании в летнее/время и в тропиках — кондиционирование воздуха;
- охлаждение грузовых трюмов и танков специализированных судов для перевозки скоропортящихся грузов: мяса, рыбы, фруктов, вина, жиров и т. п.

Искусственное охлаждение заключается в отводе тепла из охлаждаемых помещений при помощи холодильных машин и поддержании в этих помещениях требуемой температуры.

В судовых холодильных установках для отвода тепла из охлаждаемых помещений используется способность некоторых жидких веществ кипеть при минусовой температуре и низких давлениях. Кипение всегда сопровождается отнятием тепла. Например, вода кипит и превращается в пар, отнимая тепло от огня. Но в этом случае температура кипения  $100^{\circ}\text{C}$ . А холодильные агенты имеют температуру кипения намного ниже нуля. Пары холодильного агента, образовавшиеся в результате кипения, отобрав тепло из охлаждаемого помещения, всасываются компрессором, сжимаются, направляются под давлением в конденсатор, где охлаждаются забортной водой и снова превращаются в жидкое состояние. Таким образом, тепло, отобранное холодильным агентом в охлаждаемых помещениях, отдается забортной воде в конденсаторе. Чтобы пары холодильного агента превратить в жидкое состояние, необходимо его сжать до определенного давления в компрессоре и охладить в конденсаторе. И наоборот, чтобы жидкий холодильный агент мог кипеть и превратиться в парообразное состояние, необходимо понизить его давление в терморегулирующем вентиле, который представляет собой редукционный клапан.

Схема холодильной установки непосредственного испарения показана на рис. 1. Пары холодильного агента всасываются компрессором через клапан 1 и нагнетаются под давлением через клапан 2 и маслоотделитель 3 в конденсатор 4, который прокачивается забортной водой. Сжатые пары холодильного агента при охлаждении превращаются в жидкость, и перед терморегулирующим вентилем 8 хладагент находится в жидком состоянии под давлением. В терморегулирующем вентиле давление жидкого хладагента понижается до давления всасывания компрессора. При понижении давления жидкий хладагент кипит, превращаясь в пар, при этом происходит поглощение большого количества тепла из окружающей среды (холодильной камеры 9). Аппарат, в котором происходит кипение, называется испарителем (10). На жидкостной стороне устанавливаются также ресивер 5, осушитель 6 и фильтр 7.



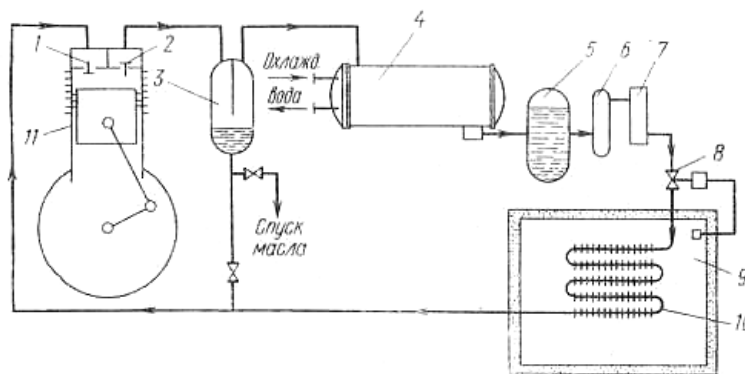


Рис. 1. Схема холодильной установки непосредственного испарения:  
1 – всасывающий клапан; 2 – нагнетательный клапан; 3 – маслоотделитель;  
4 – конденсатор; 5 – ресивер; 6 – осушитель; 7 – фильтр; 8 – терморегулирующий  
вентиль; 9 – холодильная камера; 10 – испаритель; 11 – компрессор

В качестве хладагентов в судовых холодильных установках применяют углекислоту, аммиак и фреоны.

Углекислота взрывобезопасна, но ее трудно превратить в жидкое состояние, так как необходимо сжать до высоких давлений и охладить до 25—30° С, что не всегда возможно, особенно в тропиках.

Аммиак имеет хорошие термодинамические свойства, легко превращается из парообразного состояния в жидкое, но очень ядовитый, раздражает слизистые оболочки глаз, дыхательные пути. При содержании в воздухе около 0,35% аммиак может вызвать отек легких, судороги, потерю сознания, а при содержании 2% — смерть человека. Аммиак горюч и взрывоопасен в смеси с воздухом. Кроме того, в присутствии влаги аммиак разъедает медь, бронзу, цинк. Все это усложняет эксплуатацию аммиачных холодильных установок. Тем не менее, благодаря хорошим холодильным свойствам, аммиачные холодильные установки широко применяются на флоте.

Наибольшее распространение получили холодильные установки, работающие на фреоне 12 и фреоне 22.

Фреон 12 — бесцветный газ, намного тяжелее воздуха, без запаха. Он безвреден для человека, не горит, не взрывается. Не оказывает разъедающего действия на цветные металлы и сталь. Фреон способен проходить через мельчайшие неплотности, в том числе через поры чугуна, поэтому следует внимательно следить за уплотнениями холодильной системы.

Фреон растворяет масло, что благоприятно влияет на смазку компрессора. Но он не растворяет воду, поэтому фреон должен находиться в системе абсолютно «сухим» и при заполнении системы сто осушают специальным веществом — силикагелем.

Фреон обладает высокими холодильными свойствами, требует невысокого давления сжатия, не требует низких температур воды в конденсаторе для охлаждения, чтобы превратиться в жидкое состояние.

Хотя фреон 12 и безвреден, но надо помнить, что нельзя допускать большое содержание его в воздухе, так как это вызывает недостаток кислорода. Попадание жидкого фреона на тело вызывает местное обмороживание кожи.

