

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

СУДОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ

Цикловая комиссия судовождения и судовых энергетических установок

Мочалов Ю.Г.

**МДК 01.01. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ,
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
И РЕМОНТА СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

**Раздел 1.4 Судовые вспомогательные механизмы,
устройства и системы**

(Часть 1)

КУРС ЛЕКЦИЙ

ДЛЯ (СТУДЕНТОВ) КУРСАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

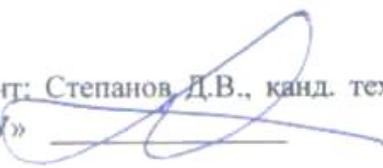
26.02.05 «ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»

ПРОФИЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО

ОЧНОЙ И ЗАОЧНОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

Керчь, 2019 г.

Составитель: Мочалов Ю.Г., преподаватель первой категории Судомеханического техникума ФГБОУ ВО «КГМТУ» 

Рецензент: Степанов Д.В., канд. техн. наук., доцент, проректор по ОР и РСП ФГБОУ ВО «КГМТУ» 

Курс лекций рассмотрен и одобрен на заседании цикловой комиссии судомеханических дисциплин Судомеханического техникума ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 8 от 12.04 2019 г.

Председатель ЦК  О.А. Королёва

Курс лекций утвержден на заседании учебно-методического совета СМТ ФГБОУ ВО «КГМТУ»,

протокол № 8 от 25.04 2019 г.

Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Тема 1. Судовые насосы, вентиляторы, компрессоры.....	5
1.1 Классификация, основные характеристики насосов.....	5
1.2 Поршневые насосы.....	9
1.3 Роторные насосы.....	22
1.4 Пластинчатые насосы.....	32
1.5 Центробежные насосы.....	37
1.6 Вихревые, осевые и струйные насосы.....	44
1.7 Судовые вентиляторы и компрессоры.....	55
2 Тема 2. Судовой гидравлический и пневматический привод.....	66
2.1 Гидравлический привод.....	66
2.2 2.2 Пневматический привод.....	74
Список литературы.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Судовые вспомогательные и подъемно-транспортные механизмы предназначены для обеспечения нормальной технической эксплуатации судовых установок и систем являются их составной частью. От этих механизмов и систем зависят технико-эксплуатационные качества судна, безопасность его плавания и надежность обслуживания главной энергетической установки.

Данный курс является неотъемлемой составной частью специальной подготовки бакалавров-механиков (а в дальнейшем и специалистов-механиков) по эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ), которым в их практической деятельности будет необходимо знание принципов работы, конструкций, расчета, требований и эффективных методов эксплуатации судовых вспомогательных и подъемно-транспортных механизмов и систем.

Цель изучения курса – дать студенту теоретическую подготовку для технически грамотной и эффективной эксплуатации современных судовых вспомогательных механизмов, установок и систем, выбора оптимальных режимов их работы в конкретных условиях эксплуатации судна, а также решения вопросов, связанных с их работой, ремонтом и модернизацией.

Изучение данного курса основано на знании следующих курсов: математики, физики, химии, теоретической механики, инженерной графики, деталей машин, сопротивления материалов, технологии материалов, теории устройства судна, термодинамики, теплообмена и гидромеханики. Только хорошее знание указанных в МДК 01.01. Раздел 1.4 «Судовые вспомогательные механизмы, устройства и системы» создает предпосылки для успешного освоения.

Основы теории, устройства и правила технической эксплуатации насосов, вентиляторов, механизмов объемного гидропривода; схемы и характеристики судовых систем; характеристики, теорию, устройство и правила технической эксплуатации палубных механизмов; устройство и правила технической эксплуатации водоопреснительных установок, теплообменных аппаратов и судовых подъемно-транспортных механизмов; правила Регистра и требования международных конвенций, правила техники безопасности при техническом использовании и обслуживании вспомогательных механизмов, систем и установок.

В результате изучения Раздела 1.4 студент должен уметь: эксплуатировать все типы механизмов, систем и установок; выполнять регулирование выходных параметров и оценивать соответствие заданным требованиям; выполнять проверочные тепловые и другие расчеты; обеспечивать охрану окружающей среды и безопасные условия труда; использовать способы экономии энергоресурсов.

Раздел 1.4 «Судовые вспомогательные механизмы, устройства и системы» обеспечивает дальнейшее изучение студентами судовых паровых котлов и ядерных реакторов, судовых турбинных установок, судовых двигателей внутреннего сгорания, автоматизированных систем управления судовыми вспомогательными механизмами и эксплуатации судовых энергетических установок.

1 Тема 1. СУДОВЫЕ НАСОСЫ, ВЕНТИЛЯТОРЫ, КОМПРЕССОРЫ

1.1 Классификация, основные характеристики насосов

Насосом называется механизм, предназначенный для перекачивания (перемещения) жидкости, преобразую механическую энергию привода в гидравлическую энергию потока жидкости, состоящую из энергии давления и кинетической энергии.

Вследствие различного назначения насосов, большого диапазона параметров и свойств перекачиваемых средств, число типов и конструкций насосов очень велико.

Судовые насосы применяются для перекачивания самых различных сред: морской воды с температурой до 80°C, пресной воды с температурой до 200°C, дистиллята, трюмной загрязненной воды, вязких жидкостей (мазут, масло), аммиака, кислоты, рассолов, сжиженного газа.

Функции насосов следующие:

а) поддерживать непрерывную работу главных СЭУ и различных вспомогательных установок, систем (насосы питательные, циркуляционные, конденсатные, охлаждения, масляные, топливные, дистиллятные и др.);

б) обеспечивать хозяйственные нужды судна (санитарные насосы пресной и забортной воды, насосы рефрижераторных установок);

в) обеспечивать безопасность мореплавания судна (пожарные, балластные, осушительные).

Судовые насосы классифицируются:

1. По назначению:

а) общесудовые - выполняют функции судовой системы, в которую они входят и подразделяются на трюмные (балластные, осушительные), санитарные (пресной и забортной воды, фекальные), пожарные,

б) насосы для обслуживания главных и вспомогательных двигателей, могут быть навешенными на двигатель или механизм, или установленными автономно, т.е. с индивидуальным приводом,

в) насосы специальных систем - это насосы для грузовой, дифференциальной зачистки и других специальных систем.

2. По принципу действия:

а) насосы вытеснения - поршневые и роторные (шестеренные, винтовые, роторно-пластинчатые, водокольцевые, роторно-плунжерные),

б) лопастные (центробежные, вихревые, осевые),

в) струйные (эжекторы и инжекторы).

Относительно уровня перекачиваемой жидкости существуют две принципиальные схемы:

1. Когда насос расположен ниже уровня перекачиваемой жидкости (насос работает с подпором) - Рис. 1.1,а.

2. Насос расположен выше уровня выкачиваемой жидкости (насос работает с подсосом) - Рис. 1.1,б.

Принцип действия любого насоса состоит в том, что при его работе в отсасывающем трубопроводе создается разрежение, а в нагнетательном избыточное давление. В результате этого жидкость под атмосферным давлением устремляется в полость разрежения и далее к рабочим органам насоса, а затем через напорную полость по

трубопроводам в перекачиваемую емкость или за борт. При этом у насоса с подпором условия всасывания более благоприятные. У насоса же с подсосом чтобы поднять жидкость до оси приемного патрубка необходимо:

1. Обеспечить всасывание на величину геометрической высоты - H_r ;
2. Компенсировать потери во всасывающем трубопроводе - $H_{п}$;
3. Создать скоростной напор жидкости $H_{ск}$. т.е. $H_{вс} = H_r + H_{п} + H_{ск}$.

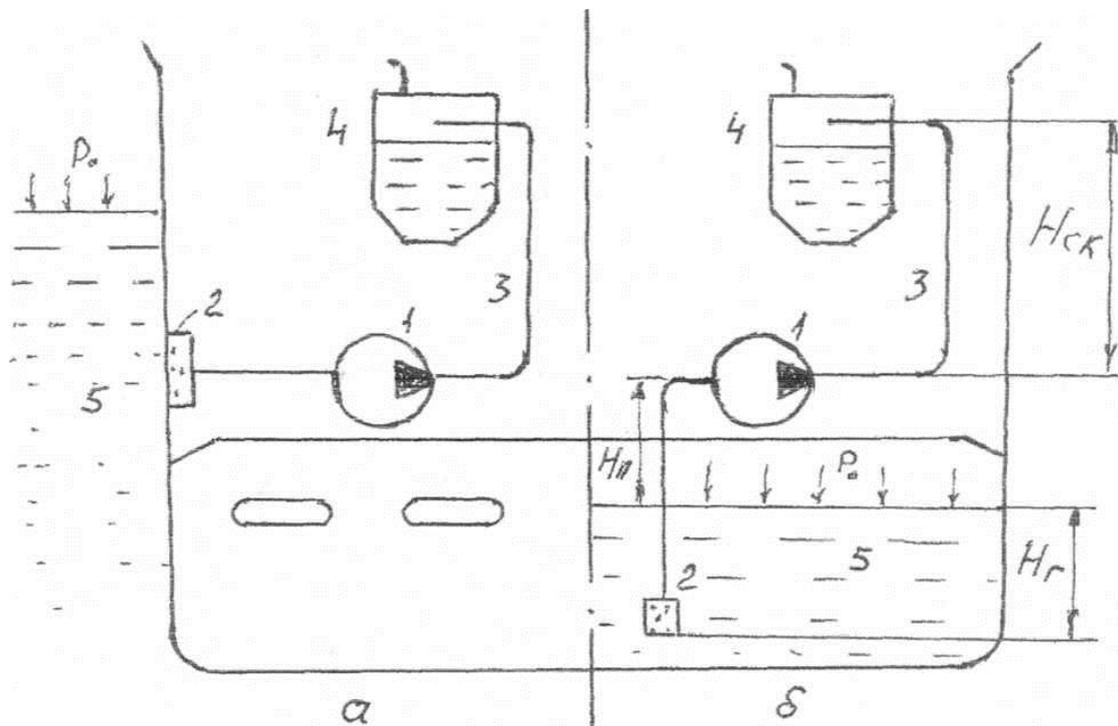


Рисунок 1.1 – Схема насосной установки

- 1 - насос, 2 - всасывающий трубопровод с приемным фильтром,
 3 - нагнетательный трубопровод, 4 - емкость перекачиваемой жидкости,
 5 - емкость забора жидкости.

Подъем и всякое другое перемещение жидкости происходит по трубам, присоединенным к насосу; эти трубы образуют трубопровод данного насоса. На трубопровод устанавливают фильтры для очистки перекачиваемой жидкости. Все это в совокупности образует насосную установку.

Принципиальная схема насосной установки показана на рисунке 1.2. При движении поршня 1 насоса вверх в рабочей полости цилиндра создается разрежение, под действием которого открывается всасывающий клапан 2. Так как давление над перекачиваемой жидкостью в расходной цистерне равно атмосферному (p_a), а давление в полости насоса меньше атмосферного, то под действием давления p_a жидкость будет подниматься по всасывающему трубопроводу и заполнять рабочую полость насоса. Происходит процесс всасывания жидкости в насос.

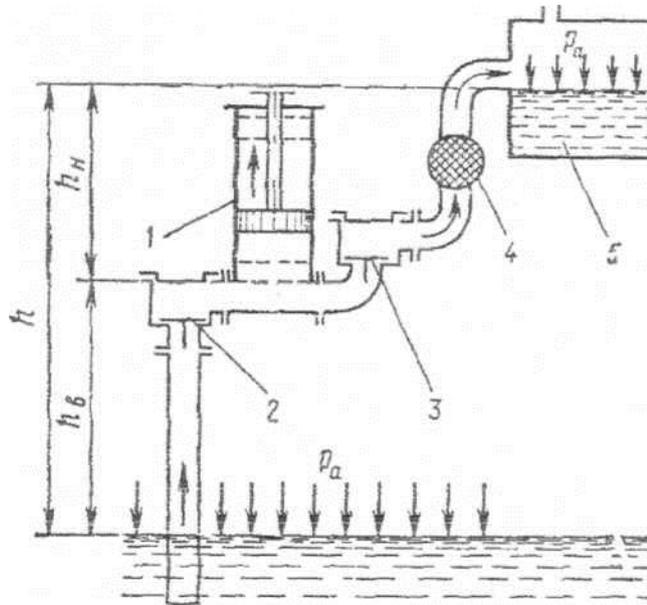


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема насосной установки

При движении поршня насоса вниз всасывающий клапан под давлением, создаваемым поршнем в рабочей полости, закрывается, нагнетательный клапан 3 под действием того же давления поднимается и открывает доступ жидкости в нагнетательный трубопровод, а оттуда через фильтр 4 в приемную цистерну - 5, т. е. происходит процесс нагнетания жидкости насосом в напорный трубопровод. Затем действие насоса повторяется.

Расстояние $h_в$, от уровня жидкости в расходной цистерне до уровня рабочей полости насоса называется высотой всасывания. Расстояние $h_н$ от уровня рабочей полости насоса до уровня жидкости в приемной цистерне называется высотой нагнетания. Сумма высот всасывания и нагнетания является высотой подъема жидкости: $h = h_в + h_н$.

Известно, что нормальное атмосферное давление $p_a = 98 \text{ кН/м}^2$ (одна физическая атмосфера) соответствует высоте водяного столба 10,34 м. Поэтому теоретически наибольшая возможная высота всасывания любого насоса составляет около 10 м. Однако практически из-за того, что в рабочей полости насоса нельзя создать полного вакуума, а при движении жидкости возникают сопротивления от трения жидкости о шероховатости стенки трубопровода высота всасывания всегда будет меньше 10 м; чаще всего она составляет не более 7 м.

Кроме того, высота всасывания зависит от температуры перекачиваемой жидкости и от ее способности к парообразованию. Например, горячую воду и

бензин перекачивать трудно в связи с тем, что при всасывании трубопровод и рабочая полость насоса заполняются парами, это резко снижает плотность жидкости, снижает производительность насоса, а иногда делает перекачку невозможной.

Высота нагнетания $h_н$, теоретически не ограничена и зависит от давления, создаваемого насосом. Чем больше давление нагнетания, тем на большую высоту может быть поднята жидкость.

Основные параметры насосов

Каждый судовой насос может быть охарактеризован следующими параметрами:

1. Подача (производительность) - Q - это количество жидкости, подаваемое в единицу времени при заданном напоре. Единицы измерения объемной подачи: $\text{м}^3/\text{час}$, $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{л}/\text{с}$; массовой подачи: $\text{т}/\text{ч}$, $\text{кг}/\text{ч}$, $\text{кг}/\text{с}$.

Объемный коэффициент или коэффициент подачи - это отношение действительной подачи к теоретической.

$$\eta_o = Q_g / Q_T = G_g / G_T$$

где, Q_g и G_g - объемная и весовая подача (действительная),

Q_T и G_T - теоретическая объемная и весовая подача.

2. Напор (давление) - это приращение энергии, сообщаемое жидкости при протекании ее через насос, т.е.

$$H_{\text{нас}} = E_n - E_b,$$

где, $H_{\text{нас}}$ -напор насоса,

E_n - энергия 1 кг жидкости при выходе из насоса, E_b - энергия 1кг жидкости при входе в насос. Согласно уравнению Бернулли можно записать:

$$E_n = C_n^2 / 2g + P_n / \rho \times 10^4 + Z_n ;$$

$$E_b = C_b^2 / 2g \pm P_b / \rho \times 10^4 + Z_b ,$$

где, C_n , p_n , Z_n - соответственно скорость потока, давления и геометрическая высота места замера давления на выходе из насоса,

C_b , $\pm p_b$, $\pm Z_b$ - то же у входа в насос (знак «минус» - при работе насоса с подпором, знак «плюс» при работе насоса с подсосом).

Теоретический напор H_T , развиваемый насосом, больше действительного (манометрического) H на величину потерь напора в самом насосе:

$$H_T = H + h_{\omega},$$

где, h_{ω} - напор, теряемый в самом насосе.

Развиваемый напор H - давление, которое должен создавать насос, чтобы транспортировать жидкость по трубопроводам от места приема к месту подачи при заданной производительности. Единицей измерения напора служит КИЛОНЬЮТОН на квадратный метр - кН/м², мегапаскаль - МПа или метр столба жидкости - м. ст. жидкости.

Гидравлический КПД - это отношение действительного напора к теоретическому:

$$\eta_{\Gamma} = H_{\Gamma} / H_T - (0,75 - 0,95)$$

3. Потребляемая мощность N_e или мощность, необходимая для работы насоса с расчетной производительностью при заданном напоре. С учетом КПД самого насоса эта мощность составляет:

$$N_e = Q * H / 102 \eta \text{ кВт}, \quad N_e = Q * H / 75 \text{ л. с.}$$

где, Q - подача, м³с;

H - напор общий, м. ст. жидкости;

η - общий КПД насоса, учитывающий все виды потерь внутри насоса (на преодоление гидравлических сопротивлений, механического трения, перетечки жидкости в зазорах и т.д.).

$$\eta = \eta_o + \eta_{\Gamma} + \eta_m = 0,65 - 0,95,$$

где, η_o - объемный КПД,

η_{Γ} - гидравлический КПД,

η_m - механический КПД - учитывающий потери в насосе, т.е. трение в подшипниках и сальника.

$\eta = Ni / Ne$; Ni - индикаторная мощность, Ne - эффективная мощность.

Требования Морского Регистра судоходства к судовым насосам

В соответствии с «Правилами классификации и постройки морских судов Регистра морского судоходства» к судовым насосам предъявляются следующие требования:

- судовые насосы и их приводы должны надежно работать в любых условиях эксплуатации судна - качке, вибрации, в том числе при длительном крене до 15° и максимальном дифференте свыше 5°;

- в качестве балластных насосов может использоваться любой насос общесудового назначения достаточной производительности: охлаждающий, пожарный или осушительный;

- каждое судно должно иметь не менее двух осушительных насосов. Они должны обеспечивать необходимую высоту всасывания, если применяются лопастные, то должны быть самовсасывающими;

- пожарные насосы должны иметь независимый привод и источники их питания (например, от АДГ) и должны располагаться в помещениях, чтобы быть готовыми к работе на случай пожара или затопления, где расположены основные насосы и всегда быть готовыми к немедленному пуску;

- насосы охлаждения ГД и АДГ должны иметь аварийные средства привода;

- масляные насосы ГД и ВД должны запускаться без предварительного их заливания;

- для каждого ВРШ должно быть не менее 2-х насосов, один из них резервный. Время включения в работу резервного не более чем через 10 сек после остановки основного. Кроме того, должен быть аварийный насос ВРШ;

- топливные насосы (топливоперекачивающие, топливоподкачивающие, тошшвоподающие) должны иметь дистанционные средства для их остановки.

Для предохранения насоса от повышения давления в нем выше расчетного должен быть установлен предохранительный клапан на насосе или нагнетательном трубопроводе до первого запорного клапана, на топливоперекачивающихся насосах эти сбрасывающие устройства должны соединяться с всасывающей полостью.

Правилами Регистра предусмотрена номенклатура запасных частей для насосов, которые необходимо иметь на судне.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что называется насосом?
2. Классификация судовых насосов по назначению.
3. Классификация судовых насосов по принципу действия.
4. В чём заключается принцип действия насоса?
5. Перечислите основные параметры насоса.

1.2 Поршневые насосы

Принцип действия поршневого насоса заключается в том, что поршень, совершая возвратно-поступательное движение и двигаясь в одном направлении, создает в цилиндре разрежение (всасывающий клапан открывается и в цилиндр поступает вода за счет разности давлений), двигаясь в противоположном направлении, поршень давит на жидкость, создавая давление, всасывающий клапан закрывается, нагнетательный клапан открывается и жидкость вытесняется в напорный трубопровод.

Классификация поршневых насосов.

1. По количеству подаваемой жидкости:
 - a) насосы малой подачи до 20 м³час;
 - b) насосы средней подачи 20 - 60 м³час;
 - c) насосы большой подачи свыше 60 м³/час.
2. По роду привода: ручные, с электроприводом, паровые, навешенные.
3. По характеру соединения с приводом двигателя:
 - a) приводные, т.е. имеющие привод от коленчатого или другого механизма с помощью мотылёвой шейки и эксцентриситета (навесные);
 - b) прямодействующие.
4. По частоте вращения приводного вала:
 - a) тихоходные (малооборотные) - до 80 об/мин;
 - b) нормальные - до 150 об/мин;
 - c) быстроходные - до 350 об/мин;
 - d) высокооборотные - до 750 об/мин.
5. По конструкции поршня:
 - a) дисковые;
 - b) плунжерные;
 - c) шаровые,
6. По расположению осей цилиндров:
 - a) горизонтальные;
 - b) вертикальные.
7. По роду перекачиваемой жидкости:
 - a) водяные;
 - b) масляные;
 - c) рассольные;
 - d) топливные,
8. По способу действия:
 - a) простого действия;
 - b) двойного действия.

Производительность поршневого насоса определяется следующей зависимостью:

$$Q_g = \eta_0 \times S \times n \times k \times 60 \times \pi D^2 / 4 - \text{м}^3 \text{час},$$

где, η_0 - объемный КПД,

Д - диаметр поршня,

S - ход поршня,

n - число оборотов в мин.,

k - коэффициент тактности.

Устройство судовых поршневых насосов

Устройство поршневого насоса показано на рисунке 1.3. Насос состоит из цилиндра 11, поршня 6 и клапанов всасывающего 1 и нагнетательного 3, размещенных в коробке 2. Поршень приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом. Кривошип 9, приводимый во вращение коленчатым валом двигателя или электродвигателем, действуя через шатун 10, ползун 8 и шток 7, заставляет поршень 6 совершать возвратно-поступательное движение в цилиндре.

Рассматриваемый насос является насосом простого действия. Такой насос подает жидкость периодически – только во время хода нагнетания, при другом же ходе происходит лишь всасывание жидкости. Это приводит к колебаниям давления воды в трубопроводе 5. Чтобы уменьшить колебания давления и сделать подачу воды более равномерной, на нагнетательном трубопроводе устанавливают колпак 4, заполняемый воздухом. Воздух в отличие от воды при изменении давления легко изменяет объем. При нагнетании вода частично входит в колпак, сжимая воздух. В период всасывания, по трубопроводу 12 воздух в колпаке, расширяясь, оказывает давление на воду и вытесняет ее в нагнетательный трубопровод. Таким образом обеспечивается частичное сглаживание колебаний давления нагнетаемой жидкости.

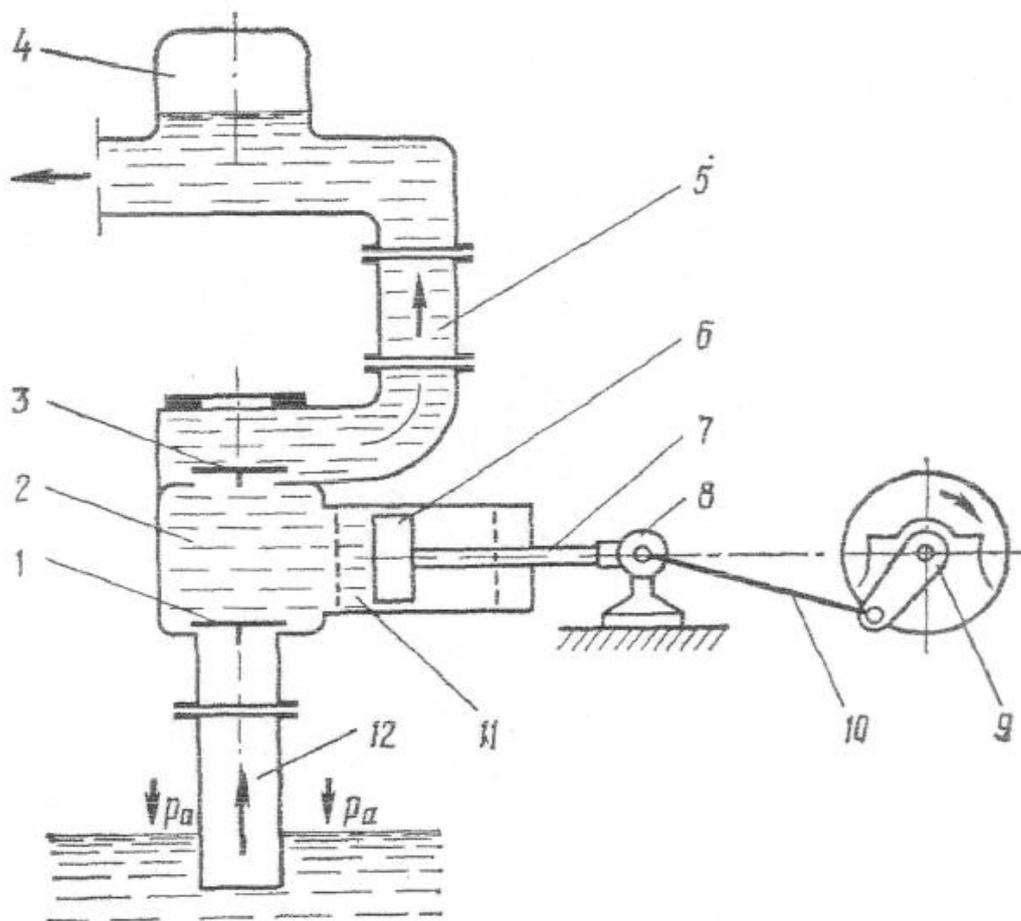


Рисунок 1.3 – Схема поршневого приводного насоса простого действия.

Большую равномерность подачи перекачиваемой жидкости обеспечивают поршневые насосы двойного действия. Схема одноцилиндрового насоса двойного действия приведена на рисунке 1.4. Обе полости цилиндра 4 насоса слева и справа от поршня 3 — рабочие. Каждая из этих полостей имеет свои всасывающие 1 и нагнетательные 2 клапаны. Два всасывающих клапана соединены с подводящим трубопроводом 6, а два нагнетательных клапана — с отливным трубопроводом 5. При движении поршня вправо в левой рабочей полости происходит всасывание, в правой - нагнетание; при движении поршня влево в правой полости происходит всасывание, а в левой нагнетание. Таким образом, насос совершает два рабочих действия за один ход поршня, в результате чего увеличивается его производительность и осуществляется более равномерная подача.

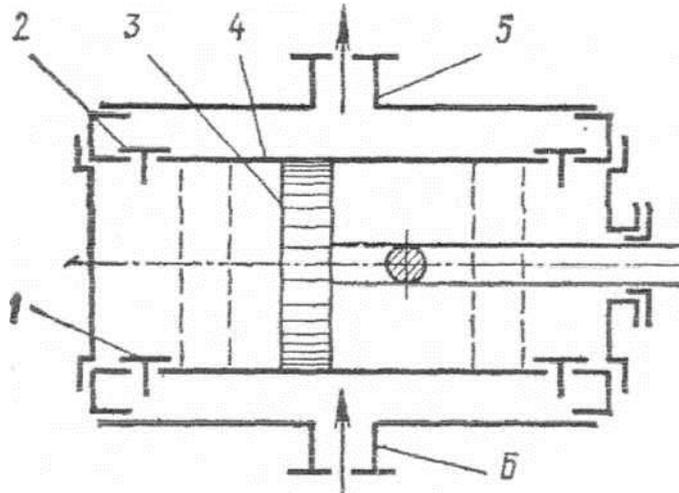


Рисунок 1.4 – Схема поршневого насоса двойного действия.

Степень неравномерности подачи поршневых насосов

Поршневые насосы подают жидкость неравномерно. При всасывании подача отсутствует, при нагнетании подача наибольшая. Для оценки равномерности подачи вводят понятие о степени неравномерности:

$$\Delta\delta = C_{\max} / C_{\text{ср}} = Q_{\max} / Q_{\text{ср}}$$

т.е. это отношение максимальной подачи - Q_{\max} и максимальной скорости C_{\max} к средним подачи $Q_{\text{ср}}$ и скорости $C_{\text{ср}}$, которую имел бы насос идеальной, равной производительности.

- для насосов однократного действия - $\delta = 3,14$;
- для насосов 2-х кратного действия - $\delta = 1,57$;
- для насосов 3-х кратного действия - $\delta = 1,046$;
- для насосов 4-х кратного действия - $\delta = 1,11$.

Следовательно, на практике для выравнивания подачи не всегда целесообразно увеличивать кратность. Более целесообразно устанавливать воздушные колпаки (см. поз. 4, рисунок 1.3), которые являются аккумуляторами энергии.

Из-за неравномерной скорости поршня давление в цилиндре насоса в период всасывания и в период нагнетания может колебаться в широких пределах. Большое влияние на амплитуду колебаний давления в цилиндре оказывают силы инерции жидкого столба во всасывающем и напорном трубопроводах. Чтобы уменьшить влияние этих сил и выровнять подачу, применяют воздушные колпаки, которые в зависимости от потребности устанавливают как на стороне всасывания, так и на стороне нагнетания. На рисунке 1.5 показана схема установки всасывающего 4 и напорного 2 воздушных колпаков у одноцилиндрового насоса одностороннего действия.

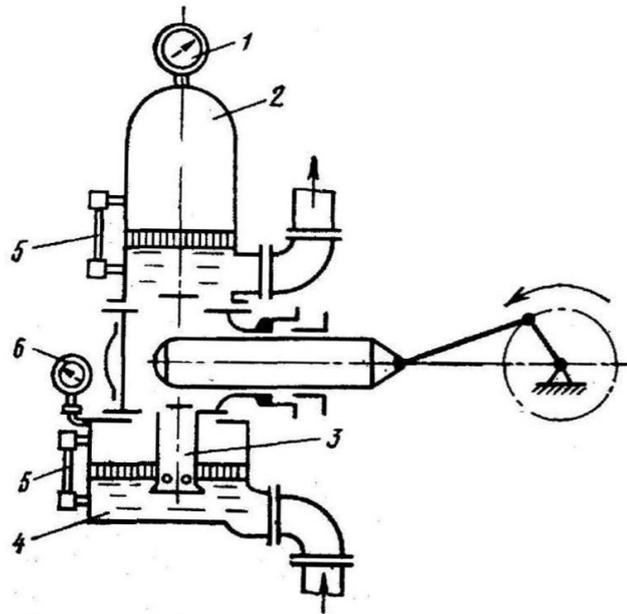


Рисунок 1.5 – Установка воздушных колпаков

Верхняя часть колпаков занята воздухом, а нижняя – перекачиваемой жидкостью, причем давление, под которым находится воздух, равно давлению на поверхности уровня жидкости. Сущность действия напорного колпака заключается в том, что в то время, когда мгновенные подачи жидкости превышают среднюю подачу, избыток жидкости задерживается в колпаке. Этот избыточный объем изображен на рис.1.6 вертикально заштрихованным прямоугольником внутри напорного колпака.

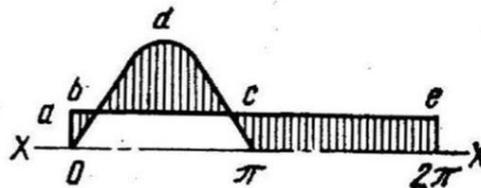


Рисунок 1.6 – Сущность действия напорного колпака

Когда подача жидкости плунжером становится меньше средней или прекращается совсем (при всасывающем ходе), воздух в колпаке расширяется и вытесняет задержавшийся в нем избыток жидкости в напорный трубопровод. На графике подачи заштрихованная часть площадки синусоиды bdc соответствует этому избытку, который возникает при повороте кривошипа на угол, измеряемый отрезком be . При прохождении кривошипом углов, соответствующих отрезкам ab и ce , этот избыток жидкости поступает в трубопровод и поддерживает в нем движение жидкости со скоростью, близкой к постоянной.

Аналогично описанному действует и колпак на всасывающей трубе, жидкость из которого неравномерно забирается насосом по патрубку 3.

До колпака 4 жидкость движется во всасывающей трубе почти равномерно. Для того чтобы воздушные колпаки наиболее полно выполняли свои функции, их устанавливают возможно ближе к насосу либо на самом насосе.

Во время работы насоса уровень жидкости во всасывающем колпаке постепенно понижается. Происходит это потому, что давление в этом колпаке ниже, чем в приемном

резервуаре, и в нем скапливается воздух, выделяющийся из жидкости. Чтобы скопившийся воздух не мог сразу в большом количестве попасть в рабочую полость (камеру) насоса, что нарушило бы нормальную работу, в нижней части всасывающего патрубка делается ряд небольших отверстий (см. рисунок 1.5). Достигнув при понижении уровня этих отверстий, воздух небольшими порциями отсасывается через них в рабочую камеру.

Наоборот, в напорном колпаке уровень жидкости постепенно повышается, так как воздух, который находится в нем под повышенным давлением, растворяется в перекачиваемой жидкости и уносится ею. В связи с этим возникает необходимость периодически восполнять убыль воздуха в колпаке. Для этой цели под всасывающим клапаном или на цилиндре насоса устанавливается воздушный кран, который снабжен обратным клапаном (сапуном). При открытии крана воздух засасывается в цилиндр насоса и затем вытесняется в напорный колпак. Нормально воздух должен занимать приблизительно $2/3$ объема колпака.

Для контроля за давлением на напорном колпаке устанавливается манометр *1*, а на всасывающем – вакуумметр *б*. Для наблюдения за уровнем жидкости и, следовательно, за количеством воздуха в колпаках на них устанавливаются мерные стекла *5*.

Радиально-поршневой насос

Радиально- поршневой насос (см. рисунок 1.7) – это объемный насос, в конструкции которого, ось ведущего вала перпендикулярна осям движения рабочих поршней или угол между ними составляет величину не меньше 45° . Механизмы, угол которых меньше 45° относят к аксиальному типу.



Рисунок 1.7 – Радиально- поршневой насос

Такие насосы применяют в гидравлических системах с большим давлением. Наиболее часто они применяются в установках с давлением до 32 МПа, бывают и агрегаты работающие на большем давлении и достигают значений в 100 МПа. Агрегаты радиально поршневого типа ограничены в частоте вращения вала до 1500 об/мин. Это обусловлено большой инерционностью вращающихся частей.

Устройство радиально- поршневого насоса

Можно выделить два вида конструкции, таких гидравлических систем: устройство с эксцентричным ротором (см. рисунок 1.8-а) и устройство с эксцентричным валом (см. рисунок 1.8-б).

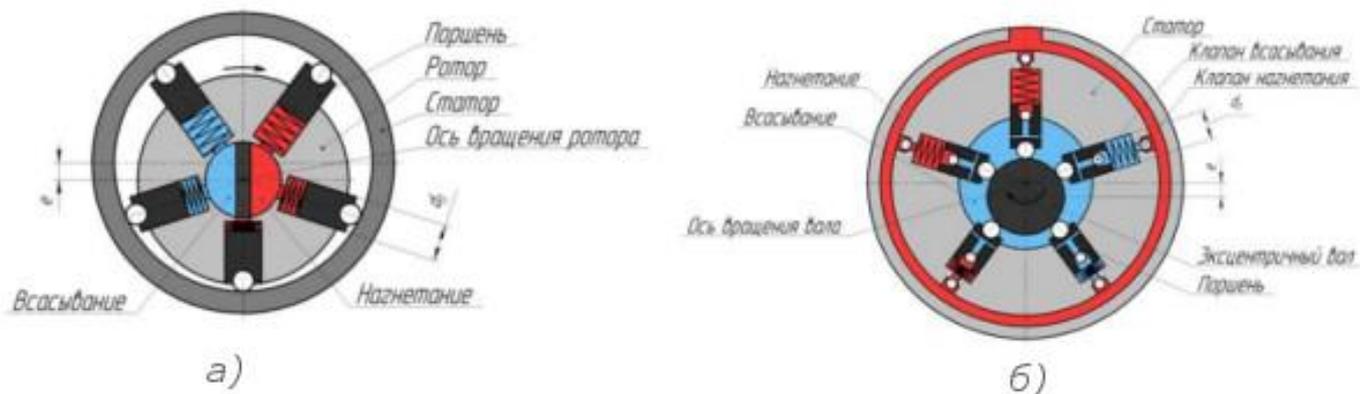


Рисунок 1.8 – Радиально- поршневой насос

а) Гидронасос с эксцентричным ротором.

б) Гидронасос с эксцентричным валом.

Устройство с эксцентричным ротором

Главной частью является ротор со встроенными в него поршнями. Поршней может быть много и располагаться они могут в несколько рядов. Ротор вращается в корпусе (Статоре). Ось ротора установлена со смещением центра относительно оси статора на величину «е» как показано на рисунке 1.8-а. Системы забора и нагнетания расположены в центре и отделяются друг от друга специальной перемычкой.

Устройство с эксцентричным валом

В данном устройстве гидравлической системы, поршни располагаются в статоре насоса. Ось статора и вала совпадают, но на вале есть специального рода кулачек, смещенный по отношению к статору на расстояние «е». Такие гидравлические установки имеют клапанное распределение. При сжатии рабочей камеры клапан всасывания закрывается и открывается клапан нагнетания. При расширении рабочей камеры происходит обратная ситуация. Ротор вращается в статоре (корпусе) вместе с поршнями, поршни скользят по корпусу, плотно прижимаясь к нему за счет пружин. В результате вращения ротора, поршни совершают возвратно-поступательные движения. Поршни двигаясь по кругу переключаются между двумя фазами:

- Фаза всасывания. Поршень совершает выдвижение, рабочая камера увеличивается, клапан нагнетания закрывается и открывается клапан всасывания, он соединён с отверстием забора жидкости. Поршень движется по кругу до максимальной точки его выдвижения.

- Фаза нагнетания. Поршень переключается на отверстие нагнетания, и начинает вдвигаться, клапан всасывания закрывается и открывается клапан нагнетания, рабочая камера уменьшается в результате чего создается давление и жидкость вытесняется из насоса. Поршень находится в данной фазе до максимальной точки сжатия рабочей камеры, а затем переключается на фазу всасывания.

Радиально поршневой насос может быть двух и более кратного действия. Это означает что один плунжер совершает несколько рабочих ходов за одно вращение ротора. Такой эффект достигается за счет специального изменения поверхности статора.

Достоинства и недостатки радиально поршневых насосов

Положительные стороны:

1. Производят высокое давление в гидравлической системе;
2. Есть модели с опцией регулирования рабочего объема подачи;

3. КПД находится на достаточно высоком уровне при большом давлении;
4. Высокая энергоемкость на единицу массы;

Отрицательные стороны:

1. Сложное устройство, небольшая надежность;
2. Необходимость специфичной обработки деталей, а также сложное строение самого насоса приводит к высокой цене на данные агрегаты;
3. Нужна тонкая фильтрация рабочей жидкости;
4. Высокая пульсация подачи и расхода;
5. Занимают много места;
6. Низкий вращающий момент основного вала;

Устройство гидронасоса аксиально-поршневого типа

Насос гидравлический аксиально-поршневой (см. рисунке 1.9), как и радиально-поршневой, является устройством объемного типа, которое функционирует за счет изменения объема рабочих камер. В гидравлических насосах аксиально-поршневой группы такие рабочие камеры сформированы расточками, которые выполнены в цилиндрическом блоке. В отличие от радиально-поршневых насосов, у аксиально-поршневых машин внутренние рабочие камеры располагаются параллельно по отношению к поршням и оси самого устройства. В ходе перемещения поршней такого насоса при вращении цилиндрического блока происходит увеличение или уменьшение объема рабочих камер, что и позволяет устройству всасывать и отдавать перекачиваемую им жидкость.



Рисунок 1.9 – Аксиально-поршневой насос в разрезе

Как и у радиально-поршневых насосов, рабочие камеры аксиально-поршневых устройств соединены с всасывающим и нагнетательным патрубками, через которые и осуществляются забор и отдача перекачиваемой воды. Процесс соединения рабочих камер с всасывающим и нагнетательным патрубками насосов, относящихся к аксиально-поршневой группе, происходит поэтапно. По тому, как работает гидравлический насос, относящийся к аксиально-поршневому типу, он схож с паровыми и радиально-поршневыми насосами.

Конструктивные особенности и принцип действия

Гидронасос аксиально-поршневого типа состоит из следующих элементов:

- поршней, также называемых плунжерами, которые входят в состав блока цилиндров;
- элементов шатунного типа;

- ведущего вала, который также называется основным;
- механизма, который выполняет распределительные функции.

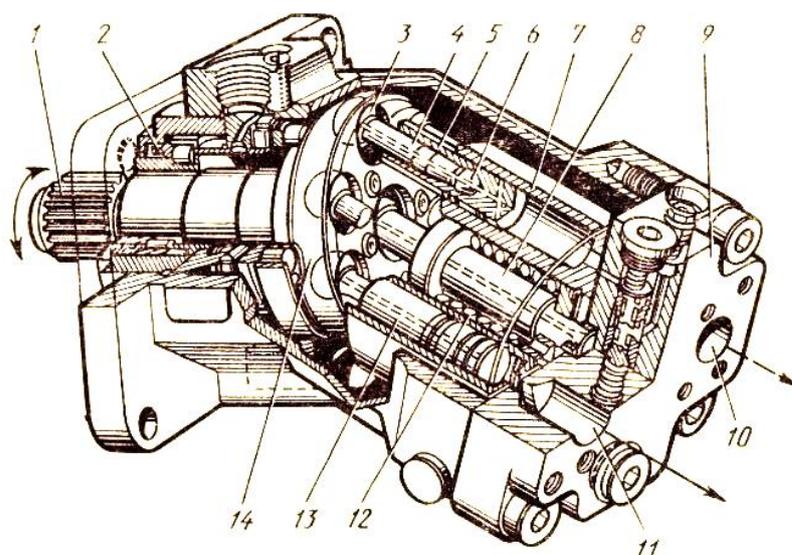


Рисунок 1.10 – Аксиально-поршневой насос с наклонным блоком в разрезе

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1-вал, | 7-блок цилиндров, |
| 2-уплотнение, | 8-шип, |
| 3-сферическая головка, | 9-крышка, |
| 4-шатун, | 10-окно, |
| 5-юбка поршня, | 11-пружина, |
| 6-шарнир, | 12-поршень, |
| | 13-диск |

Принцип, по которому работает поршневой гидронасос аксиального типа, основывается на том, что его основной вал, вращаясь, сообщает движение элементам блока цилиндров. Вращение основного вала насосов аксиально-поршневого типа преобразуется в возвратно-поступательное перемещение поршней, совершаемое параллельно оси блока цилиндров. Именно благодаря характеру таких движений поршня, которые являются аксиальными, насос и получил свое название.

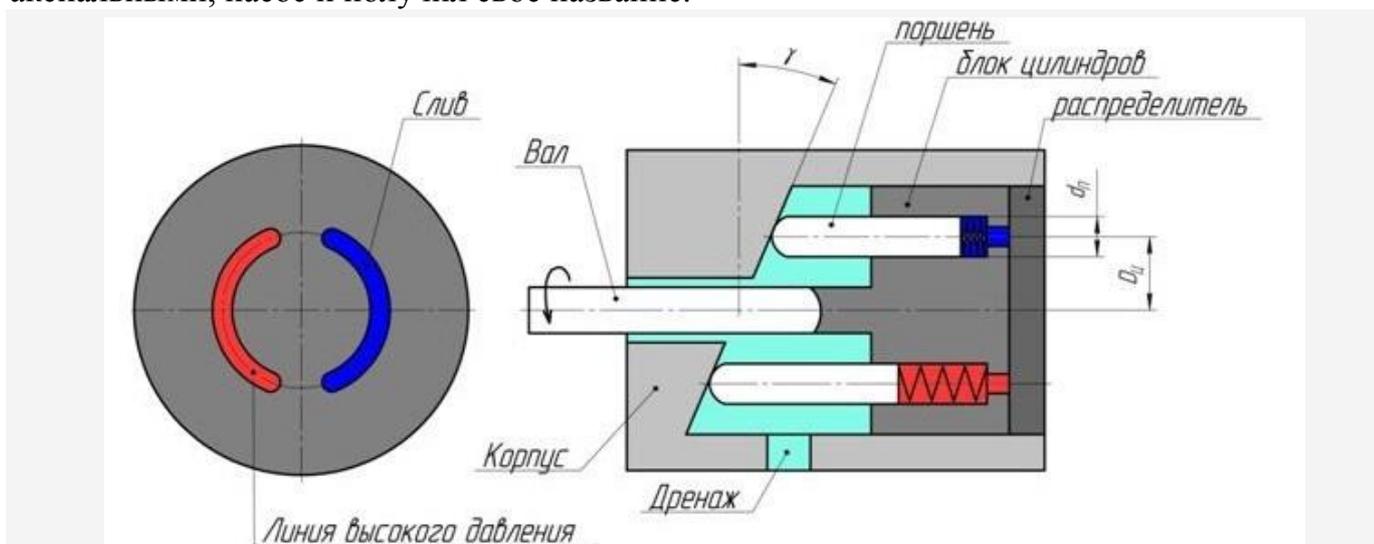


Рисунок 1.11 – Принцип работы аксиально-поршневого гидронасоса

В результате движения, совершаемого поршнями в цилиндрах аксиально-плунжерного насоса, происходит попеременное всасывание и последующее нагнетание

жидкости через соответствующие патрубки. Соединение рабочей камеры насоса с его всасывающими и нагнетающими линиями происходит последовательно, при помощи специальных окон, выполненных в распределительном механизме. Чтобы минимизировать риск возникновения неисправностей при работе блока цилиндров гидронасосов аксиально-поршневого типа, а также обеспечить надежную эксплуатацию такого устройства, его распределительный механизм максимально плотно прижимается к блоку цилиндров, а окна такого блока разделяются между собой специальными уплотнительными прокладками. На внутренней поверхности окон распределительного механизма выполнены дроссельные канавки, наличие которых позволяет уменьшить величину гидравлических ударов, возникающих в трубопроводной системе при работе насоса. Наличие таких канавок на внутренней поверхности окон распределительного механизма помогает максимально плавно повышать давление рабочей жидкости, создаваемое в цилиндрах.

Как становится понятно из вышеописанной конструкции аксиально-поршневого гидравлического насоса, его рабочими камерами являются цилиндры, расположенные параллельно (аксиально) оси его ротора, а вытеснение жидкости из таких цилиндров осуществляется за счет возвратно-поступательных движений поршня.

По своему конструктивному исполнению поршневой гидронасос, как и гидромотор аксиально-поршневого типа, может относиться к одной из следующих категорий:

- устройства с шайбой, устанавливаемой под определенным углом (см. рисунок 1.12-а);
- аксиально-поршневые насосы или гидромоторы, оснащенные блоком цилиндров наклонного типа (см. рисунок 1.12-б).

Блок цилиндров гидромоторов и гидравлических насосов аксиально-поршневого типа, оснащенных наклонной шайбой, установлен соосно по отношению к приводному валу и при этом жестко связан с ним. Поршни, перемещающиеся в проточках рабочей камеры, опираются своей торцевой поверхностью на шайбу, которая устанавливается под углом к оси приводного вала. Принцип работы такого аксиально-поршневого насоса заключается в том, что при совместном вращении соединенных между собой приводного вала и наклонной шайбы поршни устройства начинают двигаться возвратно-поступательно, уменьшая или увеличивая таким образом объем рабочих камер.

Когда же объем рабочих камер начинает изменяться, осуществляется всасывание и выталкивание перекачиваемой через насос жидкости. Устройства с наклонной шайбой относятся к регулируемым гидронасосам, так как, изменяя угол, под которым расположена рабочая поверхность наклонной шайбы, можно менять и параметры потока перекачиваемой жидкости. Более того, при помощи такого насосного устройства можно осуществлять реверсирование подачи воды, изменяя направление угла наклона шайбы к оси приводного вала на противоположное. Насосы аксиально-поршневого вида, оснащенные наклонной шайбой, устанавливаются в гидравлических системах, работающих под средними и высокими нагрузками.

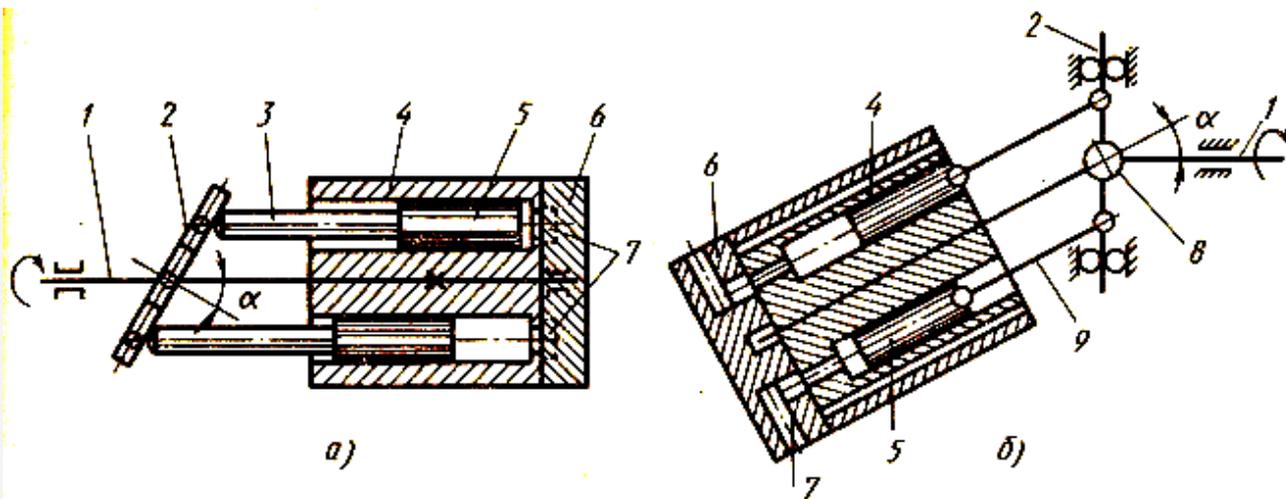


Рисунок 1.12 – Принципиальные схемы аксиально-поршневых гидромашин

а – с наклонным диском,

б – с наклонным блоком цилиндров:

1-ведущий вал,

6- гидрораспределитель,

2- диск,

7- пазы,

3- шток,

8- шарнир,

4- блок цилиндров,

9- шатун

5- поршень,

Корпус аксиально-поршневых гидравлических насосов, оснащенных блоком цилиндров наклонного типа (см. рисунок 1.13), имеет V-образную конфигурацию, а их приводной вал выполнен в виде буквы Т. Угол, под которым блок цилиндров рассматриваемого аксиального насоса расположен к оси приводного вала, может составлять от 26 до 40°, а количество поршней доходит до 7 штук. Принцип работы такого аксиально-поршневого насоса состоит в следующем: когда начинает вращаться приводной вал, соединенный с поршнями посредством шатунных механизмов, приводится во вращение и наклонный блок цилиндров, а поршни, расположенные в аксиальных проточках, начинают совершать движения возвратно-поступательного типа, тем самым уменьшая или увеличивая объем рабочих камер.

Процесс всасывания и нагнетания перекачиваемой рабочей среды в аксиально-поршневых насосах такого вида осуществляется через специальные отверстия-окна, выполненные в распределительном устройстве, которое располагается неподвижно относительно вращающегося наклонного блока цилиндров. В отличие от паровых и радиально-поршневых насосов, в устройствах данного типа можно регулировать объем рабочей камеры. Решается такая задача регулировкой угла наклона блока цилиндров по отношению к оси приводного вала при помощи специальных механизмов.