#### Способы охлаждения помещений

Применяют два способа охлаждения помещений: непосредственное и при помощи хладоносителей. Непосредственным охлаждением (см. рис. 1) называется такое, при котором испаритель установлен непосредственно в охлаждаемом помещении и хладагент, испаряясь в нем, отбирает тепло сам.

Способ охлаждения при помощи хладоносителей (рис. 2) заключается в том, что в испарителе охлаждается хладоноситель: рассол, воздух. Рассол прогоняется насосом по змеевикам, которые проложены вдоль переборок и на подволоке охлаждаемых помещений, охлаждает их и снова возвращается в испаритель. При воздушном охлаждении вентилятор прогоняет воздух через испаритель, воздух охлаждается и подается в помещения.

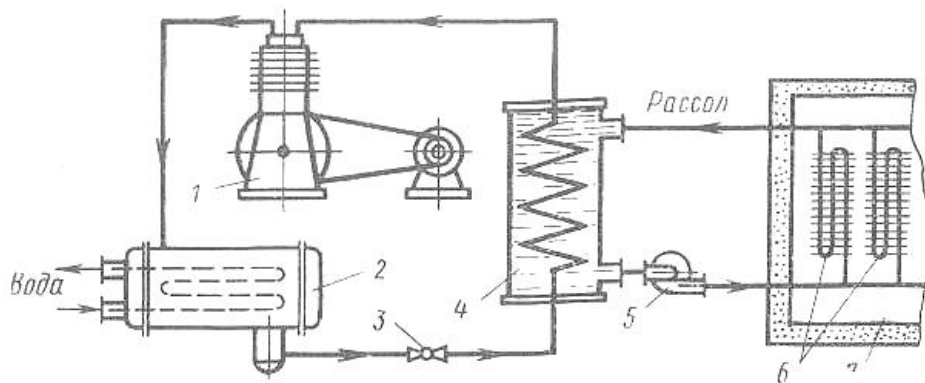


Рис. 2. Схема холодильной установки с рассольным охлаждением:  
1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – регулирующий вентиль; 4 – испаритель;  
5 – рассольный насос; 6 – змеевики; 7 – холодильная камера

Рассол можно приготовить добавлением в воду обычной поваренной соли, при этом температура замерзания 25%-ного рассола падает до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Однако рассол быстро разрушает трубы системы охлаждения. Для уменьшения коррозии труб в рассол добавляются защитные вещества — смесь едкого натра и хромата натрия (около 2—4 кг на тонну рассола).

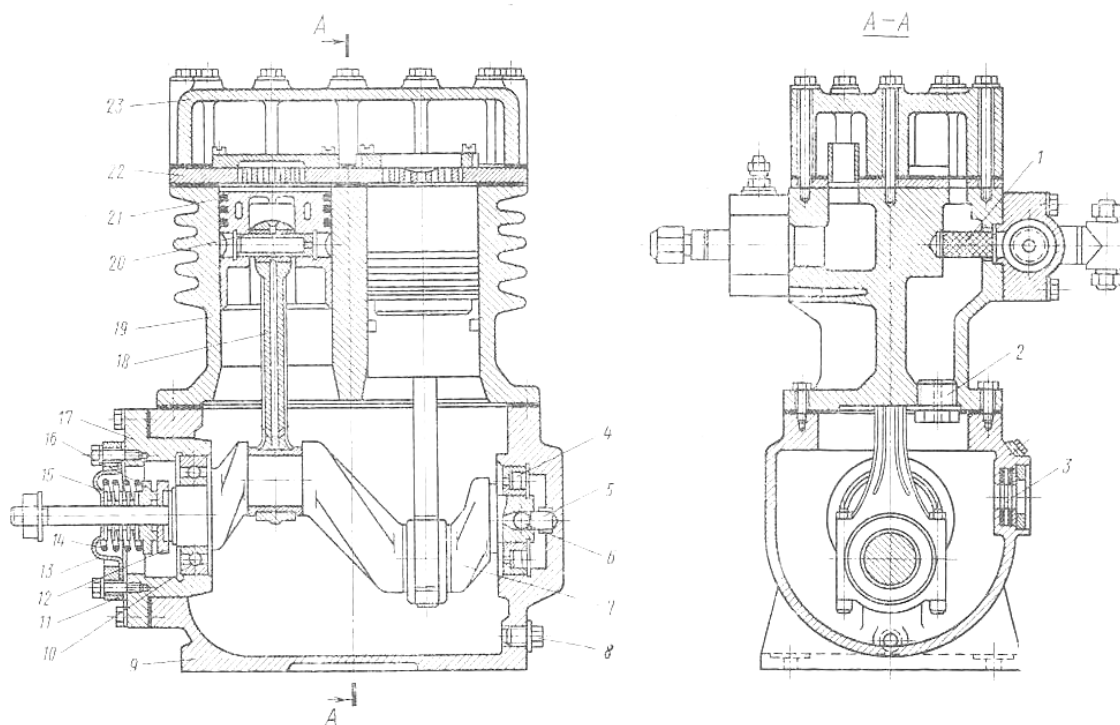
Непосредственное охлаждение применяется для провизионных камер. Грузовые трюмы, предназначенные для перевозки мяса и рыбы, охлаждаются при помощи хладоносителей. Рассольная система применяется в тех случаях, когда хладоагентом является аммиак. Для охлаждения трюмов, предназначенных для перевозки фруктов и овощей, а также для кондиционирования воздуха в жилых и служебных помещениях применяется система воздушного охлаждения.