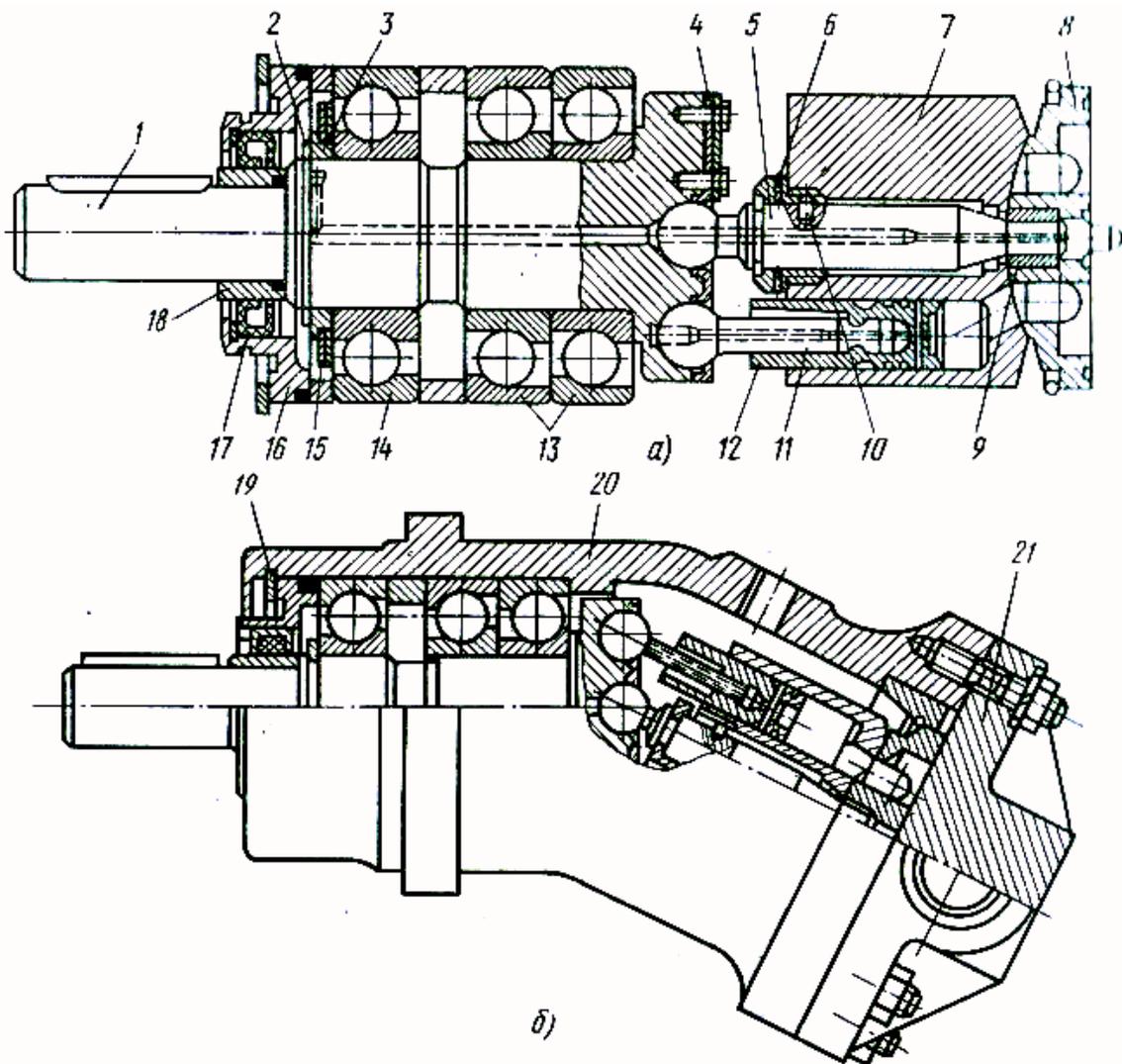


Рисунок 1.13 – Унифицированный качающий узел (а) и нерегулируемый аксиально-поршневой насос-гидромотор типа 210 (б):

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| 1-вал, | 2,15,19- кольца, |
| 3,9,18- втулки, | 4- пластина, |
| 5- шип | 6- пружина, |
| 7- блок цилиндров, | 8- гидрораспределитель, |
| 10- штифт, | 11- шатун, |
| 12- поршень, | 13,14- шарикоподшипники, |
| 16,21- крышки, | 17- манжетное уплотнение, |
| 20- корпус | |

В устройствах, оснащенных двойным несилевым карданом, достигается полное соответствие углов, измеряемых между промежуточным, ведущим и ведомым валами. При работе гидравлических насосов данной категории их валы (ведущий и ведомый) двигаются синхронно, что позволяет снизить нагрузку на карданный вал, который, взаимодействуя с диском, передает крутящий момент.

Насосы аксиально-поршневого типа имеют конструкцию, в которой реализована схема точечного касания поршней с поверхностью наклонного диска. В таком устройстве отсутствуют карданные и шатунные механизмы, что упрощает его конструкцию. Наиболее значимым недостатком аксиально-поршневых насосов данной категории является то, что для их запуска необходимо принудительно выдвинуть поршневые элементы из рабочих камер и затем прижать их торцевую часть к поверхности наклонного диска. Между тем за

счет простоты конструкции регулярное техническое обслуживание и ремонт гидронасосов данного типа не представляет больших сложностей.

Аксиально-поршневой гидромотор и гидравлический насос данного типа при сравнении с радиальными и паровыми устройствами отличаются следующими достоинствами:

- При достаточно компактных размерах и небольшом весе такие устройства обладают внушительной мощностью и достойной производительностью.
- За счет компактных размеров и небольшого веса насосы, относящиеся к аксиально-поршневому типу, при работе создают небольшой момент инерции.
- Частоту вращения выходного вала аксиально-поршневого гидромотора регулировать очень легко.
- Данные устройства эффективно функционируют даже при достаточно высоком давлении рабочей среды и при этом создают соответствующий крутящий момент выходного вала.
- В таких установках можно изменять объем рабочей камеры, чего не удастся достичь при использовании гидронасосов и гидромоторов радиально-поршневых.
- Частота, с которой вращается выходной вал гидромоторов данного типа, в зависимости от модели может находиться в диапазоне 500–4000 об/мин.
- В отличие от насосов радиально-поршневых, которые могут работать при давлении рабочей жидкости, не превышающем значение 30 мПа, аксиальные установки способны функционировать при давлении, достигающем до 35–40 мПа. При этом потери величины такого давления будут составлять всего 3–5%.
- Поскольку поршни аксиальных насосов устанавливаются в рабочих камерах с минимальными зазорами, достигается высокая герметичность таких установок.
- При использовании насосов данного типа можно регулировать как направление подачи, так и давление рабочей жидкости.

Как и у любых других технических устройств, у аксиально-поршневых насосов есть недостатки:

- Такие насосы стоят достаточно дорого.
- Сложность конструктивной схемы значительно затрудняет ремонт аксиально-поршневых гидронасосов.
- Из-за не слишком высокой надежности эксплуатировать гидравлические механизмы данного типа следует только согласно инструкции, иначе можно столкнуться не только с невысокой эффективностью работы такого устройства, но и с его частыми поломками.
- При использовании насосного оборудования данного типа жидкость в гидравлическую систему подается с большой пульсацией и, соответственно, расходуется неравномерно.
- Из-за высокой пульсации, характерной для функционирования таких насосов, гидравлика, которой оснащена трубопроводная система, может работать некорректно.
- Гидравлические механизмы аксиально-поршневого типа очень критично реагируют на загрязненную рабочую среду, поэтому использовать их можно только с фильтрами, размер ячеек которых не превышает 10 мкм.

- Аксиально-поршневые гидравлические устройства из-за особенностей своей конструкции издадут при работе значительно больше шума, чем модели насосов и гидравлических моторов пластинчатого и шестеренного типа.

К аксиально-поршневому типу, как упомянуто выше, могут относиться не только гидравлические насосы, но и гидромоторы. Принцип работы гидро-мотора практически идентичен принципу действия аксиально-поршневого насоса. Основная разница состоит в том, что совершается такая работа в обратной последовательности: в устройство под определенным давлением подается жидкость, которая и заставляет двигаться поршни гидромотора, приводящие во вращение его выходной вал.

Правила технической эксплуатации поршневых насосов

При обслуживании поршневых насосов необходимо руководствоваться «Правилами обслуживания СВМ и ухода за ними», а также инструкцией завода-изготовителя.

Перед пуском насоса в ход необходимо:

1. Произвести тщательный наружный осмотр, проверить наличие масел в местах смазки;
2. Убедиться в том, что емкости готовы к перекачке жидкости, открыть клапаны на всасывание и нагнетание;
3. Проверить плотность набивки сальников;
4. Перед пуском насоса необходимо провернуть его на один оборот. Контроль за работой насоса ведут по приборам, в случае появления внеэксплуатационных шумов и стуков, повышенной вибрации насос необходимо остановить и устранить неисправность.

Преимущества и недостатки поршневых насосов:

Преимущества:

1. Способность создавать высокое давление - 2-4 МПа;
2. Способность обеспечивать сухое всасывание;
3. Высокий объемный КПД - до 0,99;
4. Постоянство напора при регулировании подачи путем изменения частоты вращения.

Недостатки:

1. Неравномерность подачи;
2. Большая масса и габариты.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие виды потерь в насосах учитываются с помощью КПД?
2. Какие типы насосов по принципу их действия вы знаете?
3. Какие основные технические параметры характеризуют работу любого насоса?
4. В чем заключается принцип работы поршневого насоса?
5. В чём заключается принцип работы насоса двойного действия?
6. Устройство и принцип действия радиальнопоршневого насоса?
7. Устройство и принцип действия аксиальнопоршневого насоса?

1.3 Роторные насосы

Принцип работы роторного насоса состоит в транспортировке жидкости с помощью ее размещения в камере, из которой она выталкивается с помощью вращательных и поступательных манипуляций. Главным рабочим механизмом данных насосов является ротор.

В соотношении с их конструкцией, роторные насосы подразделяются на:

1. Роторно-зубчатые, называемые шестеренными, у которых изменение объема осуществляется зубьями зубчатых колес — шестерен;
2. Роторно-винтовые, обеспечивающие изменение объема посредством винтовой резьбы (нарезки);
3. Роторно-пластинчатые с изменением объема между пластинами- лопатками (шиберами).

Шестерённые насосы

Шестеренчатые насосы были запатентованы в СССР в конце сентября 1977-го года четырьмя инженерами мелитопольского института механизации сельского хозяйства Анатолием Кастеляни, Иваном Федоренко, Владимиром Черкуном и Михаилом Довгалем. Номер первого в СССР патента на усовершенствованный насос шестеренчатый – 646090. При этом, аппарат НШ, в том виде, в котором мы его знаем, был изобретен Олегом Барановым в 1968 году.

Шестеренные насосы делятся на технику для:

- низких уровней давления (НД);
- средних уровней давления (СД);
- высоких уровней давления (ВД).

Шестеренные насосы (НД) рассчитаны на уровень давления до 5-ти атмосфер, (СД) рассчитаны для уровня давления до 30-ти атмосфер и высокого (ВД) – на уровень давления до 70-ти атмосфер.

Шестеренные насосы различаются по следующему ряду признаков:

- по числу шестерен — роторов: двухшестеренные, трехшестеренные, многшестеренные;
- по характеру зацепления: внешнего зацепления, внутреннего зацепления;
- по форме зубьев: прямозубые, косозубые, шевронные, спиральные;
- по характеру зацепления: эвольвентные, циклоидальные, трапецеидальные;
- по направлению вращения: нереверсивные — с постоянным
- направлением вращения, реверсивные — с двусторонним вращением при постоянном направлении подачи жидкости;
- по поточности: однопоточные, двухпоточные, многопоточные.

Аппараты с внешним зацеплением (см. рисунок 1.14) – это техника, рассчитанная для работы с вязкими жидкостями, которые используют для смазки. Эти аппараты достаточно просты в изготовлении, но не такие компактные, как аппараты с зацеплением внутреннего типа.



Рисунок 1.14 – Устройство шестеренного насоса с внешним зацеплением

Ведомая шестеренка аппарата с наружным способом зацепления вращается при постоянном контакте с ведущей шестеренкой (см. рисунок 1.15). При этом шестеренки вращаются в противоположные стороны, и в полости всасывания, в момент выхода зубьев из зацепления образуется вакуум. Ведомая шестеренка аппарата с наружным способом зацепления вращается при постоянном контакте с ведущей шестеренкой. При этом шестеренки вращаются в противоположные стороны, и в полости всасывания, в момент выхода зубьев из зацепления образуется вакуум.

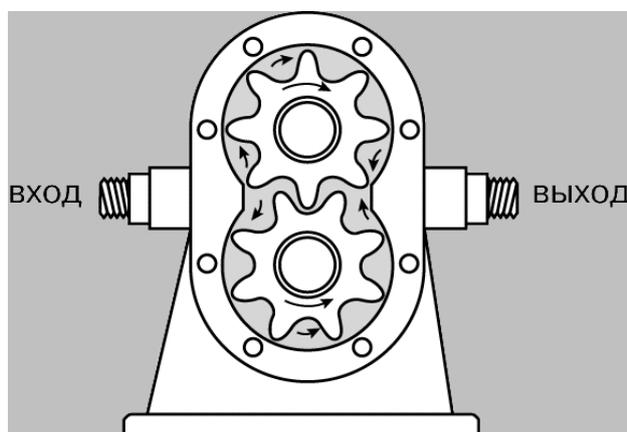


Рисунок 1.15 – Схема работы шестеренного насоса с внешним зацеплением

За счет образования вакуума жидкость попадает в полость всасывания, где постепенно перемещается в полость нагнетания, откуда выталкивается зубьями в нагнетательный трубопровод. При этом, контакт между зубьями шестеренок такой плотный, что делает обратный ток жидкости из камеры нагнетания в камеру всасывания невозможным.

Например, производитель насосов шестеренных Bosch, создал целую линейку аппаратов AZP с внешним принципом зацепления, которая состоит из моделей нерегулируемых аппаратов с номинальным давлением от 250 до 280 бар. В остальном отличаются типовым рядом (последней буквой в маркировке модели от В до J). При этом, первые две буквы – AZ – это обозначение самого изделия, а P – функция. Различия в типоразмерности внутри модельного ряда идут по постоянному и кратковременному рабочему давлению, а также минимальной и максимальной скорости вращения.

Серия шестеренных насосов Г11 и Г11-11А (см. рисунок 1.16) используется в

дозировочных устройствах и в аппаратах, где применяют технические масла и смазки, в которых повышенный уровень кинематической вязкости (до 400 мм²/с). При этом вязкость насосов может ограничиваться лишь смазывающей способностью жидкости и мощностью двигателя самого насосного аппарата.

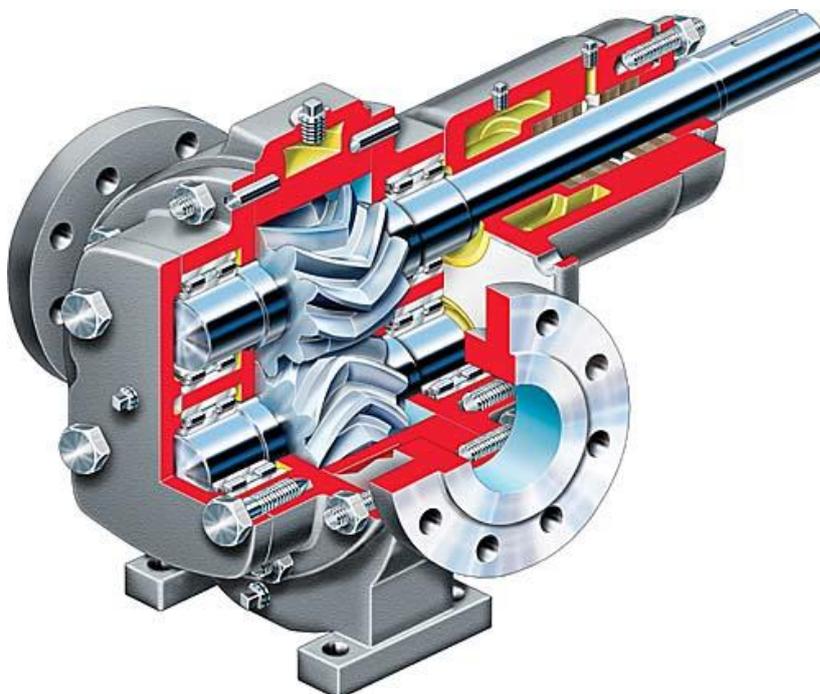


Рисунок 1.16 – Срез шестерённого насоса

Износостойкий корпус из чугуна и крышка из алюминиевого сплава, шестеренки из хромистой стали и манжетный тип уплотнения вала обеспечивают бесперебойную и надежную работу техники даже в условиях нагревания смазочных материалов до 60°C.

В стандартной модели насосов Г11-11А используют вал с правосторонним вращением. Но, по желанию заказчика модель можно модифицировать под левостороннее вращение или вообще, заменить прямое движение жидкостей на реверсивное. Обо всех изменениях будут сообщать дополнительные буквы в маркировке (Л или Р).

Но, если техника моделей Г11 и Г11-А использовалась для перекачки материалов, которые не вызывали коррозию и не представляют опасность при эксплуатации, то продукция компании VIP Technology рассчитана на абразивные, агрессивные и горючие материалы. Такие, например, как лак или краски, нефтепродукты или битум, нефтяного или дизельного топлива.

Такую насосную технику изготавливают из углеродистой стали и чугуна, а все уплотнения в конструкции представляют из себя соединение, в составе которого двойной графит и керамика. Иногда прокладки для вала и ведущего колеса могут выполняться из бронзы.

Предотвращение обратного движения жидкости из нагнетательной полости во всасывающую обеспечивается малыми зазорами между зубьями и внутренней поверхностью корпуса и крышек (-0,02–0,06 мм).

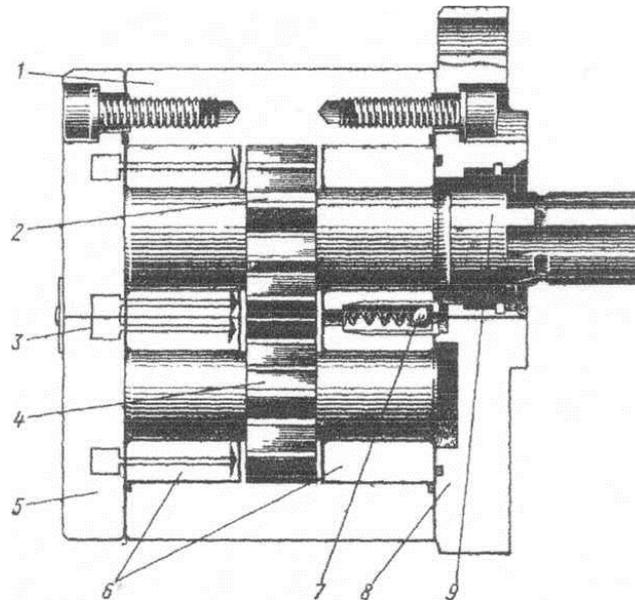


Рисунок 1.17 – Шестеренный насос высокого давления типа НД-160 с автоматической компенсацией торцевого зазора.

В современных шестеренных насосах, работающих при давлениях нагнетания свыше 100 кгс/см^2 , особое значение имеют торцевые уплотнения.

На рисунке 1.17 изображен шестеренный насос типа НД-160 с аксиальной автоматической компенсацией торцевых зазоров, изготавливаемый в ГДР. Он рассчитан на постоянное рабочее давление 160 кгс/см^2 , которое может достигать $200\text{--}250 \text{ кгс/см}^2$.

Насос работает следующим образом.

Насос состоит из корпуса 1 и крышек 5 и 8, изготовленных из высококачественного сплава легких металлов. В корпусе расположены четыре аксиально подвижных втулки 6, которые образуют подшипники скольжения для пары шестерен 2 и 4, изготовленных из высококачественных сталей. Во время работы насоса торцевые стороны втулок 6 нагружаются рабочим давлением, в результате чего скользящие плоскости втулок прижимаются к торцевым сторонам шестерен (показано стрелками 3).

Привод насоса осуществляется через ведущий вал 9 со шлицами. Сливной невозвратный клапан 7 способствует накоплению масла в подшипниках, что обеспечивает необходимую вязкость масла при пуске в условиях пониженной температуры окружающей среды.

Насосы типа НД-160 изготавливаются как однопоточными, так и с двумя и тремя одинаковыми и различными подачами в диапазоне частоты вращения $800\text{--}2500 \text{ об/мин}$ и производительности $4\text{--}100 \text{ л/мин}$ на масле.

Шестеренные насосы, осуществляющие подачу смазочного масла в систему циркуляционной смазки реверсивных двигателей внутреннего сгорания и навешенные на двигатель, должны быть реверсивными, т. е. обеспечивать подачу масла к двигателю независимо от направления вращения его коленчатого вала. Реверсивный двухроторный шестеренный насос изображен на рис. 1.18. Особенностью его устройства является наличие четырех откидных невозвратных самодействующих клапанов, из которых клапаны 2 и 10 – всасывающие, а 3 и 9 – нагнетательные.

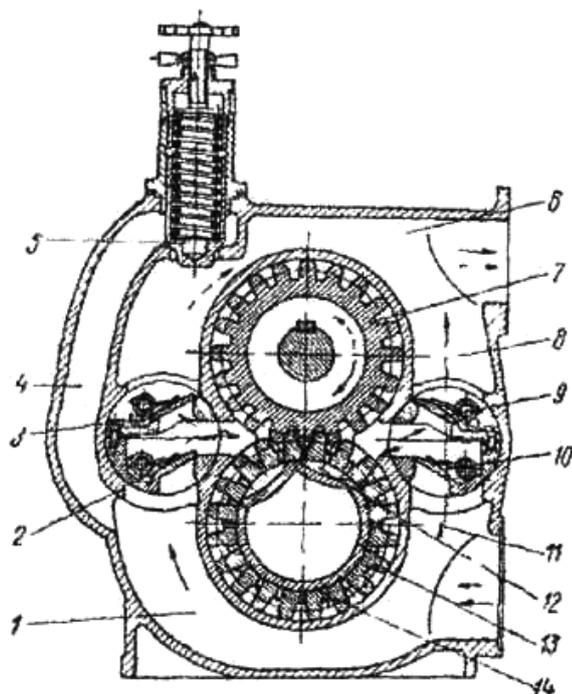


Рисунок 1.18 – Реверсивный шестеренный насос

Рассмотрим действие насоса при различных направлениях вращения роторов. В случае вращения ротора 7 по часовой стрелке ведомая шестерня 13 вращается против часовой стрелки, и зубья выходят из зацепления слева. Клапан 2 откроется, и жидкость из канала 1 поступит к роторам насоса. Нагнетание осуществляется справа через клапан 9 и канал 8 в нагнетательный патрубок. Если ведущий ротор вращается против часовой стрелки, разрежение создается справа, и жидкость всасывается из канала 11 через приемный клапан 10, а нагнетается слева через отливной клапан 3 снова в канал 6 и тот же нагнетательный патрубок. При увеличении противодействия масло перепускается из нагнетательной полости через предохранительно-перепускной клапан 5 и кольцевой канал 4 обратно во всасывающую полость.

Впадины ведомой шестерни имеют радиальные отверстия 14 для разгрузки осей шестерен от давления масла при запираии жидкости во впадинах. Запиранию жидкости способствует плотная беззазорная пригонка зубьев при коэффициенте зацепления, большем единицы.

Аппараты с внутренним зацеплением менее распространены, ввиду больших запросов к точности при создании агрегата, но в отличии от внешнего сцепления эти агрегаты более компактны. Две шестеренки закреплены одна в другой, ведущей является внутренняя шестерня с наружными зубцами. Внешняя (охватывающая) шестерня располагается в цилиндрической расточке корпуса и имеет внутренние зубья. Чаще всего в конструкции присутствует серповидный элемент, который разделяет области подачи и нагнетания.



Рисунок 1.19 – Разрез шестеренного насоса с внутренним зацеплением

Шестеренные насосы с внутренним зацеплением (см. рисунок 1.19 – 1.20) являются объемными гидромашинами, ведь перекачивание жидкости в них осуществляется за счет изменения рабочих камер, образованных шестернями с внутренним зацеплением.

Зубчатое зацепление является эвольвентным. Благодаря его большой длине линии зацепления снижаются пульсации, что обуславливает достаточно низкий уровень шума при работе насоса.

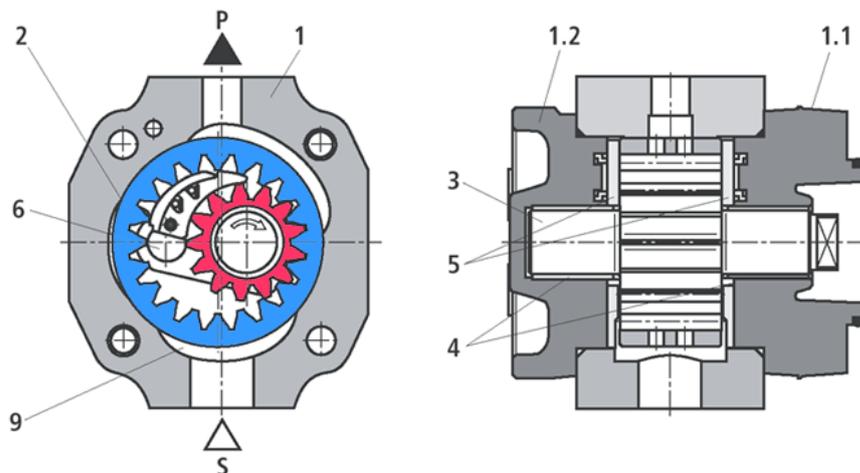


Рисунок 1.20 – Конструкция насоса с внутренним зацеплением

- | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|
| <i>1 - корпус,</i> | <i>1.1 - крышка подшипника,</i> | <i>1.2 - крышка,</i> |
| <i>2 - шестеренное колесо с внутренним зацеплением,</i> | | |
| <i>3 - вал шестерня,</i> | <i>4 - подшипник скольжения,</i> | |
| <i>5 - аксиальные прокладки,</i> | <i>6 - упорный штифт,</i> | <i>7 - сегментная вставка.</i> |

Шестеренные насосы используются на судах для перекачивания вязких жидкостей - топлива, масла (ГСМ), подачи насосов в широких пределах – 0,5 - 250 м³/час, напор - 2-40 МПа, частота вращения - 40-500 об/мин, полная вакуумная высота всасывания 3-6,5 м вод.ст., объемный КПД - $\eta_0 \sim 0,70-0,85$, осевой зазор между торцами шестерен и крышкой составляет 0,025-0,03 мм, радиальный зазор между стенкой корпуса и головкой зуба - 0,03-0,085 мм.

Преимущества:

1. малые масса и габариты,
2. простота изготовления и обслуживания,
3. равномерная подача.

Недостатки:

1. отсутствие сухого всасывания,
2. необходимость строгого соблюдения зазоров,
3. повышенная требовательность к чистоте перекачиваемой жидкости,
4. перед пуском насос должен быть заполнен перекачиваемой жидкостью,
5. не допускается работа насоса в сухую.

Винтовые насосы

Винтовой насос – насос, в котором создание напора нагнетаемой жидкости осуществляется за счёт вытеснения жидкости одним или несколькими винтовыми металлическими роторами, вращающимися внутри статора соответствующей формы.

Винтовые насосы являются разновидностью роторно-зубчатых насосов и легко получаются из шестерённых путём уменьшения числа зубьев шестерён и увеличения угла наклона зубьев.



Рисунок 1.21 – Конструкция винтов в двухвинтовом насосе

Перекачивание жидкости происходит за счёт перемещения её вдоль оси винта в камере, образованной винтовыми канавками и поверхностью корпуса (см. рисунок 1.22). Винты, входя винтовыми выступами в канавки смежного винта, создают замкнутое пространство, не позволяя жидкости перемещаться назад.