#### Агрегаты холодильной установки

В судовой холодильной технике применяются компрессорные установки поршневого типа. Для каждого хладоагента конструктивно выполняются компрессоры, отличные друг от друга. Устройство двухцилиндрового вертикального фреонового компрессора показано на рис. 3. Компрессор состоит из следующих частей: крышки 23, клапанной доски 22, поршня 20 с поршневыми кольцами 21, блока цилиндров 19, картера 9, коленчатого вала 7, шатуна 18. Коленчатый вал приводится во вращение от электродвигателя через ременную передачу. Вал лежит в двух подшипниках качения 10 и 4, причем упорный шарик 6 с пружиной 5 удерживает вал от продольного смещения. Конец коленчатого вала уплотняется сильфонным сальником 15. Пробка 8 служит для спуска масла, а крышка 17 для выемки коленчатого вала во время разборки компрессора. Через пробку 2 масло заливается в картер компрессора. Крышка 23 разделена поперечной перегородкой на две полости: правая является всасывающей, левая — нагнетательной. На всасывающей полости установлен фильтр 1, который задерживает частицы ржавчины, грязи, приносимые вместе с парами фреона из системы трубопроводов.

Масло, которое приносится вместе с парами фреона из трубопровода, стекает в картер компрессора. Блок цилиндров имеет оребренную поверхность, что обеспечивает охлаждение цилиндров. Всасывающие и нагнетательные клапаны компрессора представляют собой самопружинящиеся ленточные пластинки, собранные в седлах на клапанной доске. Компрессоры большой производительности имеют клапаны с кольцевыми пластинами.

Ответственной деталью компрессоров поршневого типа является сильфонный сальник уплотнения приводного конца коленчатого вала, который должен обеспечить надежную герметизацию картера компрессора во избежание утечки фреона из системы. Сильфон представляет собой цельную латунную гофрированную трубку. Сильфонная трубка имеет возможность удлиняться и укорачиваться — пружинить. Сильфон сальника 15 одним концом припаивается к наружному фигурному фланцу 13, а другим — к бронзовому кольцу 16. На вал плотно насаживается севанитовое уплотнительное кольцо 12, вставленное плотно в стальную обойму. Севанит — вещество переработки резины, стойкое против разложения в масле, фреоне и других веществах.



*Рис. 3. Устройство фреонового компрессора:*

- 1 – фильтр; 2, 8 – пробки; 3 – указательное стекло; 4, 10 – подшипники качения;  
 5, 14 – пружины; 6 – упорный шарик; 7 – коленчатый вал; 9 – картер; 11 – фланец;  
 12 – уплотнительное кольцо; 13 – фигурный фланец; 15 – сильфонный сальник;  
 16 – бронзовое кольцо; 17, 23 – крышки; 18 – шатун; 19 – цилиндр; 20 – поршень;  
 21 – поршневые кольца; 22 – клапанная доска

Севанитовое кольцо с обоймой вращается вместе с коленчатым валом. В обойму упирается бронзовое кольцо 16, запрессованное в подпятник. Это кольцо не вращается, оно прижато к стальной обойме пружиной 14 и скользит по ней. По мере износа бронзовое кольцо заменяют. Сильфонный сальник в сборе крепится к картеру компрессора при помощи прижимного фланца 11 на специальной паронитовой прокладке. Подшипники и цилиндры компрессора смазываются барботажным методом. Масло заливается в картер до половины указательного стекла 3. При вращении мотыли коленчатого вала разбрызгивают масло, обеспечивая смазку всех узлов. Небольшое количество масла, растворяясь в фреоне, циркулирует вместе с ним в системе холодильной установки.

Конденсаторы судовых холодильных установок выполняются трубчатого типа. Конденсатор имеет предохранительный клапан, указатель уровня хладагента, сборник жидкого холодильного агента в нижней части, манометр для измерения давления, а также спускные воздушные пробки и спускные пробки воды, хладагента и масла.

Ресивер (цилиндрический сосуд) устанавливается под конденсатором или рядом с ним и служит для сбора жидкого хладагента. Он способствует бесперебойной подаче жидкого хладагента к регулирующему вентилю. В нижней части ресивера может скопиться масло, которое периодически спускается через пробку.

В крупных установках между компрессором и конденсатором устанавливается маслоотделитель, представляющий собой цилиндрический сосуд, в который встроен маслоотбойник. По мере накопления масло выдувается обратно в картер компрессора или в бачок для последующего использования. Наличие влаги в холодильном агенте даже в малых количествах недопустимо, поскольку она приводит к образованию ледяных пробок в системе. Осушитель фреона устанавливается после ресивера. В качестве поглотителя воды служит силикагель или цеолит. Жидкий фреон, проходя через осушитель, оставляет в порах силикагеля или цеолита влагу. Со временем силикагель или цеолит полностью насыщается влагой. Чтобы восстановить их способность поглощать влагу, разбирают осушитель и зерна силикагеля или цеолита просушивают в горячем воздухе при температуре 200° С.

Фильтры устанавливаются после осушителя перед регулирующим вентилем, а также на всасывающей стороне перед компрессором. На жидкостной стороне фильтры защищают от засорения регулирующий вентиль, а на всасывающей — компрессор от попадания ржавчины, окалина и грязи. Фильтрующим материалом на жидкостной стороне для фреона являются фетр и фетромиткаль, а для аммиака — стальные сетки в несколько слоев. На всасывающей стороне применяются латунные сетки для фреона и стальные для аммиака.