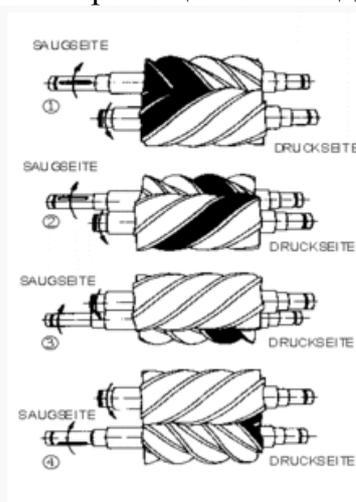


Рисунок 1.22 – Схема движения жидкости в винтовом насосе

Область применения винтовых насосов как по назначению, так и по характеристикам очень обширна. Они используются для подач от 0,2 до 1000 м³/ч и для давлений до 25 МПа. Перед другими ротационными насосами винтовые имеют ряд преимуществ:

- значительно большую экономичность, что особенно важно для длительно работающих насосов большой мощности;
- незначительное изменение подачи с увеличением давления;
- возможность спаривания насоса с приводом без применения редуктора и меньшие массогабаритные характеристики;
- возможность обеспечения высоких давлений за счет применения удлиненных роторов и отсутствие при этом больших нагрузок на подшипники; - небольшой шум и плавность в работе, обеспечение большой высоты всасывания и самовсасывания.

По признакам, наиболее характерным для работы насосов в судовых условиях, винтовые насосы можно разделить на следующие группы: по профилю винтовой нарезки – с роторами циклоидального профиля, обеспечивающего герметичность (полное отделение камеры нагнетания от камеры всасывания); и с роторами, имеющими обычную прямоугольную или трапециевидную нарезку, не обеспечивающую герметичность; по количеству роторов – двух-, трех- и пятивинтовые; по напору – низко-, средне- и высоконапорные; по количеству потоков – одно- и двухпоточные; по расположению вала – горизонтальные и вертикальные. Камеры всасывания и нагнетания расположены по торцам винтовых роторов. По цилиндрическим поверхностям роторы плотно охватываются корпусом насоса. Находящаяся во всасывающей полости жидкость поступает в раскрывающуюся винтовую впадину каждого ротора, при дальнейшем вращении которого эта впадина замыкается выступающими витками других роторов, проталкивающих жидкость из впадины к нагнетательной полости. Впадина размыкается в нагнетательной полости, и жидкость, находящаяся между входящими в зацепление витками, как в шестеренном насосе, проталкивается через нагнетательную камеру в нагнетательный трубопровод. Длина винтовых роторов должна быть несколько больше шага винтовой линии для предотвращения прямого сообщения нагнетательной камеры со всасывающей.

Роторно-винтовые насосы имеют в корпусе два или три ротора. Ротор с правой резьбой, соединенный с приводным двигателем, передает вращение на другие роторы, имеющие левую резьбу. При этом образуется замкнутый промежуток между винтовыми поверхностями роторов, который передвигается без изменения величины объема от всасывающего отверстия к напорному.

Таким образом, обеспечивается равномерная, почти без пульсаций подача насоса и, следовательно, — его малошумная работа.

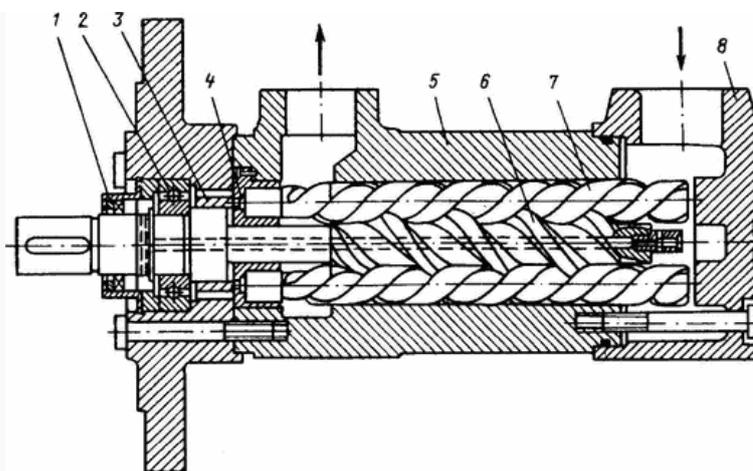


Рисунок 1.23-а – Трёхвинтовой насос

Трёхвинтовой насос (см. рисунок 1.23-а) состоит из корпуса 5, в котором расположены рабочие органы – роторы. Средний ротор 6 – ведущий – соединяется с валом приводного двигателя муфтой, которая надевается на цилиндрический конец ротора, имеющий шпоночный паз. Два одинаковых ведомых ротора 7 меньшего диаметра расположены симметрично относительно ведущего ротора. Винтовая нарезка ведомых роторов имеет направление, противоположное нарезке ведущего винта. Ведомые винты опираются на подшипники 4 и выполняют только функции уплотнений, препятствуя перетеканию жидкости из напорной полости во всасывающую. Нарезка роторов образует в местах взаимного касания герметичное уплотнение, разделяющее полость между роторами по длине на ряд замкнутых полостей. Поступающая в полость всасывания жидкость заполняет пространство между роторами. При вращении роторов места взаимного касания поступательно перемещаются вдоль оси от всасывания к нагнетанию, и жидкость, заполнившая впадины роторов, под действием винтовой нарезки перемещается вдоль оси прямолинейно.

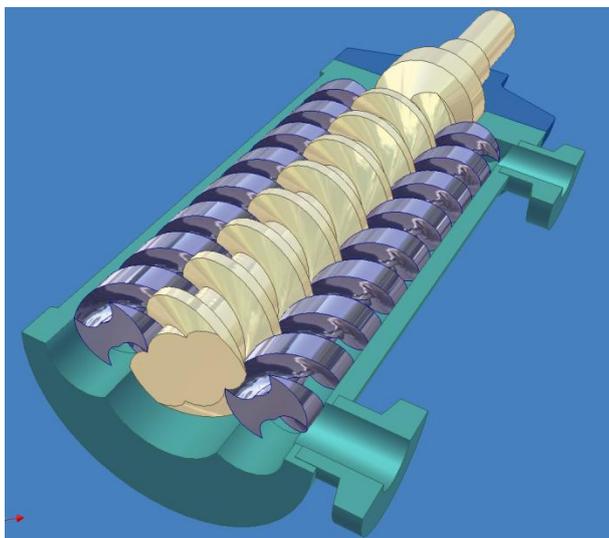


Рисунок 1.23-б Трёхмерный вид трёхвинтового насоса

Преимущества:

- равномерная подача жидкости, в отличие от насосов поршневых и плунжерных;
- способность перекачивать смеси из жидкой и твёрдой фаз без повреждения твёрдых включений в жидкости;
- как и другие объёмные насосы, винтовые обладают способностью к самовсасыванию жидкости;
- возможность получить высокое давление на выходе без множества каскадов нагнетания;
- хорошая сбалансированность механизма и, как следствие, - низкий уровень шума при работе.

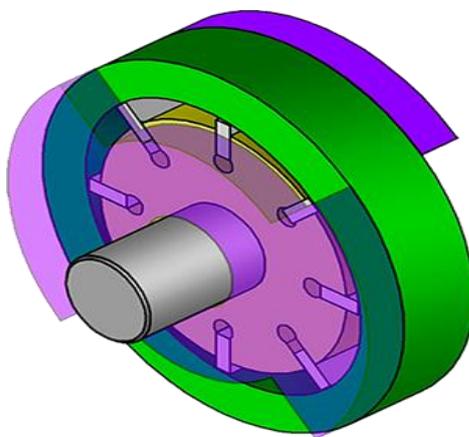
Недостатки:

- сложность и высокая стоимость изготовления насоса;
- нерегулируемость рабочего объёма;
- так же, как и другие виды объёмных насосов, винтовые нельзя пускать вхолостую без перекачиваемой жидкости, так как в этом случае повышается коэффициент трения деталей насоса и ухудшаются условия охлаждения; в результате насос может перегреться и выйти из строя.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чём заключается принцип действия роторных насосов?
2. Классификация роторных насосов?
3. Классификация шестерённых насосов?
4. Для чего применяются шестерённые насосы на судах?
5. Преимущества и недостатки шестерённых насосов?
6. Устройство винтовых насосов?
7. Классификация судовых винтовых насосов?
8. Преимущества и недостатки винтовых насосов?

1.4 Пластинчатые насосы



Различают несколько типов пластинчатых машин.

По количеству циклов изменения рабочей камеры:

- однократного действия
- двукратного действия

По возможности регулирования:

- регулируемые
- нерегулируемые насосы

Рассмотрим каждый из этих типов насосов подробнее.

В нерегулируемых насосах отсутствует возможность изменения рабочего объема. Подачу таких насосов можно регулировать путем изменения частоты вращения приводного двигателя или использовать дроссельное регулирование гидропривода.

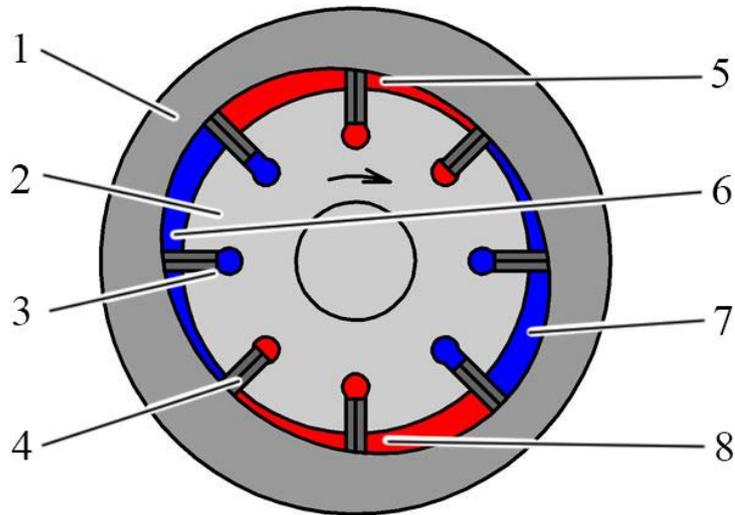


Рисунок 1.24 – Устройство пластинчатого насоса двукратного действия

В пластинчатом насосе двукратного действия (см. рисунок 1.24) внутренняя поверхность статора 1 имеет овальную форму. Ротор 2 установлен соосно статору. В пазах 3 ротора установлены пластины 4, которые могут свободно перемещаться внутри пазов. При вращении ротора пластины за счет центробежной силы прижимаются к поверхности статора образуя рабочие камеры. В связи с тем, что внутренняя поверхность статора имеет овальную форму при вращении ротора объем рабочих камер будет изменяться. В зонах 6 и 7 увеличения объема камеры выполнено отверстие для всасывания рабочей жидкости, в зонах 5 и 8 уменьшения объема камеры - отверстие для нагнетания.

В насосах двойного действия устанавливается четное число пластин (не менее 8).

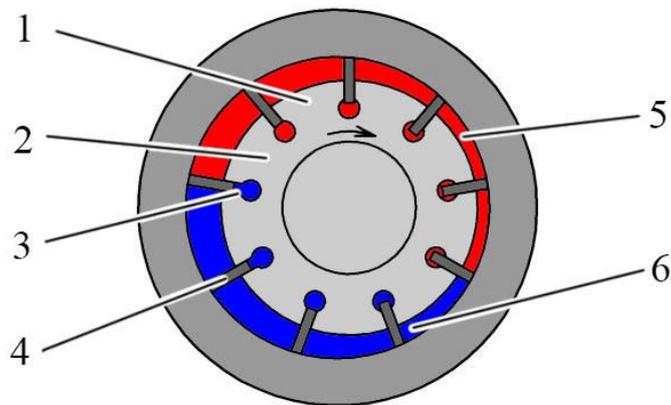


Рисунок 1.25 – Устройство пластинчатого насоса однократного действия

В пластинчатом насосе однократного действия (см. рисунок 1.25) ротор 1 установлен в статоре 2 с эксцентриситетом. В роторе 1 в радиальном направлении выполнены пазы 3, в которых установлены подвижные пластины 4. При вращении ротора пластины под действием центробежной силы прижимаются к цилиндрической поверхности статора. За счет эксцентриситета между осями вращения ротора и статора обеспечивается изменение объемов рабочих камер.

В зоне 6 увеличения объема камеры происходит всасывание рабочей жидкости, зоне 5 уменьшения - нагнетание.

В конструкции регулируемых насосов (см. рисунок 1.26) предусмотрена возможность изменения рабочего объема. Подачу насосов этого типа можно регулировать объемным способом.

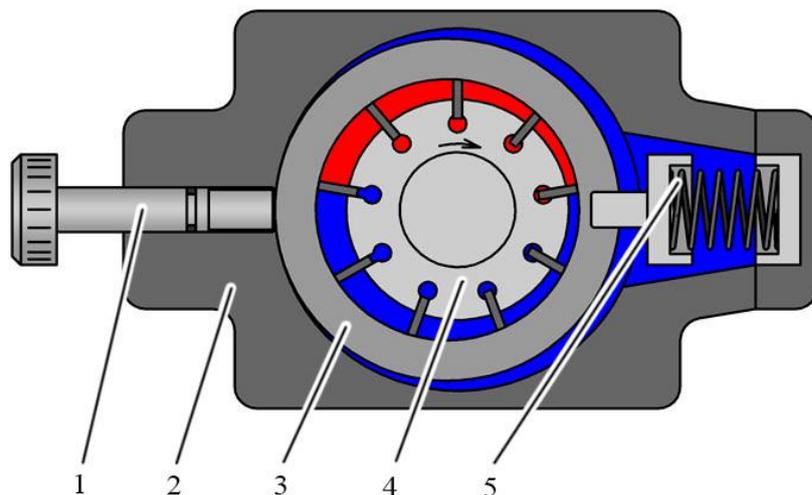


Рисунок 1.26 – Устройство регулируемого пластинчатого насоса однократного действия

Статор 3 установлен в корпусе 2 с зазором. Винт 1 позволяет перемещать статор внутри корпуса, тем самым меняя эксцентриситет между ротором 4 и статором. Если эксцентриситет будет равен 0, то объем рабочих камер при вращении ротора меняться не будет, подача насоса будет равна 0. При максимальном эксцентриситете подача будет максимальной. Пружина 5 прижимает статор к регулировочному винту.

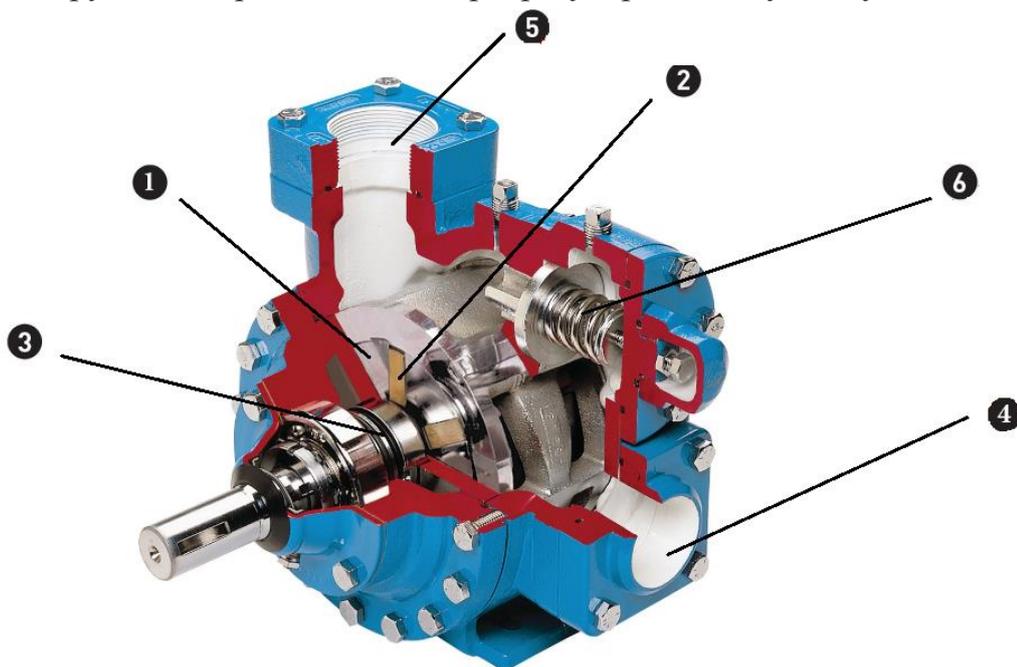


Рисунок 1.27 – Разрез пластинчатого насоса:

1-Корпус, 2-пластины, 3-система уплотнения вала, 4-всасывающий патрубок, 5-нагнетательный патрубок, 6-внешний предохранительный патрубок

Водокольцевые насосы

Водокольцевые насосы широко распространены благодаря способности создавать высокий вакуум. Устройство насоса приведено на рис. 1.28. Корпус цилиндрический и ротор в нем размещен эксцентрично. Ротор состоит из вала и насаженного на него барабана с рабочими лопастями. Лопасти прямые или изогнутые, изготовлены заодно с барабаном. Корпус насоса закрыт с торцов крышками. На одной крышке установлен всасывающий и нагнетательный патрубки.

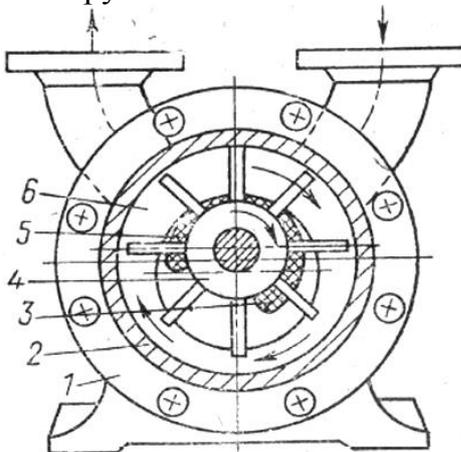


Рисунок 1.28 – Водокольцевой насос

1-крышка, 2-корпус, 3,5-всасывающее и нагнетательное отверстия, 4-ротор, 6-водяное кольцо

Внутри насоса находится вода или другая жидкость, заливаемая в насос перед пуском. При вращении ротора лопасти воздействуют на воду, заставляя ее отбрасываться к поверхности корпуса. В результате этого образуется водяное кольцо и серповидное пространство, являющееся рабочей полостью насоса.

На первой половине оборота ротора жидкость наподобие поршня отходит от ротора, образуя разрежение (правая часть рисунка), и перекачиваемая жидкость или газ засасывается в насос. Эта половина оборота ротора называется всасывающей.

На второй половине оборота ротора кольцо приближается к нему, сжимая и выталкивая засосанную жидкость или газ в нагнетательное отверстие и патрубков. Эта половина оборота ротора – нагнетательная.

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 ротора в верхней части и перекачиваемый газ будет просачиваться из нагнетательной во всасывающую полость. 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 этого, от постоянного перемешивания и трения жидкость в кольце нагревается и ухудшает работу насоса. Поэтому насосы, предназначенные для длительной работы, оборудуются собственной системой с напорным бачком для постоянной замены части воды в кольце.

Приведенный на рисунке насос одинарный простого действия. Кроме такой конструкции, водокольцевые насосы изготавливаются двухступенчатыми (см. рисунок 1.29), двойного и двустороннего действия.

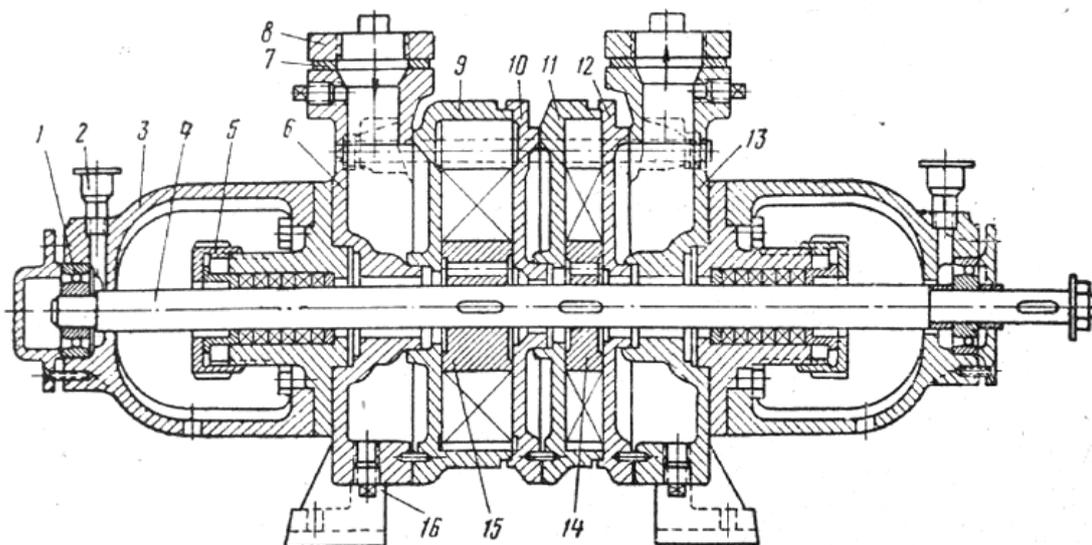


Рисунок 1.29 – Двухступенчатый водокольцевой насос

1-шарикоподшипник, 2-маслёнка, 3-кронштейн, 4-вал, 5-нажимная гайка, 6,13-крышки, 7-прокладка, 8-контргайка, 9,10-корпус и промежуточное кольцо первой ступени, 11,12- корпус и промежуточное кольцо второй ступени, 14,15-рабочие колёса, 16-фундаментная лапа

Применяются водокольцевые насосы в качестве вакуумных насосов на судах. Иногда применяются для совместного удаления дистиллятно-воздушной смеси из вакуумных конденсаторов испарительных установок.

Роторно-пластинчатые насосы просты в устройстве, обладают хорошим всасыванием и малопульсирующей подачей жидкости, компактны, могут выполняться как в одинарном, так и сдвоенном исполнении (два ротора на одном валу).

Их недостатки:

1. Нерегулируемая производительность.
2. Сравнительно небольшие давления нагнетания.
3. Чувствительность к частоте перекачиваемой жидкости.
4. Сравнительно невысокое давление нагнетания.
5. Повышенная требовательность к зазорам.

Вопросы для самоконтроля:

1. Классификация пластинчатых насосов?
2. Устройство пластинчатого насоса однократного действия?
3. Устройство пластинчатого насоса двукратного действия?
4. Какие насосы способны создавать высокий вакуум?
5. Устройство водокольцевого насоса?
6. Достоинства и недостатки пластинчатых насосов?

1.5 Центробежные насосы

Центробежные насосы являются наиболее распространенными на судах типом лопастных насосов. Простота устройства, надежность, возможность получения больших подач и давлений, необходимость большой частоты вращения рабочих колес и использования для их привода быстроходных двигателей обеспечивали широкое распространение центробежных насосов на судах.

Центробежный насос (см. рисунок 1.30) состоит из корпуса, имеющего спиральную форму, и расположенного внутри жестко закрепленного колеса, состоящего из двух дисков, с закрепленными между ними лопастями. Они отогнуты от радиального направления в сторону противоположную той, в какую направлено вращение колеса. Соединение насоса с трубопроводами, напорным и всасывающим, производится через патрубки.

Принцип действия центробежных насосов заключается в следующем: в наполненном водой корпусе и всасывающем трубопроводе приводится во вращение рабочее колесо. Возникающая при его вращении центробежная сила приводит к вытеснению воды от центра колеса к его периферийным участкам. Там создается повышенное давление, которое начинает вытеснять жидкость в напорный трубопровод. Понижение давления в центре рабочего колеса вызывает поступление жидкости в насос через всасывающий водопровод. Таким образом осуществляется работа по непрерывной подаче жидкости центробежным насосом.

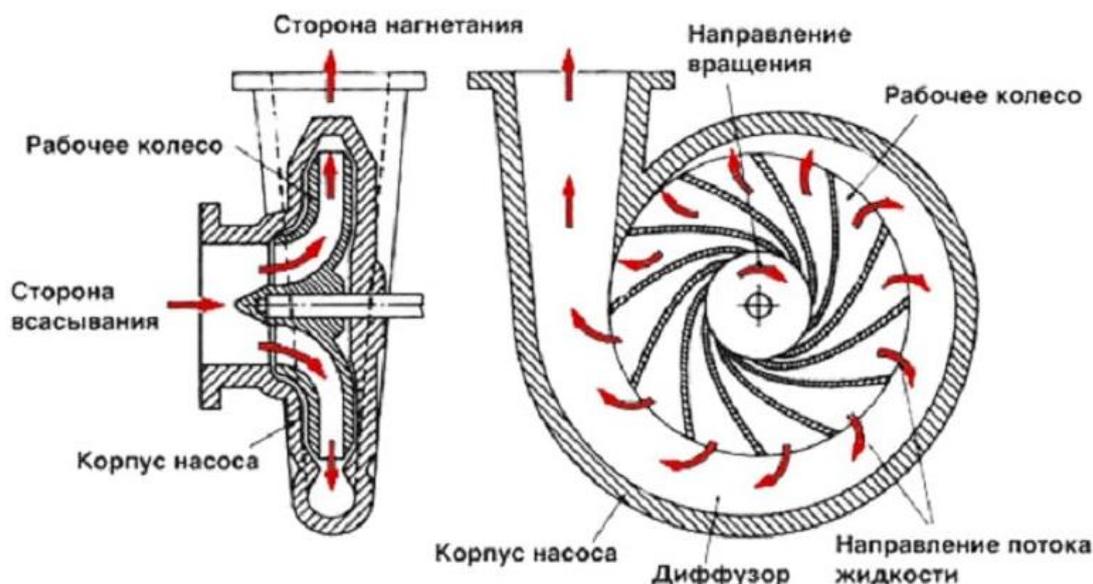


Рисунок 1.30 – Схема работы центробежного насоса

Некоторые центробежные насосы имеют дополнительное устройство, позволяющее приводить насос в действие без предварительного заливания жидкости.

Центробежные насосы с электрическим приводом для перекачивания морской и пресной воды с температурой до 353°K (85°С) применяют в общесудовых системах. Распространение получили центробежные насосы следующих конструктивных типов:

- тип НЦГ – центробежный горизонтальный несамовсасывающий;
- тип НЦГС – центробежный горизонтальный самовсасывающий;
- тип НЦВ – центробежный вертикальный несамовсасывающий (назначение: обслуживание пожарной, охлаждающей или балластной систем);
- тип НЦВС – центробежный вертикальный самовсасывающий;
- тип ЭНЦ – центробежный вертикальный с двухсторонним всасыванием

электронасос (назначение: обслуживание охлаждающей, рассольной и конденсатной систем);

– тип ЭПЖН – центробежный вертикальный двухступенчатый пожарный электронасос (назначение: обслуживание пожарной системы).