Терморегулирующий вентиль предназначен для понижения давления хладагента и регулирования количества поступления хладагента в испаритель. От количества и давления хладагента в испарителе зависит температура в охлаждаемых помещениях. Чем ниже давление в испарителе, тем ниже температура кипения хладагента, тем более низкую температуру можно получить в помещении, если обеспечить непрерывное и достаточное количество его поступления. Таким образом, регулирующий вентиль является не только редуктором давления, но и регулятором температуры, поэтому его называют терморегулирующим (ТРВ). ТРВ устанавливается перед испарителем. Его задачей является автоматическое открытие вентили, если в испаритель поступает недостаточно хладагента для обеспечения заданной температуры, и закрытие вентили для уменьшения поступления хладагента, если в испарителе он в избытке. ТРВ бывают сильфонные и мембранные и по принципу действия ничем не отличаются друг от друга.

Корпус ТРВ разделен на две полости игольчатым клапаном: к одной полости подходит жидкий хладагент из ресивера, проходит через приоткрытый клапан, давление его уменьшается и из другой полости хладагент поступает в испаритель для кипения.

Чувствительный патрон плотно прикрепляется к трубопроводу, идущему после испарителя на всасывание к компрессору. Патрон воспринимает температуру парообразного хладагента, выходящего из испарителя. Поэтому, если пары холодные, то жидкость в чувствительном патроне сжимается, мембрана не будет давить через толкатель на иглодержатель. Тогда под действием пружины игольчатый клапан прикроет проходное отверстие клапана и в испаритель будет поступать меньше хладагента. При этом будет меньше отводиться тепла, т. е. меньше охлаждаться помещения. При повышении температуры паров холодильного агента жидкость в чувствительном элементе будет расширяться, а мембрана будет давить через толкатель на иглодержатель и, преодолевая сопротивление пружины, приоткрывать клапан для прохода большого количества хладагента. Таким образом, автоматически поддерживается требуемая температура в охлаждаемом помещении.

В испарителе происходит кипение холодильного агента. Испаритель изготавливается из оребренных или гладких труб и в помещении располагается вдоль стенок и подволоков в виде одного непрерывного змеевика или состоит из отдельных секций (батарей). Гладкие трубы легче очищаются от инея, но оребренные трубы улучшают теплообмен.

Для охлаждения хладоносителей (например, рассола) применяются кожухотрубные и погружные испарители. В погружных испарителях хладагент кипит в змеевиках, погруженных в бак с рассолом.

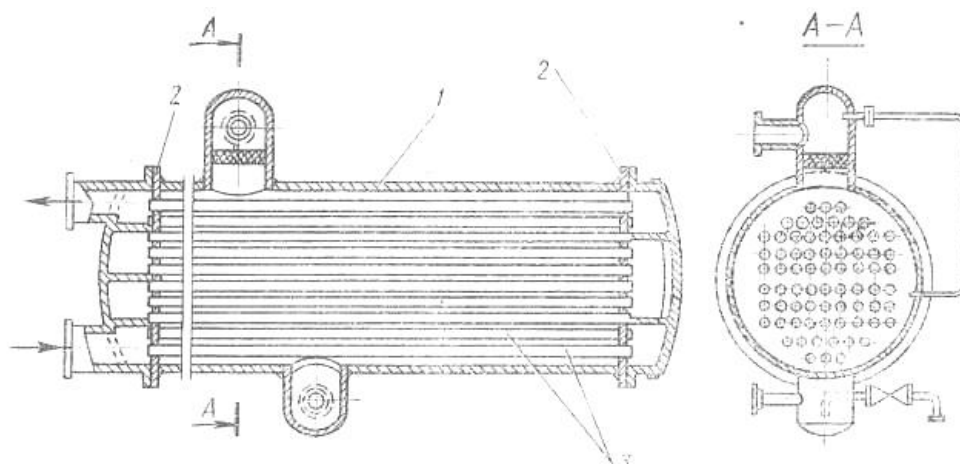


Рис. 4. Устройство кожухотрубного испарителя:

1 – корпус (кожух); 2 – трубные доски; 3 – трубки

Кожухотрубный испаритель представляет собой стальной корпус 1 (рис. 4), в котором

размещен пучок трубок 3, закрепленных в трубных досках 2. Хладагент проходит по трубкам, а рассол прокачивается насосом между трубками. Перегородки служат для направления потока рассола.

Испарители для охлаждения воздуха изготавливают также трубчатыми. Воздух прогоняется между трубками воздухоохладителя пентилатором. Иногда воздух охлаждается в «мокрых» воздухоохладителях с помощью рассола. Рассол, охлажденный в испарителе, разбрызгивается на фарфоровые кольца. Воздух продувается через эти кольца в обратном направлении.

Автоматизация работы холодильных установок. Для поддержания требуемой температуры в помещениях необходимо постоянно регулировать работу холодильной установки. Это тонкое и трудоемкое дело. Поэтому современные холодильные установки полностью автоматизированы. Это освобождает обслуживающий персонал от постоянного нахождения у холодильных машин и обеспечивает экономичную и безаварийную работу. В обязанности обслуживающего персонала входят периодические осмотры установки при работе, подзарядка систем холодильным агентом и рассолом, проверка и регулировка автоматических приборов.

Автоматизация обеспечивает:

- постоянный контроль температур в помещениях, хладоносителя и охлаждающей воды, а также давлений холодильного агента, хладоносителя, воды, воздуха;
- защиту холодильной установки от аварий;
- регулировку холодильной установки для получения необходимой температуры в помещениях;
- пуск, остановку компрессора и механизмов, обслуживающих холодильную установку.

Автоматические приборы обслуживания холодильной установки подразделяются на следующие группы: приборы контроля и защиты, приборы регулирования, приборы управления.

Приборами контроля являются термометры, манометры, мановакуумметры, амперметры.