На рисунке 1.31 представлен общий вид электронасоса типа НЦВ. Насосы этого типа широко применяются на судах в качестве пожарных.

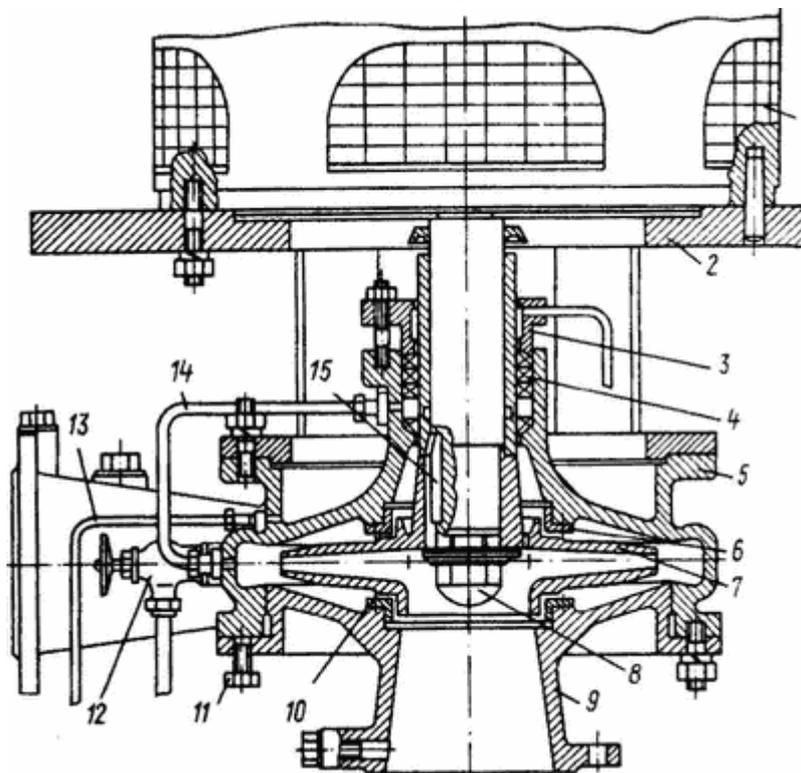


Рисунок 1.31 – Электронасос типа НЦВ

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 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 вода 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 полости 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 м³/ч. На напорном и всасывающем патрубках имеются бобышки с резьбой для присоединения манометра и мановакуумметра.

Корпус, рабочее колесо, уплотнительные кольца и другие элементы гидравлической части насоса, омываемые заборной водой, изготовлены из коррозионно-стойкой 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.

На рисунке 1.32 показана схема трехступенчатого центробежного насоса. На валу 1, опирающемся на подшипники 2, с помощью шпонок 3 закреплены рабочие колеса 4, 5, 6, которые вместе с валом образуют ротор насоса. Из подводящего патрубка 7 (условно повернутого вниз) через подвод 8 жидкость поступает в колесо 4, где приобретает определенный запас потенциальной и скоростной энергии (статический и динамический напор).

Из колеса 4, жидкость поступает в направляющий аппарат 9, где динамический напор частично преобразуется в статический напор. Далее жидкость подается в колесо 5 и снова получает приращение статического и динамического напора, который частично преобразуется в статический напор в следующем направляющем аппарате 10. Из последнего колеса 6 жидкость поступает в спиральный отвод 11 и через патрубок 12 - в напорный трубопровод насоса.

В местах выхода из корпуса насоса вал уплотняется сальниковой пеньковой набивкой с прижимными втулками 13. Вал насоса соединяется с валом двигателя муфтой 14.

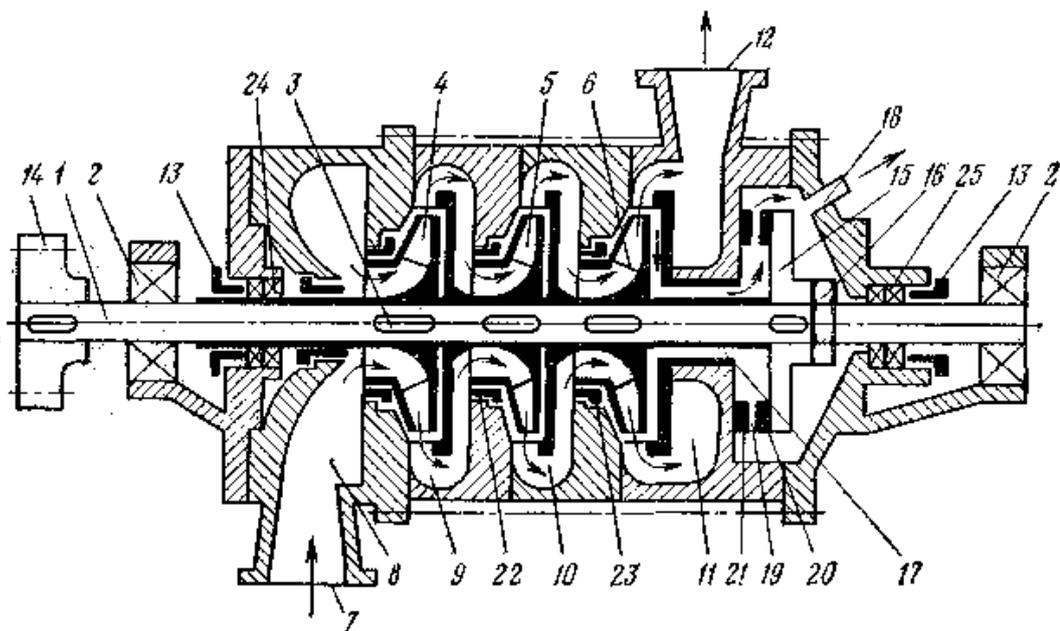


Рисунок 1.32 – Схема трёхсекционного центробежного насоса

Секционный корпус насоса соединен в общую конструкцию стяжными шпильками (болтами). Положительным качеством секционных насосов является возможность соединять одинаковые секции в необходимом количестве для получения насосов различных давлений.

К недостаткам насосов следует отнести малую доступность рабочих колес. Для замены колеса необходимо удалить стяжные болты и последовательно снять все секции при одновременной разборке ротора.

Существуют также насосы, имеющие корпус с осевым разъемом. В таких насосах облегчен осмотр внутренних деталей, уход и контроль за насосом, хотя конструкция корпуса увеличивает размеры и массу насоса.

Различают рабочие колеса насосов закрытые и открытые. В закрытых односторонних колесах (рис.1.33, а) имеются ведущий 1 ведомый 2 диски, между которыми расположены лопасти 3. В закрытых двусторонних колесах (рис. 1.33, б) ведомые диски 1 и 2 лопастями 3 связаны с втулкой 4. Диски, лопасти и втулка, с помощью которой колесо насаживается на вал, отливаются заодно. В открытых колесах (рис. 1.33, в) имеется только ведущий диск 1 с втулкой 2 и лопастями 3.

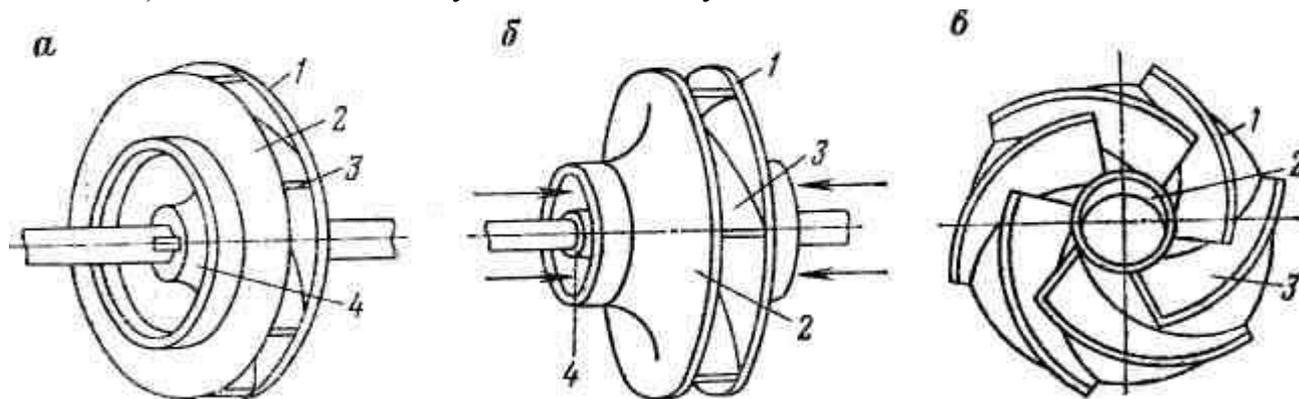


Рисунок 1.33 – Рабочие колеса центробежных насосов:

а - закрытое одностороннее;

б - закрытое двустороннее;

в - открытое

Из условия прочности диски колеса утолщаются по направлению к втулке. Диаметр рабочего колеса обычно не превышает 800 мм. Окружная скорость на выходном диаметре литых чугунных колес 35 ... 40 м/с.

К.п.д. насоса зависит от чистоты обработки поверхностей каналов колеса, числа и длины лопастей, закономерности изменения площади поперечного сечения межлопастного канала. Движение воды в колесе тем правильнее, чем больше лопастей, но при значительном их числе увеличиваются гидравлические потери. Обычно в одном колесе 6 ... 9 лопастей.

Открытые колеса целесообразно применять для транспортирования загрязненных жидкостей.

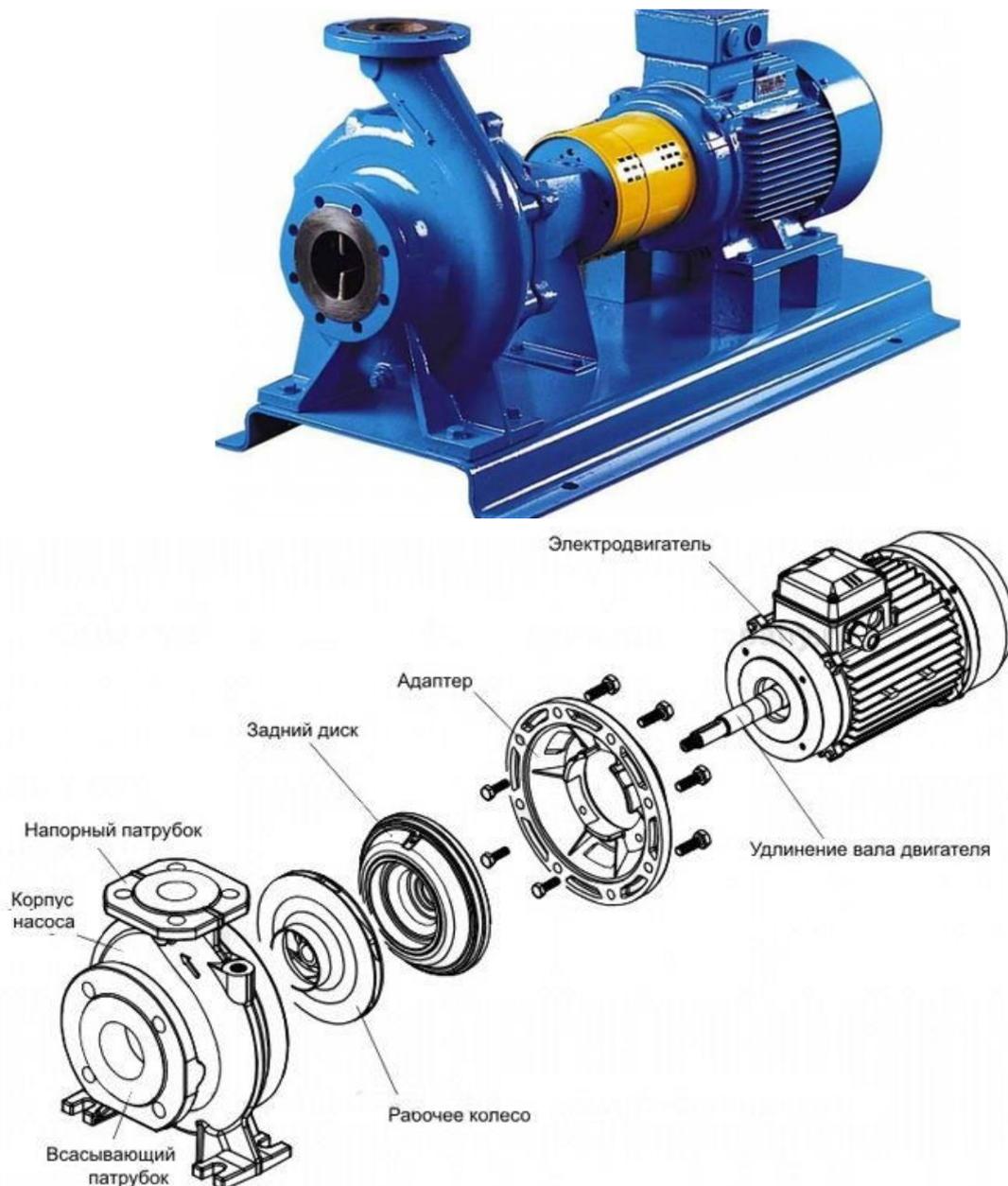


Рисунок 1.34 – Состав односекционного горизонтального центробежного электронасоса

Преимуществом центробежных насосов является:

- Высокая эффективность.
- Простота конструкции.
- Постоянство характеристик создаваемого потока: скорости и напора.
- Компактность и относительно малый вес.
- Простое техобслуживание. Достаточно общих навыков слесарных работ.
- Высокая надежность, большой срок наработки на отказ.

Кроме достоинств, этим насосам свойственен ряд недостатков:

- Для запуска необходимо заполнить рабочую камеру жидкой средой. Нарушение этого правила приводит к быстрому износу и выходу из строя.
- Малый напор, создаваемый рабочим колесом.

Характеристики центробежных насосов и трубопроводов.

В судовых условиях производительность насосов должна изменяться в довольно широких пределах. В отличие от объемных насосов, у которых изменение производительности почти не влияет на создаваемый ими напор, у лопастных и, в частности, у центробежных насосов производительность и напор зависят друг от друга.

Для эффективной эксплуатации насосов и их оптимального подбора нужно знать, как меняется напор и другие параметры при изменении производительности. Характер изменения параметров обычно выражается графически в виде кривых, называемых характеристиками насоса.

Характеристики могут быть теоретические или действительные, простые или универсальные. В системе прямоугольных координат характеристики можно построить с помощью двух основных способов регулирования производительности центробежных насосов:

1) Количественного – дросселированием через нагнетательный клапан, при постоянной частоте вращения;

2) качественного – изменением частоты вращения приводного двигателя (В некоторых случаях количество подаваемой жидкости изменяют путем байпасирования, т. е. перепуска части жидкости через клапан из напорной магистрали обратно во всасывающую. Этот способ применяется в основном для регулирования расхода в трубопроводе и используется в объемных насосах, где нельзя регулировать производительность дросселированием).

Качественный способ регулирования мало влияет на КПД насоса, но не всегда может применяться (например, у насосов, навешенных на двигатель или имеющих электропривод переменного тока).

Количественный способ регулирования режима наиболее прост и позволяет изменять производительность от нуля до максимума, но экономически менее выгоден, чем качественный, в связи с введением добавочного гидравлического сопротивления при дросселировании.

В случае количественного регулирования теоретические характеристики центробежных насосов будут изображаться прямыми: I – при радиальных лопастях; II – при лопастях, отогнутых назад; III – при лопастях, загнутых вперед (рис.1.34).

Точка В на линии ординат будет соответствовать нулевой подаче при полностью закрытом нагнетательном клапане. При этом в камере насоса будет статический напор $H_{ст}$, который можно измерить по манометру.

Для получения действительной характеристики насоса необходимо учесть потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений в самом насосе. Пусть кривая ОА на рис.34 выражает графическую зависимость напора, теряемого в насосе, h_0 от его производительности Q . Действительный напор H , развиваемый насосом, будет меньше теоретического на величину потерь в нем:

$$H = H - h_0.$$

Откладывая ординаты кривой ОА вниз от прямой III, получим точки, которые при соединении дадут кривую ВС, представляющую собой действительную простую характеристику центробежного насоса с лопастями, загнутыми вперед.

Очевидно, что подобным способом можно получить простые действительные характеристики и для насосов с радиальными лопастями и лопастями, отогнутыми назад.

Рабочая характеристика рассмотренного насоса НЦВС 63/30 (рис.1.35), кроме зависимости напора нагнетания H от производительности, включает зависимости от Q

вакуумметрической высоты всасывания H_s , потребляемой мощности N , КПД η , %, при частоте вращения $n = 2890$ об/мин. Для использования характеристики с целью подбора центробежного насоса для работы на данный трубопровод и определения требуемого режима его работы необходимо иметь и графическую характеристику трубопровода или сети.

Характеристикой трубопровода называется кривая, показывающая функциональную зависимость между расходом жидкости и потребляемым (затрачиваемым) напором на преодоление гидравлических сопротивлений в трубопроводе.

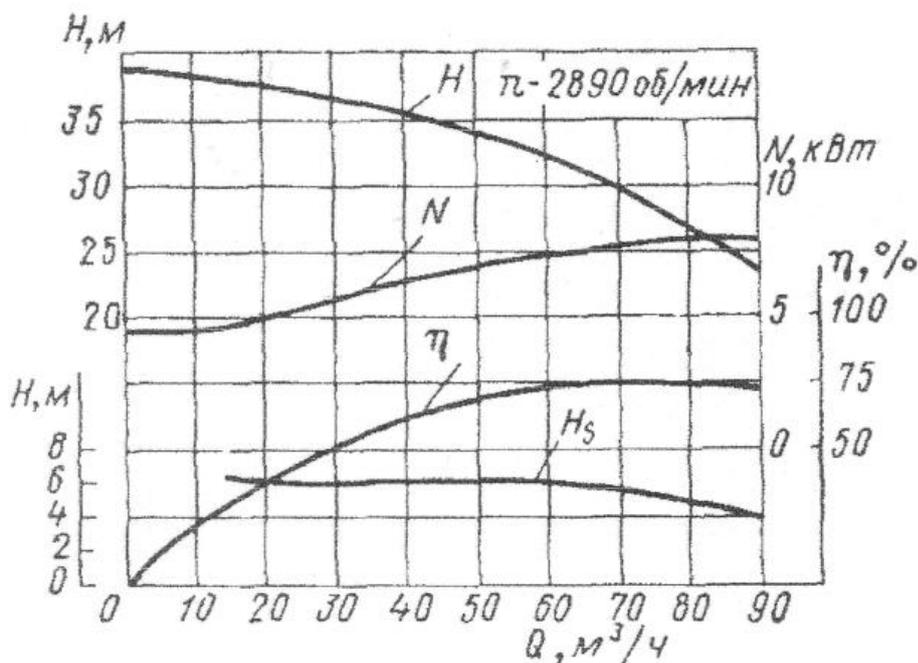


Рисунок 1.35 – Рабочая характеристика насоса НЦВС 63/30

Техническое обслуживание

Техническое обслуживание центробежного насоса включает внешний осмотр и проверку:

- соединений всасывающего и нагнетательного трубопроводов;
- сальникового уплотнения;
- крепления фундаментных болтов;
- центровку насоса к электродвигателю.

При интенсивной эксплуатации центробежного насоса (4,5-6 тысяч часов в год) следует заменить набивку сальникового уплотнения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Классификация центробежных насосов?
2. Устройство центробежных насосов?
3. Достоинства и недостатки центробежных насосов?
4. Рабочие характеристики центробежных насосов.

1.6 Вихревые, осевые и струйные насосы

Вихревые насосы применяются на судах в системах санитарной воды, в качестве питательных насосов некоторых вспомогательных и утилизационных котлов, в системах водоохлаждения маломощных ДВС и т. п. Наиболее рациональная область применения вихревых насосов определяется производительностью от 0,4 до 35 м³/ч при напоре до 200 м вод. ст.

Все вихревые насосы самовсасывающие и изготавливаются в одно- и многоступенчатом исполнении.

Существует два основных типа вихревых насосов: открытого (см. рисунок 1.37) и закрытого (см. рисунок 1.36) типа. Рассмотрим конструктивные схемы этих насосов.

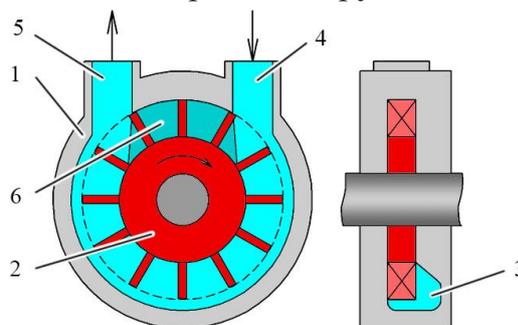


Рисунок 1.36 – Конструктивная схема насоса закрытого типа

В корпусе 1 вихревого насоса установлено рабочее колесо 2 с малыми зазорами. В корпусе также выполнен специальный концентрический канал 3, расположенный по периметру окружности описываемой лопатками от входного патрубка 4 до напорного 5. Концентрический канал разделен перегородкой 6, не позволяющей жидкости перетекать из напорной линии во всасывающую. Лопатки рабочего колеса передают энергию жидкости, которая под воздействием сил инерции и трения перемещается от всасывающего патрубка к напорному.

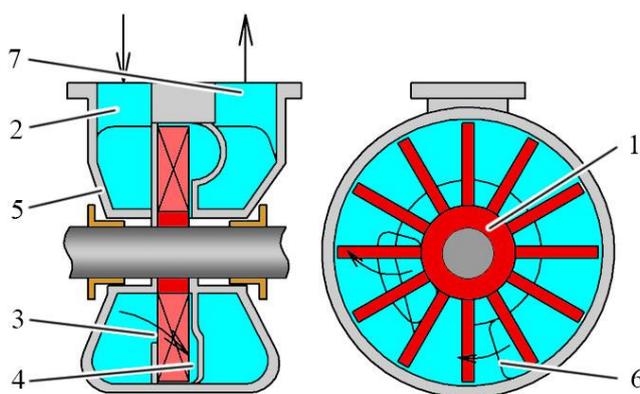


Рисунок 1.37 – Конструктивная схема насоса открытого типа

Рабочая жидкость поступает к лопаткам рабочего колеса 1 через подвод 2 и окно 3. Через рабочее колесо жидкость поступает в кольцевой канал 4, выполненный в корпусе 5. Под воздействием лопаток рабочего колеса жидкость перемещается по кольцевому каналу, и через отверстие 6 поступает в напорную линию 7.

Лопатки рабочего колеса вихревого насоса спрофилированы таким образом, что при движении жидкость направляется от внутренней части канала ко внешней, приобретая окружную составляющую скорости.



Рисунок 1.38 – Рабочее колесо (лопастная крыльчатка) вихревого насоса

Происходит активное смешивание жидкости поступающей от рабочего колеса и текущей по каналу за счет сил инерции. В результате взаимодействия частиц с различными скоростями и направлениями движения возникают интенсивные вихри, что ведет к значительным потерям энергии.

Для исключения продольной силы, возникающей в результате разницы давления в осевых зазорах, используют симметричное рабочее колесо.

Характеристики вихревых насосов

- Напор - до 25 м
- Подача - до 12 л/с
- Мощность - до 25 кВт
- КПД - 35...40%

Вид основной характеристики вихревого насоса показан на рисунке 1.39

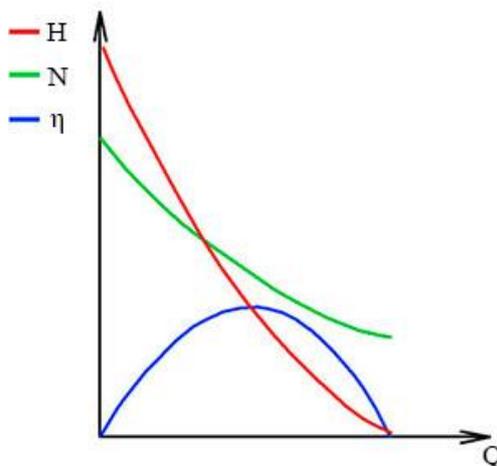


Рисунок 1.39 – Основная характеристика вихревого насоса

Потери энергии в вихревом насосе

Гидравлические потери в вихревом насосе велики и составляет до 30% от энергии на валу насоса. Эти потери возникают вследствие образования многочисленных вихрей при движении жидкости в насосе.

Объемные потери также велики и могут достигать 20%, обусловлены они перетеканием жидкости через зазоры разделителя.

Механические потери в вихревом насосе возникают из-за трения в подшипниках и уплотнительных устройствах.

Ввиду высоких гидравлических и объемных потерь общий КПД вихревого насоса невысок и составляет 35 - 40%.

Применение вихревых насосов

Учитывая рабочие характеристики, вихревые насосы, как правило, используют в системах, где необходимо создать высокий напор при, относительно небольшой подаче. 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 м³/ч, но наиболее рациональна с точки зрения экономичности подача 0,4–35 м³/ч. Развиваемый насосом напор может достигать 5,5 МПа; наиболее применим напор до 2 МПа. На судах эти насосы используются в качестве питательных для вспомогательных и утилизационных парогенераторов, а также вакуум-насосов (самовсасывание при 0,04–0,06 МПа).

Достоинства вихревых насосов

При тех же габаритах, что и у центробежного, вихревой насос способен создать больший напор (в 3–9 раз больше). Вихревые насосы открытого типа обладают способностью к самовсасыванию, также они способны работать на газожидкостной смеси.

Недостатки вихревых насосов

Вихревые насосы обладают достаточно низким КПД (35% - 45%), что делает нецелесообразным использование насосов высокой мощности. Вихревые насосы не способны перекачивать жидкость с высокой вязкостью. Также эти машины чувствительны к наличию абразивных частиц в жидкости. Наличие абразива приводит к быстрому износу вихревых насосов, вследствие малых зазоров.

Целесообразно соединять вихревой насос с центробежным, располагая их лопастные колеса на общем валу, что в значительной степени уменьшает недостатки каждого из этих насосов.

Центробежно-вихревой насос (рисунок 1.40) обеспечивает отсасывание воздуха и подъем жидкости для работы центробежного насоса. Кроме того, при установившемся режиме работы благодаря особенностям центробежного насоса улучшается всасывание и повышается КПД установки.

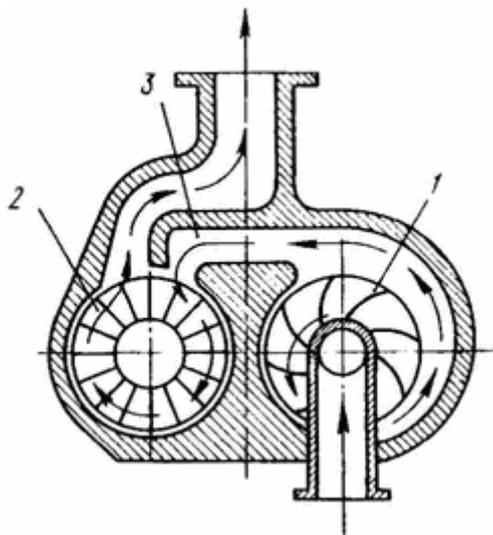


Рисунок 1.40 – Схема центробежно-вихревого насоса

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

Центробежно-вихревой насос ЭСН-1/1 представляет собой агрегат, в котором объединены в одно целое горизонтальный двухступенчатый центробежно-вихревой насос и электродвигатель (рисунок 1.41).

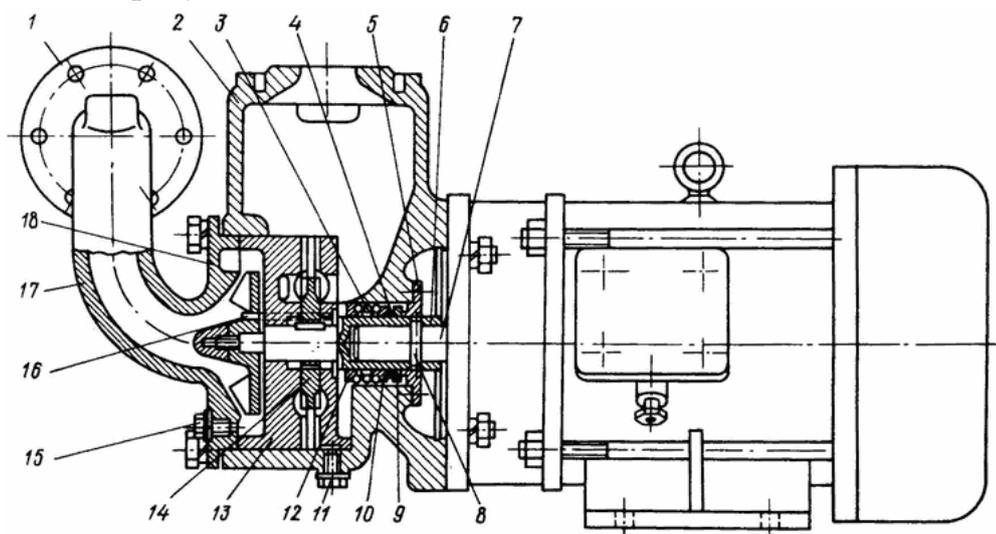


Рисунок 1.41 – Центробежно-вихревой насос ЭСН-1/1

Присоединительный фланец 1 и патрубок 17 отлиты за одно целое с крышкой 18 и соединены с корпусом 2 насоса шпильками. Первая ступень насоса выполнена в виде колеса центробежного насоса с обтекателем, вторая ступень — в виде колеса 14 вихревого насоса, помещенного в рабочую камеру, образованную из двух вставок 13. Поскольку насос предназначен для подачи пресной и соленой воды его корпус 2 и вставки 13 выполнены из бронзы. Положение вставок фиксируется цилиндрическим штифтом 16.

Оба лопастных колеса насажены на удлинитель 6 вала электродвигателя 7. Удлинитель выполнен из нержавеющей стали и закреплен штифтом, проходящим через отверстие 8. На удлинителе вала имеется канавка для стального кольца 12, которое закрепляет пружину сальникового уплотнения, состоящего из подпятника 5 (нержавеющая сталь) и пяты 9 (свинцовистая бронза), торцевое трение которых создает необходимое уплотнение. Пята прижимается к подпятнику пружиной 3 через бронзовую втулку 10. Для повышения герметичности вала установлено резиновое уплотняющее кольцо 4. Первоначальный пуск центробежно-вихревого насоса осуществляется после заливки корпуса 2 перекачиваемой жидкостью (без заполнения подводящей части трубопровода). При последующем включении насоса в работу заливать корпус не нужно, так как оставшаяся в нем вода обеспечивает начало сухого всасывания сразу же после пуска электродвигателя. Во время работы насоса его вторая вихревая ступень создает повышенный напор. Для спуска воды из насоса при продолжительной его остановке служат пробки 11 и 15, установленные соответственно в корпусе и на крышке насоса.

Осевые насосы

Осевые насосы активно применяются в тех сферах, где требуется регулярная подача большого количества жидкости при малых напорах. Агрегаты этого типа отличаются простой конструкцией, высокой надежностью и устойчивостью к механическим повреждениям.

Устройство осевых насосов (рисунок 1.41).

Конструкция агрегатов этого типа достаточно проста. В перечень основных элементов устройства входит:

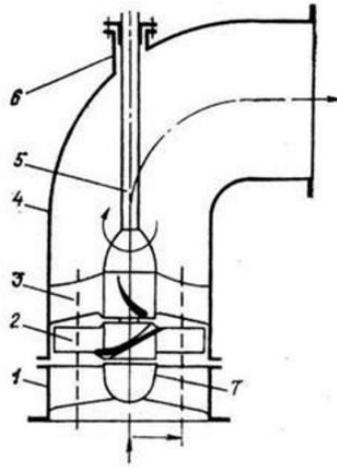


Рисунок 1.42 – Устройство осевого насоса

- 1 – подвод;
- 2 – рабочее колесо;
- 3 – лопаточный направляющий отвод;
- 4 – корпус;
- 5 – вал;
- 6 – сальник;
- 7 – обтекатель.

Проточная часть агрегата имеет форму изогнутой цилиндрической трубы. Благодаря этому вся конструкция насоса может легко поместиться внутри трубопровода. Напоминающее грибной винт рабочее колесо вращается под воздействием электрического мотора через вал. Выправляющий аппарат и подвод с обтекателем при работе остаются неподвижными. За плавный подвод рабочей жидкости к лопастям отвечает обтекатель. Сальник устанавливается в месте, где вал выходит из корпуса.

В отличие от центробежных агрегатов, жидкость в осевых насосах передвигается в осевом направлении, из-за чего оборудование и получило такое название. В оборудовании такого рода нет радиального перемещения жидкости, поэтому воздействие центробежных сил полностью исключено. Возрастание давления осуществляется исключительно благодаря преобразованию кинетической энергии в потенциальную, то есть, посредством применения диффузорного эффекта.

Среди наиболее распространенных сфер использования агрегатов можно выделить балластные системы плавучих доков, кораблей-ледоколов и подруливающие конструкции судов. Также эти насосы применяются на морских паротурбинных судах с целью перекачивания воды за бортом через главные конденсаторы. Насосное оборудование этого типа не снабжается системой сухого всасывания и имеет низкую допустимую вакуумметрическую всасывающую высоту. В связи с этим, осевые насосы устанавливаются немного ниже уровня жидкости, которую требуется перекачивать.

Осевые насосы большой подачи

Насосы этого типа предназначены для перекачивания пресной и морской воды в достаточно больших объемах. Они активно используются в системах водоотведения, водоснабжения и водоочистки.

Важным преимуществом таких агрегатов является возможность их использования с переменными оборотами двигателя



Рисунок 1.43 – Осевой насос большой подачи

Основные характеристики таких насосов:

- Напор – от 3 до 100 метров;
- Производительность – от 360 до 43200 м³ за час работы;
- Способы установки – вертикальный, горизонтальный и наклонный монтаж;
- Защита электродвигателя класса IP68.

Такие насосы отличаются низким уровнем шума, малыми габаритами, способностью пропускать фракции, диаметром до 84 мм и простой установкой. Кроме того, эти осевые насосы не требуют специального обслуживания и просты в ремонте.

Преимущества осевых насосов:

- большая подача, до 10000 м³/час;
- высокая равномерность подачи;
- малая масса и габариты;
- высокий КПД, до 0,85.

Недостатки осевых насосов:

- отсутствие сухого всасывания;
- малый напор - 15-18 м водяного столба;
- большая возможность кавитации при 1000 и более об/мин.

Струйные насосы

Среди всей напорной техники струйные насосы самые простые по типу конструкции и принципу действия. За счет простоты конструкции обеспечивается надежность аппаратов, которые могут быть одноступенчатыми или многоступенчатыми, и применяться для различных целей и нужд.

Струйные насосы, как любая техника имеет свою историю. Первый струнный насос в том виде, в котором мы его знаем, использовался англичанином Томпсоном, как лабораторный прибор для исследований (примерно с 1885-го года). С его помощью он отсасывал воду и воздух из пробирок. Затем инженер Нагель применил струйные насосы для откачивания воды из затопленных шахт. Затем струйный насос стал работать как эжектор и инжектор.

Струйные насосы (рисунок 1.44) не имеют в своей конструкции деталей, которые движутся. Это гидравлические аппараты динамического типа, в котором перекачиваемая среда подается при помощи давления через трубку в сопло и затем в камеру (отсек) смешения.

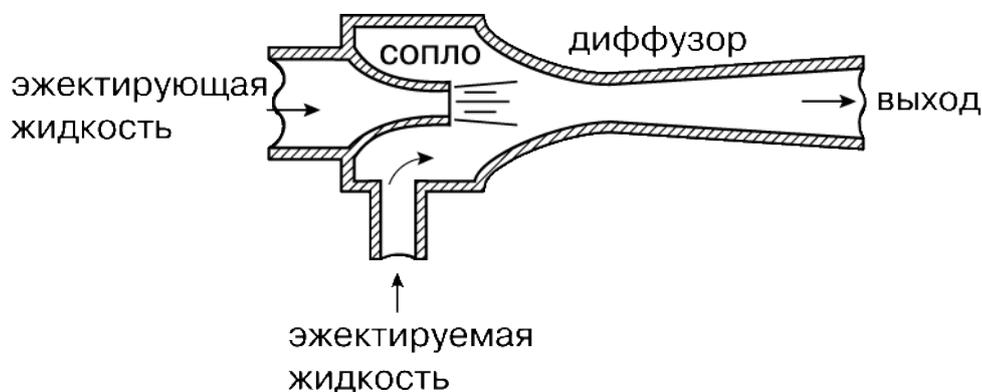


Рисунок 1.44 – Схема струйного насоса

Сопло, сужаясь, передает перекачиваемой среде кинетическую энергию в виде увеличения скорости. А всасывание происходит за счет падения давления в смешивающем отсеке. Затем, рабочая жидкость пропускается сквозь диффузор, давление уменьшается и вещество подается в трубопровод или резервуар.

Струйные насосы бывают:

- эжекторного типа (отсасывающие);
- инжекторного типа (нагнетающие);

Насосы этого типа могут работать с жидкостями, газом и паром.

Струйные насосы подразделяются на:

- жидкостные (для смешивания и перекачивания рабочей и пассивной жидкости с разными уровнями давления);
- аэрлифтовые или эрлифтовые (пневматическое устройство для подъема жидкостей).

Если аппарат используется только для воды, то он называется водоструйным и может быть либо вакуумный либо гидроэлеватор.

Эжекторы применяются, как правило, для автономного осушения форпика и балластных цистерн в носовой оконечности судна. Это обусловлено тем, что проводка балластных и осушительных магистралей в носовую оконечность из МО увеличивает

массу системы не только за счет длины труб, но и из-за необходимости увеличения диаметра этих труб для снижения гидравлического сопротивления и обеспечения работоспособности системы.

Эжектор удобен еще тем, что к нему не требуется подводка электроэнергии со всеми сложными и дорогими сопутствующими атрибутами (кабель, электропитание управления, сигнализация и пр.). Он не требует обслуживания, так как в нем нет движущихся частей. Эжектор действует за счет энергии т.н. «рабочей воды», поступающей из пожарной магистрали.

Количество этой воды равно производительности эжектора, т. е. из выходного патрубка эжектора выдается вдвое больше воды, чем он откачивает (паспортная производительность). При установке эжектора требуется увеличение спецификационной производительности главного водопожарного насоса для компенсации дополнительного расхода воды из пожарной магистрали.

РРР допускает использование эжектора как средства осушения речного судна, дополнительного к основному осушительному насосу, а РМРС разрешает такое использование эжектора только для морских транспортных судов длиной менее 91,5 м, а также барж без собственного источника энергии.

Следует выделить еще одну группу насосов – переносные. Они могут быть различного типа – ручные поршневые, погружные центробежные, погружные эжекторы и др. Эти насосы используются для откачки воды из отсеков, где отсутствуют общесудовые средства осушения.

Способность эжектора перекачивать жидкость вместе с механическими примесями используется на рыбопромысловых судах для его работы в качестве рыбонасоса или гидроэлеватора, обеспечивающего перегрузку рыбы из орудий лова на судно, с добывающих судов на перерабатывающие, а также для подачи рыбы к технологическому оборудованию. Эжекторный рыбонасос позволяет поднимать рыбу на высоту до 2,5 м от уровня моря.

Основными недостатками водоструйных рыбонасосных установок, ограничивающими их применение, являются низкий КПД (не выше 10–15 %) и необходимость подачи рабочей жидкости центробежными насосами под значительным давлением и в большом количестве.

Для подъема и перемещения жидкостей в рыбонасосных установках широко используются пневматические подъемники, называемые эрлифтами (рисунок 1.45), которые работают на сжатом воздухе или техническом газе. Они характеризуются исключительной простотой устройства и обслуживания, надежностью, малым износом и возможностью поднимать жидкости с различными примесями и рыбой (пульпу).

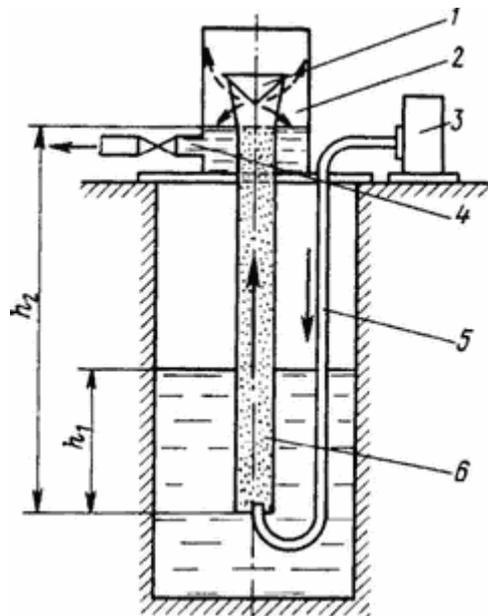


Рисунок 1.45 – Схема аэрлифта

К подъемной трубе 6 из компрессора 3 по трубе 5 подводится сжатый воздух. Поднимающаяся воздушно-жидкостная смесь при входе в бак 2 направляется в отбойный конус 1, где воздух отделяется, а жидкость отводится по трубе 4.

Действие эрлифта основано на разнице уровней h_1 и h_2 в двух сообщающихся сосудах, наполненных жидкостными смесями с различной плотностью ρ_1 и ρ_2 . Высота подъема определится из уравнения $h_1/h_2 = \rho_2/\rho_1$. С увеличением количества подаваемого воздуха уменьшается плотность ρ_2 смеси в подъемной трубе и увеличивается высота подъема h_2 .

Пароструйные инжекторы, используемые в качестве дополнительных питательных средств паровых котлов, свой низкий КПД компенсируют высоким термическим КПД, так как отдаваемая струей теплота идет на подогрев питательной воды, температура которой после инжектора повышается. Несмотря на это, инжекторы нельзя считать пригодными для регулярного питания паровых котлов, так как, по сравнению с питательными насосами и водонагревателями, использующими тепло отработанного пара, инжекторы все же неэкономичны.

На рис. 1.46 показан самовсасывающий инжектор, способный самовосстанавливать работу в случае кратковременного прекращения подачи воды из-за попадания воздуха во всасывающую 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.

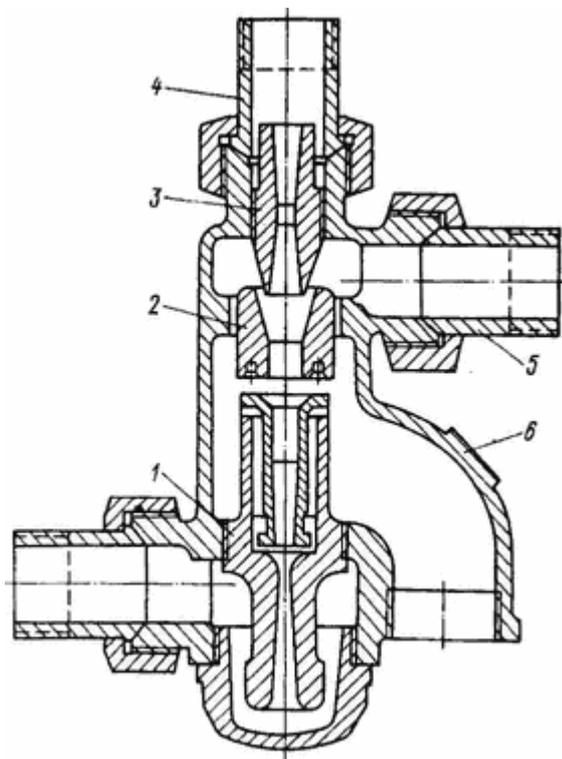


Рисунок 1.46 – Самовсасывающий инжектор

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.

Нормальная работа пароструйных насосов может быть нарушена вследствие понижения давления пара, засорения или неправильной установки сопла, износа внутренней поверхности всех конусов или наличия накипи на их стенках, повышенного подпора подводимой воды, неплотностей вестового клапана и др.

Таким образом, пароструйные насосы весьма чувствительны к качеству сборки и износу своих узлов.

Обслуживание струйных насосов

Для приведения в действие струйного насоса достаточно лишь приготовить трубопроводы системы и подать к соплу рабочую жидкость. Многоступенчатые паровоздушные эжекторы вводят в действие последовательно, начиная с последней ступени, работающей в атмосферу. О нормальной работе ступени и всего эжектора судят по показаниям вакуумметров. Срыв в работе одной из ступеней сжатия приводит к срыву в

работе всего эжектора. Срыв в работе может произойти из-за нарушения режима охлаждения конденсаторов, а чаще из-за засорения сопел окалиной, грязью, отложением солей.

Водоструйные эжекторы системы осушения откачивают воду за борт через невозвратно-управляемые клапаны. При вводе эжектора в работу вместе с рабочей водой в первый период за борт удаляется воздух из всасывающей магистрали, на отливе наблюдается прерывистая струя молочного цвета. В дальнейшем о нормальной работе эжектора судят по положению рычага отливного клапана, который должен находиться в открытом положении и слегка вибрировать. Снижение подачи эжектора может произойти при засорении приемных фильтров (сеток) на всасывающем трубопроводе. У всех струйных насосов снижение подачи и неустойчивая работа (вплоть до срыва) наблюдаются при уменьшении давления рабочей жидкости или при нарушении герметичности всасывающего трубопровода (вследствие подсоса воздуха).

Во время планово-предупредительных осмотров струйных насосов особое внимание необходимо обращать на чистоту внутренней поверхности, состояние и размеры проточной части сопла, а также на его установку по месту, т. е. на центровку и соблюдение указанного в формуляре расстояния от среза сопла до горла диффузора.

При подготовке к пуску пароструйного эжектора подается охлаждающая вода на холодильник эжектора, открывается секущий клапан и продувается паропровод рабочего пара через эжектор. После этого давление пара перед соплом поднимается до нормального и, как только вакуумметр будет показывать нормальную величину вакуума, медленно открывается клапан отсоса воздуха на эжектор. В работу сначала вводится эжектор последней ступени, остальные ступени вводятся по мере надобности.

Во время работы пароструйного эжектора производится наблюдение за нормальностью подачи и температурой воды перед холодильником эжектора, за давлением рабочего пара и величиной вакуума.

При остановке пароструйного эжектора закрывается приемный воздушный клапан, клапан рабочего пара и после достаточного охлаждения холодильника прекращается подача воды на него.

Пуск водоструйного эжектора производится открытием клапана подвода рабочей воды и всасывающего клапана.

Остановка водоструйного эжектора производится закрытием клапанов всасывания и рабочей воды.

При подготовке инжектора к пуску открывается водоприемный клапан и питательный клапан на котле. Затем открывается секущий паровой клапан и медленно переводится рукоятка пускового клапана. Как только из вестовой трубы выйдет весь воздух и покажется вода, пусковой клапан открывается на необходимую величину.

Запускать инжектор следует осторожно, чтобы не обжечься паром, выходящим из вестовой трубы.

Вопросы для самоконтроля:

1. В чём заключается принцип действия вихревых насосов?
2. В каких судовых системах применяются вихревые насосы?
3. Преимущества вихревых насосов?
4. Недостатки вихревых насосов?
5. В чём заключается принцип действия осевых насосов?
6. В каких судовых системах применяются осевые насосы?
7. Преимущества осевых насосов?

8. Недостатки осевых насосов?
9. В чём заключается принцип действия струйных насосов?
10. В каких судовых системах применяются струйные насосы?
11. Преимущества струйных насосов?
12. Недостатки струйных насосов?

1.7 Судовые вентиляторы и компрессоры

Под вентилятором понимается воздуходувная машина, служащая для перемещения воздуха (газа) по воздухопроводам к потребителям.

Вентиляторы классифицируются по ряду основных признаков:

- принцип действия (осевые, центробежные);
- величина коэффициента быстроходности (10 80 – центробежные; 80 500 – осевые);
- величина создаваемого давления (до 1 кПа – низкого; до 3 кПа – среднего; свыше 3 кПа – высокого, в некоторых случаях развиваемое давление может достигать от 4 до 15 кПа);
- расположение вала (горизонтальные, вертикальные).

Устройство центробежных вентиляторов (ЦВ) принципиально не отличается от устройства центробежных насосов (ЦН), однако они имеют более простую конструкцию рабочих колес (РК) и остальной проточной части (рисунок 1.47).

Основными элементами ЦВ являются корпус, рабочее колесо, спиральный отводящий канал, приемный и нагнетательные патрубки.

Лопастей РК могут иметь различную конструктивную форму: загнутые вперед, загнутые назад, радиальные. Количество лопастей РК может составлять от 20 до 60.

Принцип действия ЦВ состоит в следующем: при вращении РК воздух засасывается через приемный патрубок, далее проходит между лопастями от оси к периферии, а затем по спиральному отводящему каналу направляется в нагнетательный патрубок.

Следует отметить, что центробежные вентиляторы большой производительности снабжаются дополнительно воздухонаправляющими аппаратами (ВНА) лопаточного типа для уменьшения закрутки потока перед входом в рабочее колесо (рисунок 1.47)

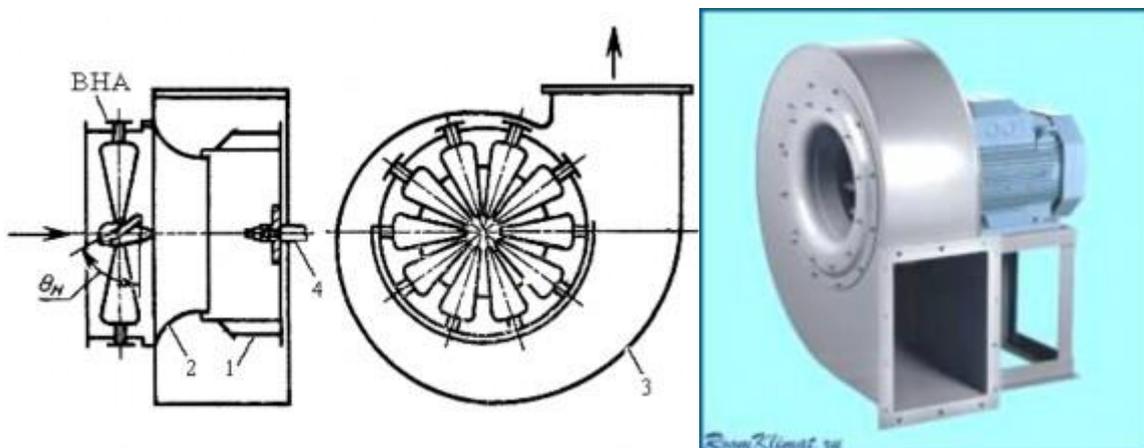


Рисунок 1.47 – Общий вид и конструктивная схема одноколесного центробежного вентилятора:

1 – рабочее колесо; 2 – приемный патрубок; 3 – спиральный отводящий канал;
4 – вал электродвигателя; ВНА – воздухонаправляющий аппарат лопаточного типа

К основным элементам осевых вентиляторов относят воздушно-направляющий аппарат, рабочее колесо, спрямляющий аппарат (рис. 1.48). Воздушнонаправляющий аппарат (ВНА) служит для устранения закручивания потока среды перед входом в рабочее колесо (К). Спрямляющий аппарат (СА) предназначен для раскрутки потока среды, в результате чего значительно повышается создаваемое осевым вентилятором (ОВ) давление.

В осевых вентиляторах движение потока воздуха направлено вдоль оси при последовательном прохождении через воздушнонаправляющий аппарат, рабочее колесо и спрямляющий аппарат. В зависимости от назначения и производительности в ОВ могут отсутствовать отдельные элементы. Различные варианты компоновочной схемы представлены на рис.148. Следует отметить, что в осевых вентиляторах большой производительности рабочее колесо может выполняться с поворотными лопастями.

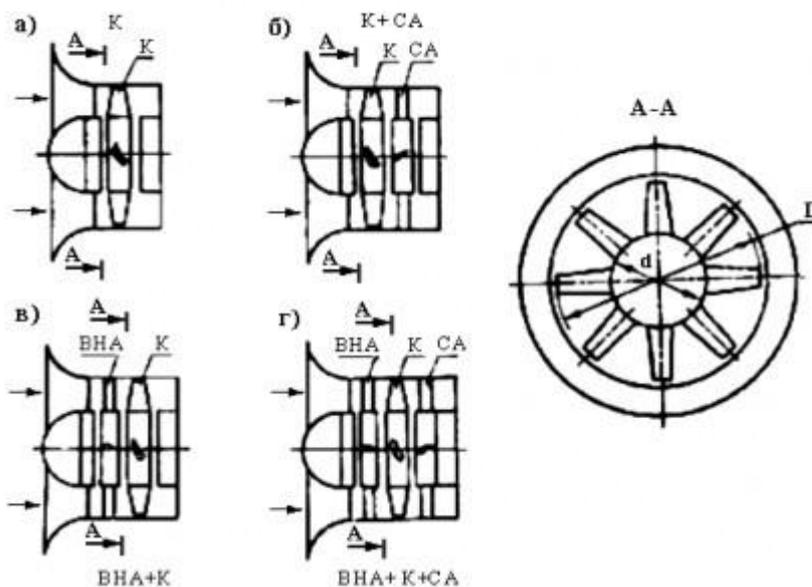


Рисунок 1.48 – Компоновочная схема осевых вентиляторов:

- а) рабочее колесо (К) с обтекателем;
- б) рабочее колесо с обтекателем + спрямляющий аппарат (СА);
- в) обтекатель с воздушнонаправляющим аппаратом (ВНА) + рабочее колесо;
- г) ВНА + К + СА

Осевые вентиляторы подобно осевым насосам являются машинами низкого давления.