Приборы защиты извещают обслуживающий персонал о ненормальной работе установки звуковым и световым сигналом, а также останавливают работу компрессора при достижении предельных давлений и температур. Защита устанавливается от чрезмерно высокого давления холодильного агента в конденсаторе, высокой его температуры, падения давления масла в системе смазки компрессора, перегрева компрессора и электродвигателя и др.

К приборам регулирования относятся регулирующие вентили (ТРВ), регуляторы давления и температуры рассола, воздуха и охлаждающей воды.

Приборы управления предназначены для автоматического пуска и остановки компрессора, насосов, вентиляторов, запорных клапанов; автоматического удаления инея с охлаждающих батарей (испарителя).

### **Кондиционирование воздуха**

На судах устанавливается отдельная холодильная установка для охлаждения воздуха в жилых и служебных помещениях при плавании в жарких климатических условиях. Целью кондиционирования воздуха является регулирование температуры и влажности воздуха для создания оптимальных климатических условий в жилых и служебных помещениях судна.

Система охлажденного воздуха совмещается с системой вентиляции помещений. В зимнее время эта же система применяется для отопления помещений, для чего воздух подогревается и увлажняется. Установка, предназначенная для охлаждения и осушения воздуха в летнее время, подогрева и увлажнения в зимнее время, называется кондиционером, а обработка воздуха — кондиционированием.

Схема судового кондиционера показана на рис. 5. Воздух засасывается вентиляторами 5 через фильтр 1 в трубчатый испаритель 2. Охлажденный воздух по каналу 4 поступает в жилые помещения. В воздухоохладителе температура воздуха понижается на 7—10° С по сравнению с наружным. При охлаждении воздуха выпадает влага, которая стекает в воронку 6.

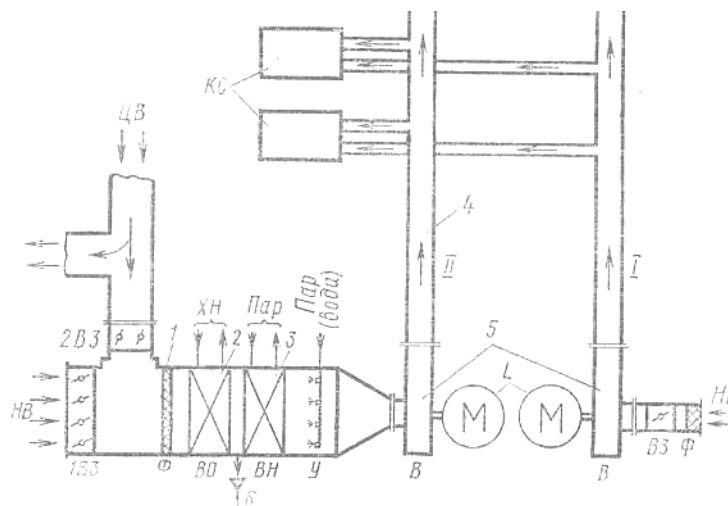


Рис. 5. Схема судового кондиционера:

1 – фильтр; 2 – испаритель; 3 – нагреватель; 4 – канал (воздуховод); 5 – вентилятор;  
6 – воронка

В каютах установлены шкафики с заслонками, при помощи которых регулируют количество поступающего воздуха и создают необходимую температуру.

### Эксплуатация холодильных установок

Перед пуском производят наружный осмотр всей установки, убеждаются в наличии холодильного агента в ресивере и масла в картере компрессора по указательным стеклам. Выключаются автоматические приборы пуска и остановки электродвигателя компрессора. Открываются запорные клапаны на трубопроводе охлаждающей воды, и пускается охлаждающий насос. Открываются запорные клапаны на нагнетательной стороне компрессора и на трубопроводе жидкостной линии системы хладагента. Проворачивают компрессор вручную, а затем пускают его. Медленно открывается запорный клапан на всасывающей стороне компрессора, при этом наблюдают за манометром, указывающим давление всасывания. Чтобы не было заброса жидкого хладагента в компрессор, давление всасывания не должно превышать  $1 \text{ кг/см}^2$ . Целью этой операции является отсос хладагента из испарителя в конденсатор. Признаком полного отсоса служит падение давления всасывания до  $0,2—0,3 \text{ кг/см}^2$ . Никогда не следует понижать давление до нуля и ниже, так как это может привести к попаданию воздуха в систему. Затем открывается запорный клапан перед и после ТРВ и открывается ТРВ, если он был закрыт. Холодильная установка начинает работать. Регулируют приборы и установку переводят на автоматический режим.

Обслуживание холодильной установки во время работы заключается в периодических осмотрах ее, проверке наличия масла в системе смазки и в картере компрессора, проверке температур разных частей компрессора и обслуживающих механизмов, прослушивании агрегатов. Следят за давлением и температурой холодильного агента в конденсаторе, охлаждающей воды, отсутствием воздуха в системе, за работой осушителя, фильтров, регулирующего вентиля, автоматических приборов; периодически удаляют масло из маслоотделителя и очищают фильтры.

### Основные неисправности в работе холодильной установки

От своевременного обнаружения неисправностей в работе холодильных установок и их устранения зависит избежание аварий и возможность поддержания необходимых температур в помещениях. Ниже приведены характерные неисправности основных агрегатов фреоновых холодильных установок.

**Пропуски холодильного агента** через сальник уплотнения вала привода фреонового компрессора обнаруживаются по чрезмерному выходу масла через сальник. Обычно сальник пропускает 1—2 капли масла в час. Причинами ненормального пропуска фреона являются износ трущихся колец сальника, свищи в соединениях или в местах пайки.

**Компрессор стучит.** Причины: износ подшипников, поломка компрессионных поршневых

колец, чрезмерный износ цилиндров.