В судовой практике чаще всего применяются центробежные вентиляторы. ЦВ, благодаря использованию работы центробежных сил, обеспечивают большие давления по сравнению с осевыми.

Энергетические параметры вентилятора

Вентиляторы создают небольшие давления, поэтому без особых погрешностей можно пренебречь сжимаемостью воздуха при рассмотрении в них рабочих процессов. Это позволяет использовать основные положения теории центробежных и осевых машин.

К основным энергетическим параметрам вентиляторов относят напор H , Дж/кг; подачу Q , м³/с; мощность N , кВт; КПД.

Напором вентилятора называется приращение энергии 1 кг воздуха (газа) при ее прохождении через вентилятор.

Наряду с понятием «напор» для характеристики работы вентиляторов используется понятие «давление», под которым понимается энергия, сообщаемая 1 м^3 перекачиваемого воздуха (газа).

Мощность вентилятора – это энергия, подводимая к вентилятору от приводного двигателя в единицу времени. Часть этой энергии теряется в вентиляторе в виде потерь $N_{\text{пот}}$

$$N = N_{\text{п}} + N_{\text{пот}}$$

Коэффициент полезного действия. Полный КПД вентилятора – это отношение полезной мощности к затраченной

Техническое использование вентиляторов

Вентиляторы, исходя из назначения обслуживаемого объекта на судах, используются:

- в машинно-котельных отделениях;
- в общесудовых системах вентиляции;
- в системах отопления и кондиционирования воздуха.

Вентиляторы котельных установок служат для форсирования тяги (дымососы) и подачи воздуха, необходимого для сжигания топлива в топках котла. В зависимости от типа и теплонапряженности котельной установки требуемый напор вентилятора может изменяться от 0,2 до 1,3 м вод. ст.

Вентиляторы, используемые в качестве вдувных и вытяжных систем вентиляции машинных отделений, создают напор от 0,05 до 0,2 м вод. ст.

Вентиляторы, используемые в системах вентиляции грузовых трюмов, развивают напор в пределах от 0,2 до 0,4 м вод. ст.

Вентиляторы бывают осевые и центробежные (радиальные). В судовых системах наибольшее распространение получили центробежные вентиляторы.

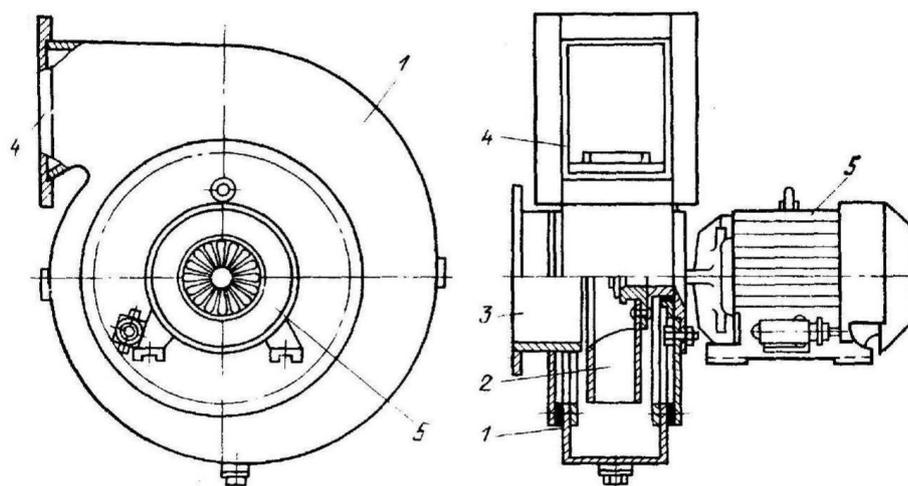


Рисунок 1.49 – Вентилятор центробежный

В металлическом корпусе 1 (кожухе) центробежного электро-вентилятора (рис. 1.49) 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 торцевой 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 $20 \div 60$.

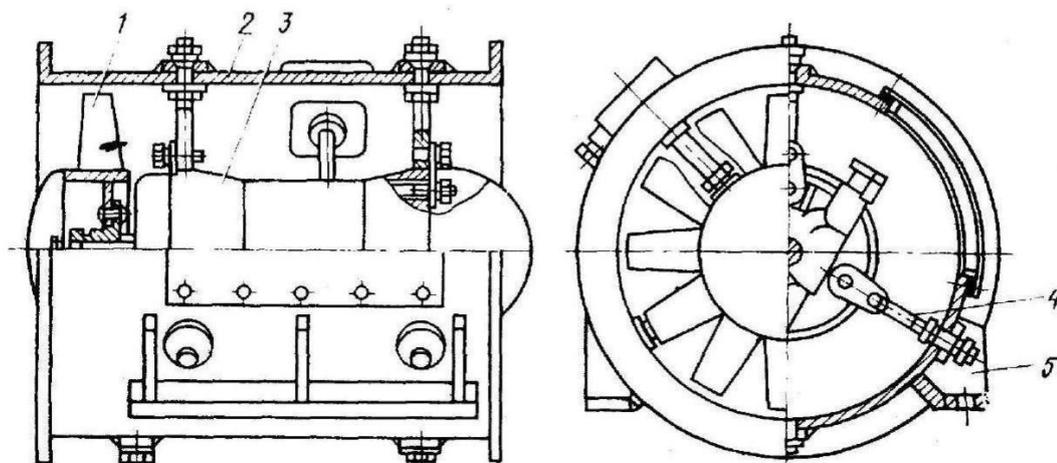


Рисунок 1.50 – Вентилятор осевой

Осевой электровентилятор (рис.1.50) 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. Иногда перед рабочим колесом устанавливают направляющий аппарат, который служит для устранения возможного закручивания потока перед входом в рабочее колесо.

Часто осевые вентиляторы снабжаются спрямляющим аппаратом (рис. 1.51) и состоят из цилиндрического корпуса 3, рабочего колеса 4 и спрямляющего аппарата 5 с лопатками 7, которые закреплены на втулках 6. Воздух входит в вентилятор через подвод 2, в котором установлен обтекатель 1. Стрелка у вала указывает направление вращения рабочего колеса.

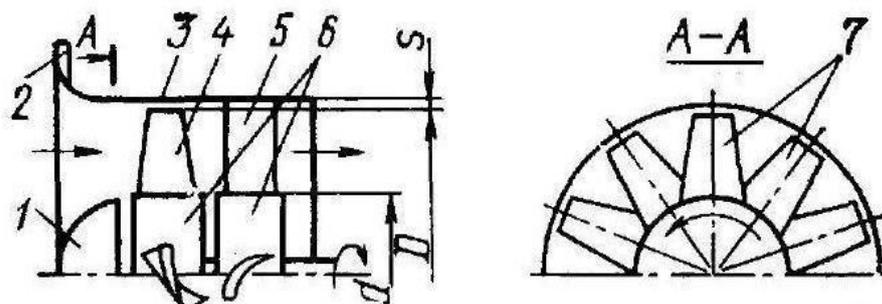


Рисунок 1.51 – Принципиальная схема осевого вентилятора

Спрямяющий аппарат применяют в том случае, когда относительное значение скорости закручивания велико. Это позволяет значительно повысить давление, создаваемое вентилятором.

Различают аэродинамические и акустические характеристики вентиляторов.

Аэродинамические характеристики вентилятора представляют собой графические зависимости давления, мощности и КПД его от подачи. Вид характеристики зависит от типа вентилятора. Характеристики строят по результатам аэродинамических испытаний вентилятора.

Акустические характеристики оценивают шум и вибрацию вентилятора при нормальной его работе. Шум вентиляторов имеет главным образом аэродинамическое происхождение и для его уменьшения используют различные средства, а именно: хорошо балансируют ротор, изготавливают спиральную камеру без языка, устанавливают вентиляторы на амортизаторах, применяют глушители шума и др.

При подготовке вентилятора к пуску необходимо осмотреть весь агрегат снаружи, убрать посторонние предметы, оставленные на нем, проверить крепеж и подсоединения трубопроводов; подготовить к пуску электродвигатель. 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.

Компрессоры

Компрессоры являются нагнетателями, обеспечивающими различные судовые нужды сжатым воздухом или газом. Они осуществляют аккумуляцию энергии в форме сжатого воздуха или газа.

Судовые воздушные компрессоры необходимы для обеспечения потребителей СЭУ и в целом судна сжатым воздухом различного давления и расхода.

Наиболее распространены на судах поршневые одноступенчатые и многоступенчатые компрессоры, которые используют для получения сжатого воздуха, для пуска дизелей (давлением 30 бар), и низкого давления для обеспечения работы пневматических систем управления (давление до 10 бар), а также для сжатия паров хладагентов в рефрижераторных установках.

Судовые компрессоры классифицируют по принципу действия, степени повышения давления, назначению, конструктивным признакам, типу приводного механизма.

По принципу действия судовые компрессоры делят на объемные и лопаточные.

Объемными называют компрессоры, повышение газа которых осуществляется за счет уменьшения объема замкнутого пространства, заполненного газом. Газ в объемных компрессорах сжимается поршнем и в сжатом виде поступает к потребителю.

Лопаточными называют компрессоры, повышение давления газа в которых осуществляется за счет использования сил инерции потока газа, приведенного в движение вращающимся лопаточным устройством (ротором). Механическая энергия ротора лопаточного компрессора преобразуется частично непосредственно в потенциальную энергию газа (давление), а частично — в кинематическую. Кинематическая энергия также переходит в потенциальную при торможении потока газа за компрессором.

Основные потребители следующие:

- пусковой воздух для главных двигателей (ГД) и дизельгенераторов (2,5-3,0 МПа), аварийного дизельгенератора (7,0 МПа);
- ДАУ главного двигателя;
- система автоматического управления и контроля;
- пневмомуфты подключения СОД к редуктору;
- ВРШ (управление заданием);
- масляные фильтры ГД (продувание без разборки на ходу судна);
- продувание кингстонов;
- отключение ТНВД ГД на ходу (любого цилиндра);
- выпускные клапаны ГД;
- зарядка аквалангов (15,0-20,0 МПа);
- пусковые баллоны пеногенераторов противопожарной системы;
- хознужды (пневмоинструмент и прочее);

Судовые компрессоры можно классифицировать по следующим признакам:

Конструктивные особенности и характеристики:

- поршневые, центробежные, винтовые, осевые;
- приводы от электродвигателя, дизельного двигателя, от главного двигателя;

Соединение с приводом муфтовое или техстропами;

- по давлению: 0,8-1,2 МПа, до 3,5 МПа, до 6,5-7,5 МПа и выше;
- по оборотам приводного двигателя: от 585 до 1750 мин⁻¹;
- по ступеням сжатия: 1-но ступенчатые, 2-х ступенчатые и 3-х ступенчатые.

В свою очередь, 2-х ступенчатые поршневые ЭКП бывают одностороннего и двухстороннего действия;

- по количеству цилиндров на ступень: один цилиндр с одним поршнем и одним воздухоохладителем; один цилиндр с поршнем 2-х и 3-х диаметров, а также с двумя и тремя воздухоохладителями; два цилиндра раздельно, один первой ступени и один второй ступени;

- по виду охлаждения цилиндров, крышек и воздухоохладителей: водой заборной, пресной от общей системы охлаждения СЭУ, воздухом от вентилятора, приводимого от вала компрессора;
- по производительности ($\text{м}^3/\text{час}$) одного цилиндра (или одной пары цилиндров, если 1-ая и 2-ая ступень в двух цилиндрах) в зависимости от оборотов приводного двигателя, размеров цилиндра и конечного давления: до 0,8 МПа - $20 \div 480$ (м^3), до 3,0 МПа - 440 (м^3), до 6,0 МПа - 130 (м^3) свободного воздуха; производительность 3-х ступенчатого компрессора главного двигателя с компрессорным распылом - около 250 ($\text{м}^3/\text{час}$) на 1000 л.с. мощности при конечном давлении 6,5...7,0 МПа.

По назначению компрессоры подразделяются:

- Центробежные компрессоры с приводом от турбины выхлопных газов ГД для продувки и наддува ГД;
- Осевые компрессоры для управления антикреновыми системами на судах с рампой (аппарелью), судах Ро-Ро, многоцелевых судах и судах с тяжеловесной стрелой грузоподъемностью 150, 280 и более тонн. При таком управлении антикреновой системой в любых условиях крен практически не заметен в отличие от систем с управлением вихревыми реверсивными насосами большой мощности (до 14160 л/мин);
- ЭКП пускового воздуха на судах с ВФШ. Они, как правило, бывают поршневые 2-х ступенчатые до 3,5 МПа (от 3-х до 7-ми цилиндров), с цилиндровой подачей $75 \text{ м}^3/\text{час}$ и больше. Обычно устанавливают 2 воздухохранителя по 10000 литров каждый;
- ЭКП для работы системы автоматики. Бывают 2-х и 3-х цилиндровые компрессоры с выходным давлением 1,2 МПа и более;
- ЭКП аварийный, обычно 1-цилиндровый. Его электропривод запитывается от АДГ. На некоторых судах АДГ запускается не только от аккумуляторов, но дополнительно от взрывного заряда или от специального небольшого баллона пускового воздуха с давлением 7,0 МПа. Для зарядки такого баллона имеется специальный компрессор;
- 4-х ступенчатый V-образный компрессор высокого давления для заправки аквалангов (через керамический фильтр) давлением до 40,0 МПа.

На судах мирового флота применяются воздушные компрессоры различных фирм. 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 $250\text{-}280^\circ\text{C}$, а при сжатии воздуха до 0,8 МПа его температура достигает $170\text{-}220^\circ\text{C}$. 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 воздухохранители (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.

Для привода компрессора применяют электродвигатели (электрокомпрессоры) и двигатели внутреннего сгорания (дизель-компрессоры), причем, согласно Правилам, на судах с неограниченным районом плавания должно быть не менее двух компрессоров.

Допускается применять в качестве резервного компрессор с приводом от главного дизеля. На небольших судах возможно применение ручных резервных компрессоров. Ряд требований к системе сжатого воздуха: запас воздуха в воздухохранителях должен обеспечить без подкачки двенадцать реверсов с последующими пусками главных реверсивных дизелей; если главные двигатели неревверсивны, то запас воздуха должен быть достаточным для шести пусков всех главных дизелей; производительность основного компрессора должна обеспечивать заполнение всех воздухохранителей пускового воздуха от давления 5 бар до рабочего в течение одного часа.

В зависимости от расположения ступеней компрессоры бывают последовательного сжатия—тандем и дифференциальные.

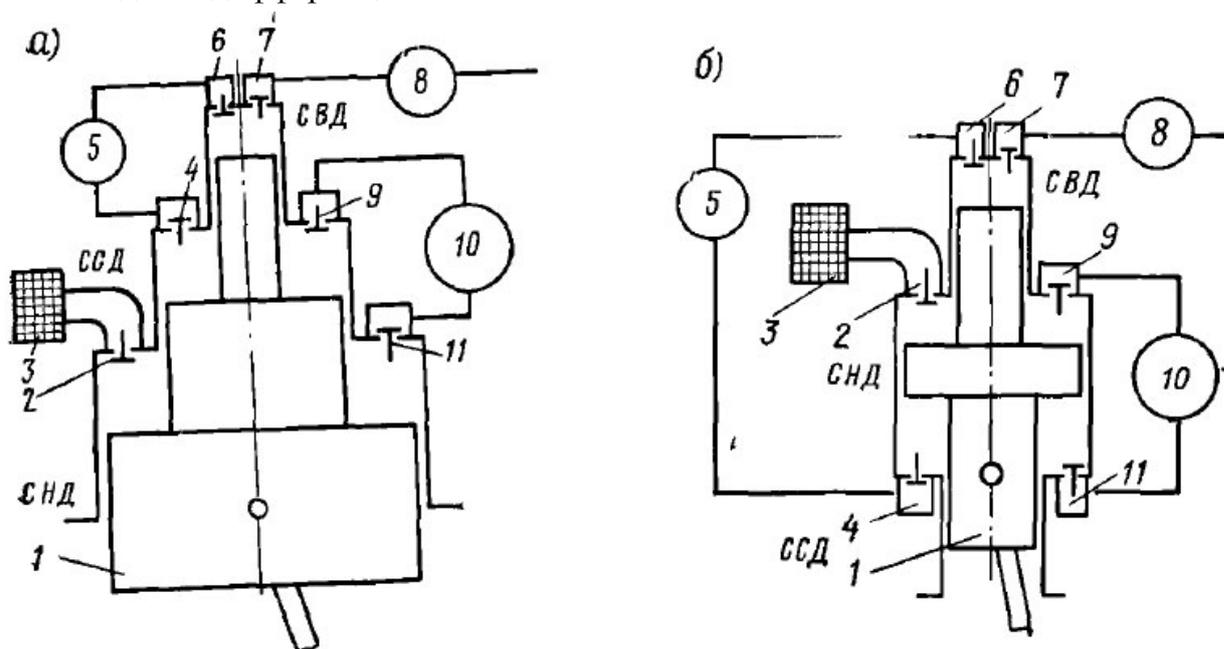


Рисунок 1.52 – Схемы трёхступенчатых компрессоров сжатого воздуха:
а- тандема, б- дифференциального

На рисунке 1.52 представлены схемы трехступенчатых компрессоров типа тандем (а) и дифференциального (б). У компрессора типа тандем при движении поршня 1 вниз воздух из машинного отделения через фильтр 3 и всасывающий клапан 2 попадает в ступень низкого давления (СНД); при движении поршня вверх воздух из СНД через нагнетательный клапан 11 переходит в холодильник СНД; далее, при движении поршня вниз воздух из холодильника СНД 10 и клапан 9 переходит в ступень среднего давления (ССД). При последующем поступательном движении поршня вверх воздух из ССД через нагнетательный клапан 4 переходит в холодильник ССД 5; при движении поршня вниз воздух из холодильника ССД 5 переходит через клапана 6 в ступень высокого давления СВД, при поступательном ходе поршня вверх воздух через нагнетательный клапан 7 из СВД через холодильник 8 поступает в воздухохранители.

У дифференциального компрессора (рис. 51, б) СНД размещена между СВД и ССД. Поэтому при движении поршня вверх воздух из СНД через холодильник 10 и клапан 11 переходит в ССД, а при движении поршня вниз – из ССД через холодильник 5 – в СВД и отсюда, при сжатии, через холодильник 8 – в воздухохранители. После холодильников каждой ступени устанавливают специальные сепараторы – масловодоотделители.

Сравнивая компрессоры двух типов, можно сделать следующие выводы:
- у компрессора типа тандем сжатие во всех цилиндрах происходит одновременно, что

увеличивает нагрузки на коленчатый вал и вызывает необходимость устанавливать более мощный приводной двигатель;

- у дифференциального компрессора при движении поршня вверх воздух сжимается в СНД и СВД, а при движении поршня вниз — в ССД, что уменьшает разность знакопеременных нагрузок, действующих на коленчатый вал компрессора;

- при поступательном ходе поршня вниз у компрессора тандем в СНД давление ниже атмосферного и частицы масла вместе с воздухом поступают из картера через зазоры в компрессионных кольцах в цилиндр, что увеличивает расход масла и загрязняет сжатый воздух; у дифференциального компрессора этот недостаток отсутствует, так как в нижней части размещается ССД;

- у дифференциальных компрессоров СНД и ССД размещаются в одной полости, что позволяет уменьшать габариты и массу компрессора;

- у компрессоров типа тандем сжатый воздух поступает во все холодильники одновременно и находится там до всасывающего хода поршня, вследствие этого холодильники работают в более тяжелых условиях, чем у дифференциальных компрессоров.

К недостаткам дифференциальных компрессоров следует отнести сложность регулировки вредного пространства в ССД. (Вредным называется пространство, заключенное между поршнем, когда он находится в в. м. т. и крышкой цилиндра, а для ступени СД дифференциального компрессора — между крышкой и поршнем, когда он находится в н. м. т. Воздух, который остается в этом пространстве, расширяется при всасывающем ходе поршня и отдалает момент открытия впускных клапанов, поэтому объем вредного пространства должен быть возможно минимальным.) Вредное пространство регулируют: у компрессоров тандем, а также в СНД и в СВД у дифференциальных компрессоров — изменением толщины прокладок между пяткой шатуна и мотылем подшипников, в ССД дифференциальных компрессоров — изменением высоты поршня или толщины прокладок между цилиндром и цилиндровой крышкой. Для улучшения условий работы приводного электродвигателя, а также для сглаживания других недостатков в последнее время получили распространение спаренные компрессоры типа тандем: от одного коленчатого вала работают параллельно два двухступенчатых цилиндра, причем, когда в одном из цилиндров происходит сжатие воздуха в ступенях, в другом — впуск воздуха, и наоборот.

Конструкция такого компрессора марки 20К-1 показана на рис. 52. Все детали и узлы компрессора смонтированы на чугунной станине 13; в нижней части в специальных фланцах-крышках 10 и 25 смонтированы рамовые подшипники, в которых уложен коленчатый вал 11; на торце коленчатого вала насажен приводной шкив-маховик 24 (привод от электродвигателя осуществляется при помощи техстропной передачи). С двумя мотылевыми подшипниками коленчатого вала при помощи шатунов связаны два двухступенчатых поршня 21. Зарубашечное пространство образуется между втулками 14 и станиной 13 и уплотняется резиновыми кольцами 22. Закрываются цилиндры первой ступени крышками 16, которые одновременно служат цилиндрами вторых ступеней; вторые ступени закрыты крышками 20.

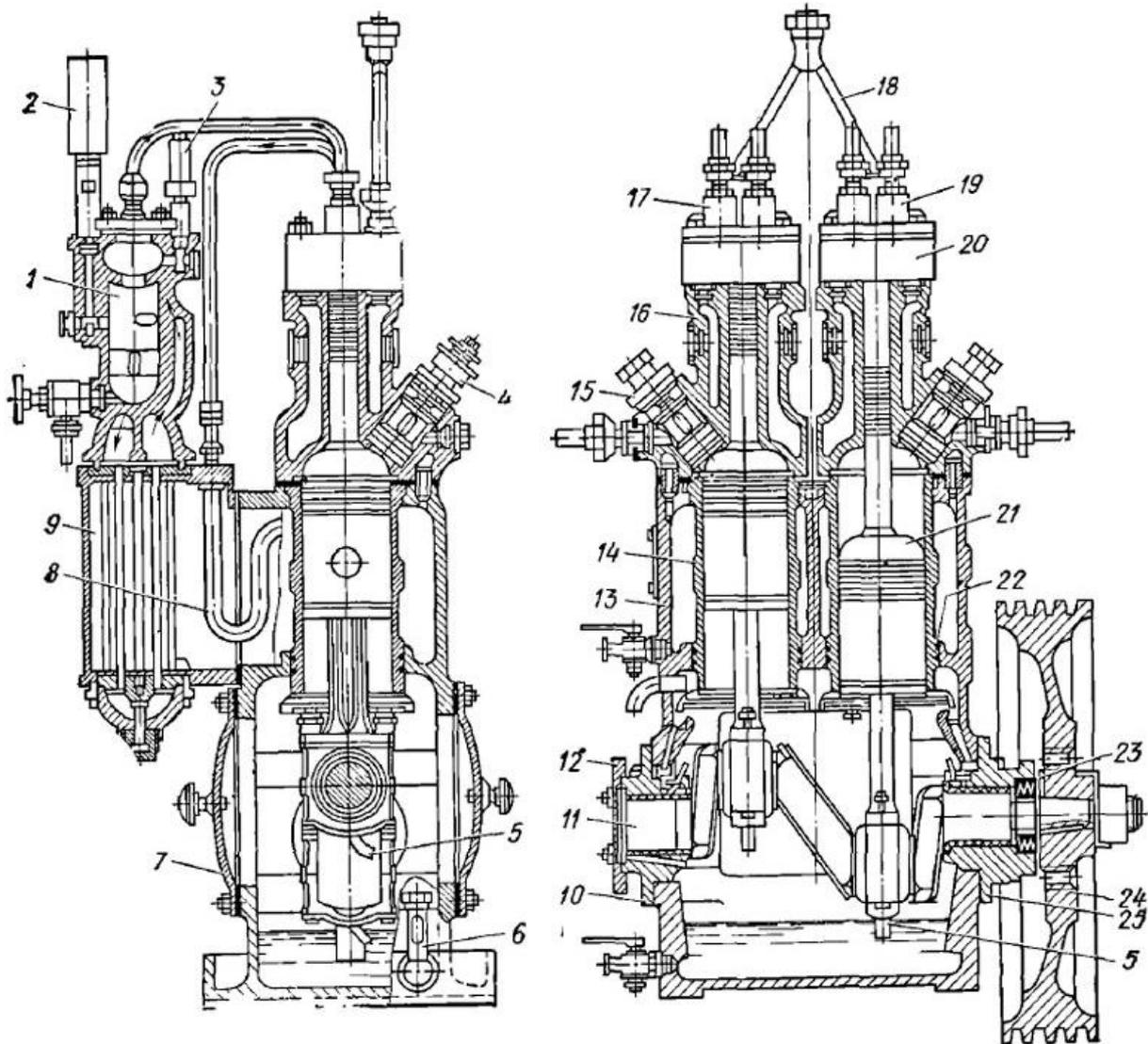


Рисунок 1.53 – Конструкция двухступенчатого сдвоенного компрессора 20К-1

При работе компрессора воздух из машинного отделения через всасывающий клапан 4 поступает в первую ступень, из нее через нагнетательный клапан 15 попадает в трубчатый холодильник 9, проходит через сепаратор 1, всасывающий клапан 17 во вторую ступень, откуда после сжатия через нагнетательный клапан 19 поступает в змеевиковый холодильник 8 и в воздухохранители.

Уровень масла в картере контролируют по маслоуказателю 6. Трущиеся детали смазывают разбрызгиванием масла черпаками 5, закрепленными к нижним крышкам мотылевых подшипников.

Избыточное масло со стенок цилиндрической втулки первой ступени снимается маслосъемными кольцами, установленными в нижней части поршней. Выброс масла из картера предупреждают маслоотбойные кольца 23. Для монтажа мотылевых подшипников предусмотрены специальные люки с крышками 7.