*Всасывающая часть крышки компрессора горячая.* Причина — поломка всасывающих клапанов.

*Нагнетательная часть крышки компрессора чрезмерно горячая.* Причина — поломка нагнетательных клапанов.

*Из картера компрессора уносится масло в систему.* Причины: износ, поломка поршневых колец, износ цилиндровых втулок.

*Высокое давление хладагента в конденсаторе,* отчего автоматическое устройство выключает работу компрессора. Причинами являются: засорение конденсатора со стороны водяной полости, недостаточная подача охлаждающей воды на конденсатор и высокая ее температура.

*Конденсатор пропускает хладагент в охлаждающую воду.* Причины: неплотность в соединениях трубок с трубными досками, свищи в трубках.

*Фильтр покрывается инеем.* Причина: засорение фильтра. Фильтр плохо фильтрует — это можно обнаружить по частому засорению ТРВ.

*Осушитель не осушает фреон,* а при вскрытии селика-гель имеет темный цвет — признак насыщения селикагеля влагой.

*Неисправности регулирующего вентиля:*

- не реагирует на изменение температуры в испарителе. Причина: вытекание вещества-наполнителя из чувствительного патрона;

- покрывается инеем и слабо пропускает хладагент. Причина: засорение фильтра перед вентилем;

- промерзание вентиля. Причина: наличие влаги в фреоне.

*Неисправности испарителя:*

- некоторые батареи не покрываются инеем, теплые. Причина: через них не проходит фреон, батареи закрыты ледяными пробками из-за наличия влаги в фреоне или они заполнены маслом;

- входная часть испарителя покрыта инеем, а выходная нет. Причина — малое поступление хладагента через ТРВ.

Наличие воздуха в системе хладагента обнаруживается по сильным колебаниям стрелки манометров, по повышенной температуре крышки компрессора, повышенному давлению холодильного агента в конденсаторе, а также по свистящим прерывистым звукам в ТРВ.

## Лабораторная работа № 1

### «ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА»

**Цель работы:** Закрепление полученных теоретических знаний и приобретение навыков в эксплуатации и исследовании режимов работы центробежного насоса.

**Оборудование:** лабораторная установка центробежного насоса с электрическим приводом;  
контрольно-измерительные приборы: мановакуумметр, манометр, расходомер, секундомер.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Центробежным насосам, рассчитанным на определенное давление и производительность, часто приходится работать в условиях, отличных от расчетных. Поскольку подача центробежного насоса связана функциональной зависимостью с создаваемым давлением, то, изменяя частоту вращения насоса, можно менять как величину напора, так и подачу. Исследования показывают, что подача центробежного насоса изменяется пропорционально первой степени частоты вращения, напор пропорционален квадрату частоты вращения, а потребляемая насосом мощность пропорциональна кубу частоты вращения.

С изменением режима работы насоса изменяется и его КПД. При подборе насоса для заданного напора и подачи, и установления более выгодного КПД пользуются характеристиками центробежного насоса.

Характеристикой насоса называется зависимость между напором насоса и его подачей при постоянной частоте вращения.

Характеристики могут быть простыми (индивидуальными), построенными для одной частоты вращения, и универсальные, содержащие кривые напоров для различных частот вращения.

**Простая характеристика** может быть получена путем замера напора и подачи при  $n = \text{const}$  для различных положений клапана на напорном трубопроводе.

Из графика на рис. 1 видно, что при увеличении подачи падает давление, создаваемое насосом.

На **универсальной характеристике** для одного из центробежных насосов (рис. 2) нанесены кривые, выражающие зависимость напора от подачи, построенные для различных частот вращения, и линии одинаковых КПД насоса. Как видно, максимальный КПД насоса соответствует только одной точке графика, соответствующей значениям частоты вращения, напора и подачи, по которым насос спроектирован и построен. При изменении частоты вращения КПД насоса будет уменьшаться. Универсальная характеристика дает возможность полностью оценить эксплуатационные свойства насоса и определить область его рационального применения в зависимости от уменьшения КПД.

Кривая, выражающая зависимость потерянного напора в трубопроводе от количества жидкости, проходящей через его живое сечение, называется **характеристикой трубопровода** (рис. 3). При отсутствии статического давления  $P_{\text{ст}}$  кривая начинается в начале координат. Чем больше будет гидравлическое сопротивление трубопровода и меньше его живое сечение, тем круче будет кривая. Каждая точка характеристики трубопровода дает то давление, которое обеспечивает соответствующий расход жидкости через его живое сечение.

Наложение характеристики насоса на характеристику трубопровода дает **рабочую характеристику** насоса, где точка А – рабочая точка (рис. 4). Эта точка соответствует максимальной подаче насоса при работе на данный трубопровод.



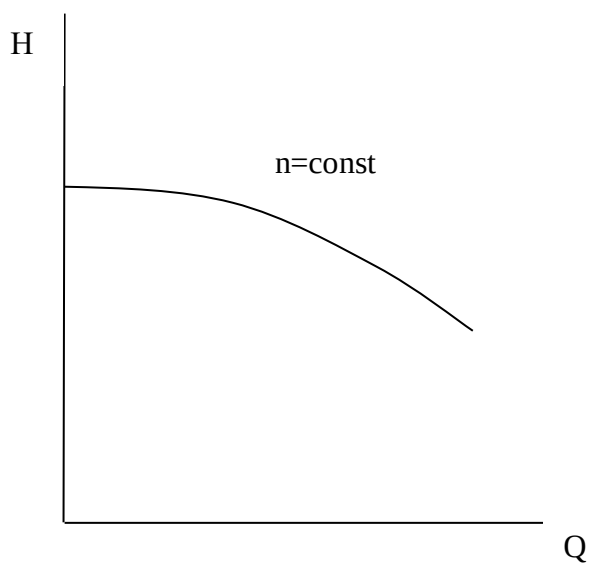


Рис. 1. Простая характеристика насоса

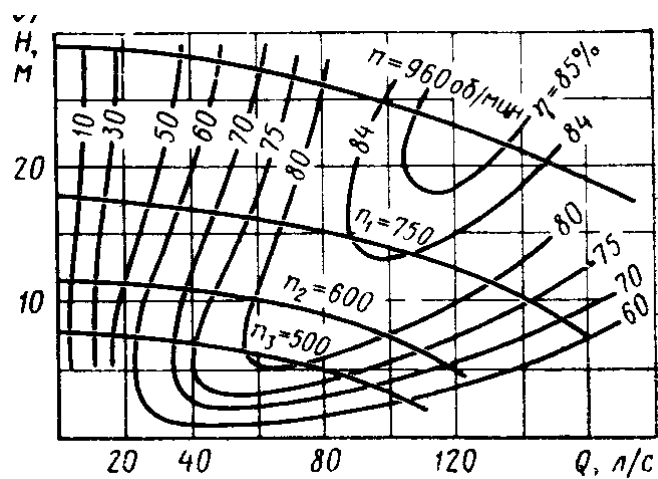


Рис. 2. Универсальная характеристика насоса

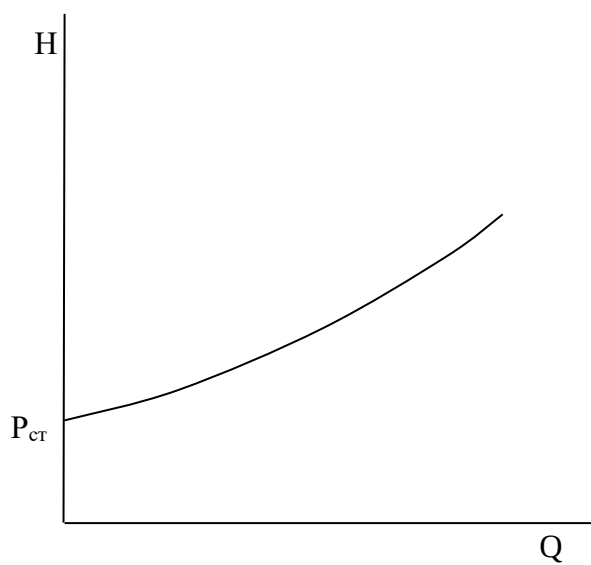


Рис. 3. Характеристика трубопровода

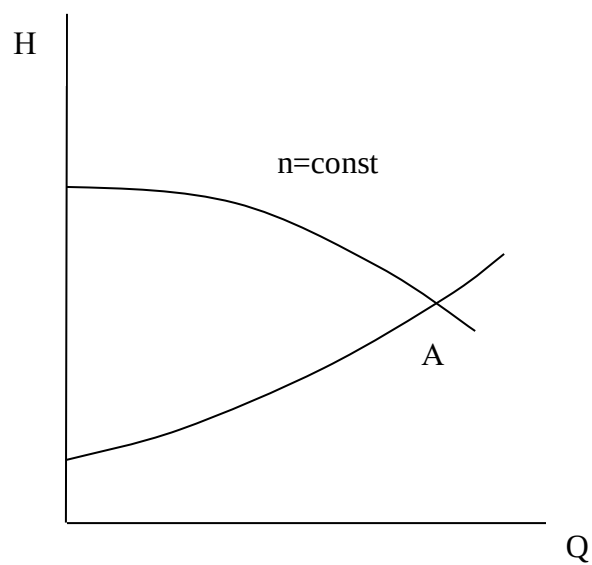


Рис.4. Рабочая характеристика насоса

## **Основы эксплуатации центробежного насоса**

Перед запуском центробежного насоса необходимо убедиться в том, что вращению вала не мешают посторонние предметы, для чего произвести внешний осмотр и провернуть колесо насоса вручную на несколько оборотов. Убедиться, что смазка поступает ко всем трущимся частям.

Пуск насоса производится в следующем порядке:

1. Закрыть полностью клапан на нагнетательной стороне насоса.
2. Заполнить жидкостью всасывающий трубопровод и корпус насоса. (При наличии самовсасывающего насоса необходимо залить водой вакуумное устройство).
3. Открыть всасывающий клапан.
4. Подготовить к действию двигатель насоса и запустить его.
5. При достижении оборотов и давления, соответствующих холостому ходу, постепенно открыть запорный клапан на нагнетательном трубопроводе.

С закрытым нагнетательным клапаном насос может работать несколько минут, так как вся энергия, подводимая к рабочему колесу центробежного насоса, преобразуется в теплоту, что может вызвать, перегрев насоса и выход его из строя.

Во время работы насоса необходимо:

- вести наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов: значительные колебания стрелки манометра на нагнетательном трубопроводе указывает на наличие в насосе воздуха; резкие изменения в показаниях мановакуумметра при неизменяющихся показаниях манометра могут свидетельствовать о механических неисправностях насоса – заедании в подшипниках, в уплотнении колес, сальниках;
- следить за температурой подшипников, не допуская их чрезмерного нагревания;
- наблюдают за работой сальниковой набивки по просачиванию перекачиваемой жидкости. При большом пропуске воды сальник подтягивают (на работающем насосе).

Работа насоса без жидкости запрещается.

При остановке насоса выключают электродвигатель. Первым закрывают нагнетательный клапан во избежание опорожнения насоса и трубопровода, а затем закрывают клапан на всасывающей магистрали.

## **Исследование режимов работы центробежного насоса**

Исследование режимов работы насоса заключается в исследовании зависимости подачи насоса от сопротивления нагнетательного трубопровода при  $n = const$ , построении этой зависимости в виде характеристики, определении мощности приводного двигателя и КПД насоса.

Способы регулирования подачи центробежного насоса

1. Количественное регулирование – осуществляется изменением открытия нагнетательного клапана.
2. Качественное регулирование – осуществляется изменением частоты вращения приводного двигателя.
3. Работа насоса «на себя» – осуществляется за счет перепускного трубопровода из нагнетательной полости во всасывающую полость.

Наиболее простым, надежным и чаще применяемым является количественный способ, хотя это связано с уменьшением гидравлического КПД насоса из-за увеличения сопротивления нагнетательного трубопровода.

Сопротивление на всасывании центробежного насоса, зависящее от характеристики трубопровода и высоты установки насоса, должно быть минимальным и регулировке не подлежит. Т.е. регулирование производительности насоса перекрытием всасывающего клапана не рекомендуется, так как это может привести к кавитационным разрушениям рабочей поверхности крылатки, срыву потока жидкости и повышенному износу трубопроводов. К таким же последствиям может привести нарушение герметичности насоса.

### **Неисправности в работе центробежных насосов**

| Неисправность                                            | Причина неисправности                                                                                                                     | Рекомендуемый способ устранения неисправности                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. После пуска насоса рабочая жидкость не перекачивается | а) закрыт нагнетательный клапан;<br>б) недостаточная частота вращения;<br>в) наличие воздуха или паров жидкости в корпусе насоса.         | Открыть запорный клапан<br><br>Увеличить частоту вращения приводного двигателя<br>Выпустить воздух из корпуса насоса                                                      |
| 2. Снижение напора                                       | а) попадание воздуха в перекачиваемую жидкость;<br>б) износ рабочих поверхностей колес;<br>в) засорение или осевой сдвиг рабочего колеса. | Проверить всасывающую систему, обжать соединения, устранить подсос воздуха<br>Заменить рабочее колесо, восстановить зазоры<br>Разобрать насос, очистить корпус и крылатку |
| 3. Перегрузка приводного двигателя                       | а) большой разбег вала, трение колес о корпус насоса;<br>б) большое осевое давление.                                                      | Заменить подшипники, восстановить разбег вала, устранить трение колеса о корпус<br>Прочистить осевые клапаны на крылатке                                                  |
| 4. Повышенная вибрация                                   | а) частичное загрязнение проточной части;<br>б) кавитация.                                                                                | Очистить проточную часть<br><br>Уменьшить частоту вращения<br>Уменьшить сопротивление во всасывающем трубопроводе.<br>Снизить температуру жидкости                        |

## Порядок выполнения лабораторной работы

1. Записать название, цель и оборудование лабораторной работы.
2. Изучить теоретические основы, данные в методических рекомендациях для выполнения лабораторной работы.
3. Изучить и зарисовать схему установки по месту расположения.
4. Приготовить насос к работе для чего:
  - закрыть нагнетательный клапан;
  - проверить наличие воды в баке, всасывающем трубопроводе и корпусе насоса;
  - полностью открыть всасывающий клапан;
  - проверить визуально исправность измерительных приборов;
  - подать электропитание на пускатель насоса.
5. По разрешению преподавателя (лаборанта) произвести пуск насоса.
6. Провести исследование режимов работы насоса путем количественного регулирования насоса.

Необходимо измерить давление на нагнетательном трубопроводе  $P_{\text{наг}}$  и определить подачу насоса по водомеру при различных положениях нагнетательного клапана (4-5 показаний от закрытого до полностью открытого).

По секундомеру определяют время  $\tau$  расхода через водомер одного и того же количества воды  $\delta Q$  (например, 0,01 м<sup>3</sup> или 0,005 м<sup>3</sup> и т.д.), а затем по этим данным определяют подачу насоса в час по формуле:

$$Q = \frac{\delta Q}{\tau} 3600$$

7. Остановить насос, снять электропитание, привести системы в исходное положение.

8. Заполнить таблицу полученных результатов:

| № режима | Давление на нагнетательном трубопроводе, $P_{\text{наг}}$ , | Расход по водомеру, $\delta Q$ , м <sup>3</sup> | Время замера, $\tau$ , с | Подача насоса, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч |
|----------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| 1.       |                                                             |                                                 |                          |                                        |
| 2.       |                                                             |                                                 |                          |                                        |
| 3.       |                                                             |                                                 |                          |                                        |
| 4.       |                                                             |                                                 |                          |                                        |
| 5.       |                                                             |                                                 |                          |                                        |

9. Построить по результатам опытов рабочую характеристику насоса  $H=f(Q)$ .
10. Произвести анализ полученных результатов и сделать выводы.

## **Содержание отчета**

1. Тема и цель работы.
2. Выполнение схемы установки по месту ее расположения.
3. Заполнение таблицы опытных и расчетных данных.
4. Рабочая характеристика насоса, построенная по результатам опытов.
5. Анализ характеристики и краткое пояснение ее смысла.
6. Выводы.

## **Контрольные вопросы**

1. Устройство и принцип работы центробежных насосов.
2. Простая характеристика центробежных насосов.
3. Универсальная характеристика центробежных насосов.
4. Рабочая характеристика центробежных насосов.
5. Подготовка центробежного насоса к работе и его запуск.
6. Обслуживание во время работы центробежного насоса.
7. Остановка центробежного насоса.
8. Способы регулирования подачи центробежного насоса.
9. Неисправности в работе центробежных насосов, их причины и способы устранения.