Компрессор может охлаждаться как пресной, так и забортной водой, причем охлаждение может быть как от общей системы, так и «своим» насосом. При индивидуальном охлаждении вместо крышки 12 к торцу коленчатого вала крепят специальный водяной насос, который подает воду в зарубашечное пространство компрессора; отвод воды осуществляется через отводной трубопровод 18. Давление воздуха в первой ступени контролируют манометром 2, сброс избыточного давления

осуществляет предохранительный клапан 3. Кроме того, каждая ступень имеет предохранительный клапан, который ежегодно осматривается и пломбируется.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое «вентилятор»?
2. По каким основным признакам классифицируются вентиляторы?
3. Принцип действия центробежных вентиляторов?
4. Принцип действия осевых вентиляторов?
5. Назовите основные энергетические параметры вентилятора?
6. Мероприятия подготовки вентилятора к пуску?
7. Как производится регулирование вентиляторов?
8. Меры предосторожности при технической эксплуатации вентиляторов?
9. Что называют «компрессором»?
10. Принцип работы объёмных компрессоров?
11. Принцип работы лопаточных компрессоров?
12. Назовите судовые потребители сжатого воздуха.
13. Назовите конструктивные особенности и характеристики компрессоров.
14. Изобразите схемы трёхступенчатых компрессоров сжатого воздуха.
15. Как производится смазывание деталей компрессора?

2 Тема 2. СУДОВОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

2.1 Гидравлический привод

Гидравлический привод объемного типа нашел широкое применение во многих областях техники, в том числе и судостроении. Первые попытки использования гидропривода в судостроении относятся к 1840 г., когда на одном из английских судов были установлены якорно-швартовные шпильки с нерегулируемым гидравлическим приводом. Гидравлический привод работал при давлении 52 кг/см^2 . Рабочей жидкостью служила вода.

В 1885 г. Ригг внес изменения в конструкцию привода шпиля, применив регулируемый гидромотор. Это усовершенствование позволило на малых нагрузках работать более экономично.

В дальнейшем наблюдается очень быстрое развитие конструкций гидравлических приводов различных типов и назначений. В качестве рабочей жидкости стало применяться минеральное масло.

В настоящее время гидравлический привод широко применяется на судах в рулевых и грузоподъемных устройствах, успокоителях качки, для привода палубных механизмов различного назначения, водонепроницаемых и противопожарных перекрытий и во многих устройствах другого назначения. За последние годы гидропривод объемного типа нашел применение в гребных установках. Мощность отдельных судовых гидроприводов достигла 250–500 кет и более. Коэффициент полезного действия гидромашин в широком диапазоне нагрузок превысил 90%, а их удельный вес снизился до 1—2 кг/квт. Моторесурс судовых гидроприводов достиг 10 000—40 000 час.

Высокое совершенство современных гидроприводов позволяет им успешно конкурировать со всеми типами приводов, в том числе электроприводами.

Изыскания в области наиболее целесообразного использования гидравлического привода в судостроении привели к созданию систем гидравлики, объединяющих все судовые гидроприводы в единый комплекс с централизованными насосными установками, имеющими привод непосредственно от первичных двигателей (главных или вспомогательных дизелей, ГТУ).

С расширением объема гидрофикации судов подобные системы приобретают качества гидроэнергетических систем, существенно сокращающих, а на малых судах полностью исключаящих электроэнергетические судовые системы.

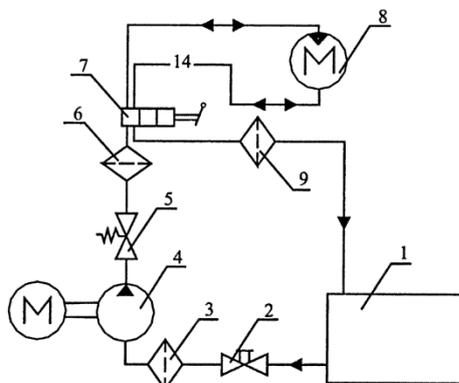


Рисунок 2.1 – Схема классической гидравлической системы

1 — гидравлический бак; 2 — клапан запорный; 3 — фильтр; 4 — насос с электроприводом постоянной производительности и постоянным направлением потока жидкости; 5 — предохранительный клапан; 6 — фильтр; 7 — гидрораспределитель с местным ручным управлением рукояткой; 8 — гидродвигатель; 9 — фильтр.

По конструктивному исполнению насос и гидродвигатель могут быть радиально- и аксиально-поршневые, пластинчатые, шестеренные и винтовые.

На судах промышленного и морского флотов гидравлическую систему применяют для привода и управления рулевых машин, успокоителей качки, ВРШ, для грузовых, буксирных и ваерных лебёдок, брашпильей и шпилей, механизмов люковых закрытий, аппарелей и гидроподъёмников.

В период эксплуатации гидравлической системы необходимо проводить ТО в следующем объёме:

- очищать фильтры после 50, 100 и 500 часов работы. Если в фильтрах обнаружена металлическая стружка, необходимо чаще их проверять. При повторном появлении металлической стружки необходимо выявить источник её образования и устранить неисправности;

- следить за утечками масла через уплотнения и соединения труб гидравлической системы. В случае появления утечек через уплотнения или соединения их необходимо заменять (в соединении следует сменить прокладки). При этом надо помнить, что замена уплотнений и прокладок, а также подтягивание соединений под давлением запрещается;

- периодически проверять уровень жидкости в баке. В случае снижения его пополнять бак до рабочего уровня;

- один раз в 3 месяца необходимо контролировать качество рабочей жидкости. Самый простой метод контроля — с помощью картотеки стёкол — на стеклянные пластинки помещают осадок после фильтров, а с обратной стороны крепят бирку с числом и месяцем взятия пробы. Пластинки хранят в специальном ящике. Набор пластинок позволяет визуально следить за состоянием рабочей жидкости. Стёкла можно заменить лабораторными мензурками;

- заменять рабочую жидкость через 2 тыс. часов работы, или раз в два года. При замене жидкости чистят гидробак и промывают трубопроводы.

Необходимо обращать внимание на то, чтобы пространство над нормальным уровнем масла было тщательно промыто и протравлено, поскольку оно особенно подвержено процессу ржавления и загрязнения. После чистки внутренняя полость танка должна быть обработана маслоупорной краской типа герметика GE Dlyptol Red, которую применяют согласно инструкций изготовителя.

Поддерживать систему в чистоте. Грязь является самой частой причиной отказов в системе.

Классификация гидроприводов

Судовые гидроприводы можно различать по следующим признакам.

В зависимости от давления: низкого давления - до 3 мПа, среднего давления - до 10 мПа и высокого - свыше 10 мПа;

По способу регулирования:

- нерегулируемые, с дроссельным регулированием, регулируемые изменением подачи насоса или расхода гидродвигателя;

- по первичному источнику энергии: электрогидравлические, дизель-гидравлические;

- по конструктивному исполнению насоса и гидродвигателя: радиально- и аксиально-поршневые, пластинчатые, шестеренные, винтовые;

- по частоте вращения вала насоса и гидродвигателя: высокооборотные, малооборотные; по моменту на валу насоса или гидродвигателя: низкомоментные, высокомоментные.

По возможности регулирования:

Если скорость выходного звена (гидроцилиндра, гидромотора) регулируется изменением частоты вращения двигателя, приводящего в работу насос, то гидропривод считается нерегулируемым.

Регулируемый гидропривод, в котором в процессе его эксплуатации скорость выходного звена гидродвигателя можно изменять по требуемому закону. В свою очередь регулирование может быть:

- а) дроссельным
- б) объёмным
- в) объёмно-дроссельным.

Регулирование может быть: ручным или автоматическим.

В зависимости от задач регулирования гидропривод может быть:

- а) стабилизированным
- б) программным
- в) следящим (гидроусилители).

Саморегулируемый гидропривод - автоматически изменяет подачу жидкости по фактической потребности гидросистемы в режиме реального времени (без фазового сдвига).

По схеме циркуляции рабочей жидкости:

- Гидропривод с замкнутой схемой циркуляции, в котором рабочая жидкость от гидродвигателя возвращается во всасывающую гидролинию насоса.

- Гидропривод с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости компактен, имеет небольшую массу и допускает большую частоту вращения ротора насоса без опасности возникновения кавитации, поскольку в такой системе во всасывающей линии давление всегда превышает атмосферное. К недостаткам следует отнести плохие условия для охлаждения рабочей жидкости, а также необходимость спускать из гидросистемы рабочую жидкость при замене или ремонте гидроаппаратуры.

Широкое распространение гидропривода объясняется тем, что этот привод обладает рядом преимуществ перед другими видами приводов машин. Вот основные из них:

1. Бесступенчатое регулирование скорости движения выходного звена гидропередачи и обеспечение малых устойчивых скоростей. Минимальная угловая скорость вращения вала гидромотора может составлять 2...3 об/мин.

2. Небольшие габариты и масса. Время разгона, благодаря меньшему моменту инерции вращающихся частей не превышает долей секунды в отличие от электродвигателей, у которых время разгона может составлять несколько секунд.

3. Частое реверсирование движения выходного звена гидропередачи. Например, частота реверсирования вала гидромотора может быть доведена до 500, а штока поршня гидроцилиндра даже до 1000 реверсов в минуту. В этом отношении гидропривод уступает лишь пневматическим инструментам, у которых число реверсов может достигать 1500 в минуту.

4. Большое быстродействие и наибольшая механическая и скоростная жесткость. Механическая жесткость - величина относительного позиционного изменения положения выходного звена под воздействием изменяющейся внешней нагрузки. Скоростная жесткость - относительное изменение скорости выходного звена при изменении приложенной к нему нагрузки.

5. Автоматическая защита гидросистем от вредного воздействия перегрузок благодаря наличию предохранительных клапанов.

6. Хорошие условия смазки трущихся деталей и элементов гидроаппаратов, что обеспечивает их надежность и долговечность. Так, например, при правильной эксплуатации насосов и гидромоторов срок их службы доведен в настоящее время до 5...10 тыс. ч работы под нагрузкой. Гидроаппаратура может не ремонтироваться в течение долгого времени (до 10...15 лет).

7. Простота преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное и возвратно-поворотные без применения каких-либо механических передач, подверженных износу. Говоря о преимуществах гидропривода, следует отметить простоту автоматизации работы гидрофицированных механизмов, возможность автоматического изменения их режимов работы по заданной программе.

Недостатки:

1. Изменение вязкости применяемых жидкостей от температуры, что приводит к изменению рабочих характеристик гидропривода и создает дополнительные трудности при эксплуатации гидроприводов (особенно при отрицательных температурах).

2. Утечки жидкости из гидросистем, которые снижают КПД привода, вызывают неравномерность движения выходного звена гидропередачи,

затрудняют достижение устойчивой скорости движения рабочего органа при малых скоростях.

3. Необходимость изготовления многих элементов гидропривода по высокому классу точности для достижения малых зазоров между подвижными и неподвижными деталями, что усложняет конструкцию и повышает стоимость их изготовления.

4. Взрыво- и огнеопасность применяемых минеральных рабочих жидкостей.

5. Невозможность передачи энергии на большие расстояния из-за больших потерь на преодоление гидравлических сопротивлений и резкое снижение при этом КПД гидросистемы.

Со многими из этих недостатков можно бороться. Например, стабильность вязкости при изменении температуры достигается применением синтетических рабочих жидкостей. Окончательный выбор типа привода устанавливается при проектировании машин по результатам технико-экономических расчетов с учетом условий работы этих машин. Гидропривод, тем не менее, имеет преимущества по сравнению с другими типами приводов там, где требуется создание значительной мощности, быстроедействие, позиционная точность исполнительных механизмов, компактность, малая масса, высокая надежность работы и разветвленность привода.

Устройства управления

Устройства управления предназначены для управления потоком или другими устройствами гидропривода. При этом под управлением потоком понимается изменение или поддержание на определенном уровне давления и расхода в гидросистеме, а также изменение направления движения потока рабочей жидкости.

К устройствам управления относятся:

- гидрораспределители, служащие для изменения направления движения потока рабочей жидкости, обеспечения требуемой последовательности включения в работу гидродвигателей, реверсирования движения их выходных звеньев и т.д.;

- регуляторы давления (предохранительный, редуцирующий, переливной и другие клапаны), предназначенные для регулирования давления рабочей жидкости в гидросистеме;

- регуляторы расхода (делители и сумматоры потоков, дроссели и регуляторы потока, направляющие клапаны), с помощью которых управляют потоком рабочей жидкости;

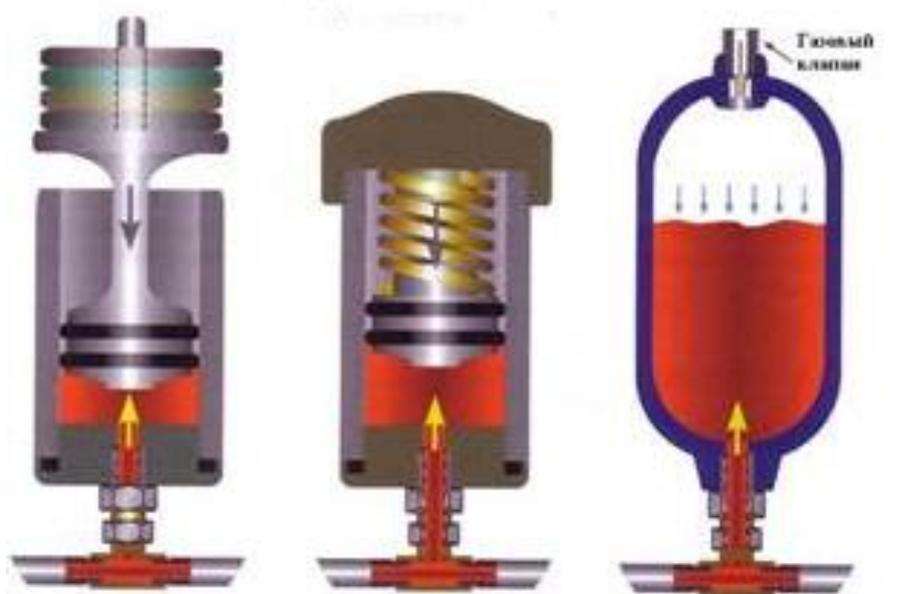
- гидравлические усилители, необходимые для управления работой насосов, гидродвигателей или других устройств управления посредством рабочей жидкости с одновременным усилением мощности сигнала управления.

Вспомогательные устройства обеспечивают надежную работу всех элементов гидропривода. К ним относятся: кондиционеры рабочей жидкости (фильтры, теплообменные аппараты и др.); уплотнители, обеспечивающие герметизацию гидросистемы;

- гидравлические реле давления;

- гидроемкости (гидробаки и гидроаккумуляторы рабочей жидкости) и др.

Состав вспомогательных устройств устанавливают исходя из назначения гидропривода и условий, в которых он эксплуатируется.



Грузовой

Пружинный

Газовый

Рисунок 2.2 – Типы аккумуляторов

Гидравлические аккумуляторы (рис. 2.2) - это устройства для накопления энергии во время пауз в потреблении ее агрегатами гидросистем. Применение гидравлических аккумуляторов позволяет понизить мощность насосов или обеспечить в гидравлических системах питание отдельных контуров эпизодического действия (например, контур сервоуправления гидрораспределителями или насосами). Поскольку энергия, накопленная в гидравлических аккумуляторах, может быть использована (отдана) очень быстро, они кратковременно могут развивать большую мощность, т.е. использоваться как дополнительный, а иногда, и основной источник питания гидродвигателей. Гидроаккумуляторы эффективно гасят скачки давления (гидроудары) и обеспечивают положительную динамику (плавную работу) гидросистем.

Требования, предъявляемые к судовому объемному гидравлическому приводу

Судовой гидравлический привод выполняется с соблюдением некоторых требований, которые связаны с развитием машиностроения и которые характерны для транспортных средств.

Приведем основные требования:

- гидропривод должен комплектоваться из унифицированного оборудования;
- оборудование должно иметь необходимый срок службы;
- элементы гидропривода должны соответствовать условиям эксплуатации;
- гидропривод должен нормально работать в условиях судовой вибрации;
- соответствие массо-габаритных характеристик гидропривода и характеристик оборудования на морских судах;
- шумность не должна превышать санитарных норм;
- высокий КПД гидропривода.

К условиям эксплуатации гидропривода относятся следующие условия работы:

- при длительном крене до 15 градусов;
- при бортовой качке до 22,5 градусов;
- при длительном дифференте до 5 градусов;
- при килевой качке до 7,5 градусов;
- при температуре от 8 до 45°С и влажности до 95% в закрытых помещениях;
- при температуре от -40 до +45°С и температуре забортной воды равной 32 °С, а также воздействию прямого солнечного излучения +75°С вне помещений.

К основным показателям надежности гидрооборудования относятся долговечность, безотказность, ремонтпригодность и сохраняемость. На основе этих показателей осуществляется планирование технического обслуживания гидрооборудования, находящегося в эксплуатации.

Показателем долговечности оборудования является 90% ресурс, то есть работа оборудования в часах, в течении которой 90% изделий не достигают предельного состояния.

Показателем безотказности называют 90% наработку до отказа. За отказ принимается нарушение работоспособности, которое устраняется ремонтом.

Ремонтпригодность - свойство, заключающееся в приспособленности к обнаружению и предупреждению причин отказов и устранению их при техническом обслуживании и ремонтах.

Показатель сохранности - средний срок сохранности. В качестве среднего срока сохранности принято статистическое значение сроков хранения изделий в оговоренных условиях, после которого допускается уменьшение показателя безотказности на 10%.

Различают три состояния гидропривода: работоспособное, исправное и неисправное.

Работоспособность - это состояние гидропривода, при котором он выполняет все свои параметры и функции. Нарушение работоспособности гидропривода характеризуется отказами. Они бывают контролируемые, неконтролируемые, параметрические и функциональные. По причине возникновения отказы разделяются на конструкционные, производственные и эксплуатационные.

Исправность - это состояние гидропривода, при котором он выполняет все требования, указанные в технической документации.

Неисправность - это состояние гидропривода, при котором он не выполняет хотя бы одно из требований, указанных в технической документации.

Характеристикой исправности и работоспособности гидропривода является его срок службы - это календарная продолжительность эксплуатации до наступления предельного состояния.

Также гидропривод имеет свой ресурс - наработку до наступления предельного состояния.

Характеристика отказов гидроприводов

Отказ - это событие, заключающееся в нарушении работоспособности гидропривода.

Отказы различают по причине возникновения, по степени потери работоспособности и по развитию во времени.

По причине возникновения отказы различают конструкционные, производственные и эксплуатационные.

По степени потери работоспособности - частичные 90% и полные (опасные и безопасные) 10%.

По развитию во времени - внезапные (устойчивые 98% или перемещающиеся) 50% и постепенные (прогнозируемые и непрогнозируемые 80%) 50%.

По основным видам отказов гидроприводов доли распределяются следующим образом:

- внешняя негерметичность 42%;
- несоответствие параметров 16%;
- отсутствие функционирования 13%;
- нарушение динамической устойчивости 12%;
- конструктивные разрушения либо повреждения 10%;
- повышение протечек 4%;
- повреждение фильтров 3%.

Типы прецизионных пар и их технические условия надежности.

Надежность гидравлических машин определяется в первую очередь надежностью прецизионных пар. Различают прецизионные золотниковые пары распределительной, регулирующей аппаратуры и плунжерные прецизионные пары силовых элементов гидравлических машин.

К основным техническим условиям, которые предъявляются к золотниковым и плунжерным парам, относятся:

- параметры удовлетворительной работы: допустимые силы трения, величины зазоров;
- ресурс;
- условия работы: вид перемещений, характер приложения нагрузки, условия смазки;
- особенности условий эксплуатации;
- определение отказа, например, повышение трения, заклинивание, увеличение протечек.

Из этого следует, что определителями удовлетворительной работы золотниковых и плунжерных пар являются стабильность трения, размеров деталей и протечек через зазоры.

Отказы различают внезапные и постепенные. Внезапные отказы золотниковых и плунжерных пар возникают при повышении трения. Постепенные - являются результатом изнашивания поверхностей деталей.

Причины отказов прецизионных пар и способы их предотвращения

Причины отказов золотниковых прецизионных пар:

- а) заклинивание твердыми частицами, которые превышают диаметральный зазор;
- б) заклинивание неуравновешенной гидростатической силой при облитерации зазора асфальто-смолистыми и твердыми частицами.

Отказы золотниковых пар порождаются либо периодически неподвижным состоянием золотника, либо загрязнением жидкости твердыми частицами и асфальто-смолистыми образованиями.

Существует три способа предотвращения отказов золотниковых пар:

- 1) постоянное перемещение золотника (достаточно вибрации);
- 2) правильные геометрические формы (без скосов и прорезей);
- 3) улучшение фильтрации, уменьшение вязкости масла.

Причины отказов плунжерных прецизионных пар:

- а) заклинивание продуктами разрушения деталей;
- б) лавинное схватывание.

Отказы плунжерных пар порождаются либо за счет реверсивных перемещений с высоким амплитудным значением скорости, либо за счет контактной усталости материала сферической поверхности плунжера.

Существует три способа предотвращения отказов плунжерных пар:

- 1) ограничение скорости, уменьшение нагрузки;
- 2) повышение температурной стойкости материалов;
- 3) повышение температурной стойкости, смазывающей способности и уменьшение вязкости рабочей жидкости.

Методы повышения надежности судового гидропривода

Надежность судового гидропривода повышается как на стадии проектирования, так и на стадии изготовления.

В первом случае надежность достигается путем введения в основные узлы гидропривода встроенного контроля и сигнализации о недопустимых изменениях в режимах работы, путем автоматизации предельной защиты и применением блокировок. Во втором случае - совершенствованием технологических процессов производства, автоматизацией производства и контроля качества продукции, отработки всех элементов гидропривода.

В судостроении для повышения надежности гидропривода используют понижение рабочего давления, частоты вращения, уменьшение интервала рабочих температур гидравлического масла, а также резервирование.

Также надежность повышается путем упрощения принципиальной схемы гидропривода.

В эксплуатации надежность судового гидропривода снижается, а интенсивность снижения зависит от уровня технического обслуживания, условий эксплуатации, квалификации обслуживающего персонала и т. д.

При правильной эксплуатации можно поддерживать надежность гидропривода, а иногда даже повышать ее.

Промывка гидролиний

Долговечность и безотказность гидравлического привода зависят от чистоты масла. Загрязненность масла механическими примесями перед применением его в гидроприводе не должна превышать 0,005% по массе, так как эти примеси содержат частицы, которые вызывают интенсивный абразивный износ подвижных деталей гидропривода и уплотнений, а также увеличиваются потери на трение, нагрев, т.е. уменьшается механический КПД.

Для обеспечения чистоты внутренних полостей гидропривода необходимы промывка гидрооборудования и трубопроводов в заводских условиях, контроль за их чистотой перед монтажом, заполнение гидропривода чистым гидравлическим маслом.

Трубопроводы промываются маслом, предназначенным для гидропривода в качестве рабочего, с помощью специальной насосно-фильтрующей установки, которая обеспечивает скорость движения масла в три раза превышающую эксплуатационную скорость, а трубах меньшего диаметра - в шесть раз.

Промывка осуществляется маслом при температуре 50-70 градусов в следующей последовательности: сначала промываются напорная и сливная линии при отключенных исполнительных линиях, затем - исполнительные линии. Продолжительность промывки напорной и сливной линий - 5-7 часов, исполнительных - 2-3 часа. Контроль промывки осуществляется путем осмотра через каждые 1-2 часа фильтров, которые промывают в уайт-спирите. Промывка труб ведется до тех пор, пока фильтры грубой и тонкой очистки не будут абсолютно чистыми.

Затем проводят анализ масла из промытой системы. Результаты должны быть следующими: содержание механических примесей не более 0,005% по массе; вода и водорастворимые эмульсии в масле отсутствуют; физико-химические характеристики масла после промывки совпадают с паспортными. При неудовлетворительных результатах анализа масло из системы и установки удаляют, фильтры и бак промывают, установку и систему заполняют новым маслом и производят повторную промывку.

Требования, предъявляемые к судовому объемному гидравлическому приводу

Судовой гидравлический привод выполняется с соблюдением некоторых требований, которые связаны с развитием машиностроения и которые характерны для транспортных средств.

Приведем основные требования:

- гидропривод должен комплектоваться из унифицированного оборудования;
- оборудование должно иметь необходимый срок службы;
- элементы гидропривода должны соответствовать условиям эксплуатации;
- гидропривод должен нормально работать в условиях судовой вибрации;
- соответствие массо-габаритных характеристик гидропривода и характеристик оборудования на морских судах;
- шумность не должна превышать санитарных норм;
- высокий КПД гидропривода.

К условиям эксплуатации гидропривода относятся следующие условия работы:

- при длительном крене до 15 градусов;
- при бортовой качке до 22,5 градусов;
- при длительном дифференте до 5 градусов;
- при килевой качке до 7,5 градусов;
- при температуре от 8 до 45°C и влажности до 95% в закрытых помещениях;

- при температуре от -40 до +45°C и температуре забортной воды равной 32 °С, а также воздействию прямого солнечного излучения +75°C вне помещений.

2.2 Пневматический привод

В пневматических передачах рабочей средой является сжатый газ (воздух), вырабатываемый компрессором. Пневматический привод представляет собой совокупность взаимосвязанных пневматических устройств, обеспечивающих необходимые рабочие движения машин. При этом исполнительное устройство преобразует энергию сжатого воздуха в механическую энергию рабочего органа. Как и гидропривод, пневмопривод по виду движения может быть вращательным или поступательным.

Преимуществом пневмопривода являются плавность работы, простота конструкции и эксплуатации; удобство и легкость управления; возможность работы с большим числом включений в единицу времени; надежность в работе; простота регулирования скорости и нагрузки в широких пределах; малая чувствительность к динамическим нагрузкам и способность переносить длительные перегрузки вплоть до полного стопорения. К основным недостаткам, ограничивающим широкое применение пневмопривода, следует отнести наличие гибкого воздухопровода и большой расход воздуха вследствие значительных утечек через уплотнения; трудность точного регулирования и низкий к.п.д.

Передача энергии в пневмоприводе происходит следующим образом:

1. Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал компрессора, который сообщает энергию рабочему газу.

2. Рабочий газ после специальной подготовки по пневмолиниям через регулирующую аппаратуру поступает в пневмодвигатель, где пневматическая энергия преобразуется в механическую.

3. После этого рабочий газ выбрасывается в окружающую среду, в отличие от гидропривода, в котором рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в гидробак, либо непосредственно к насосу.

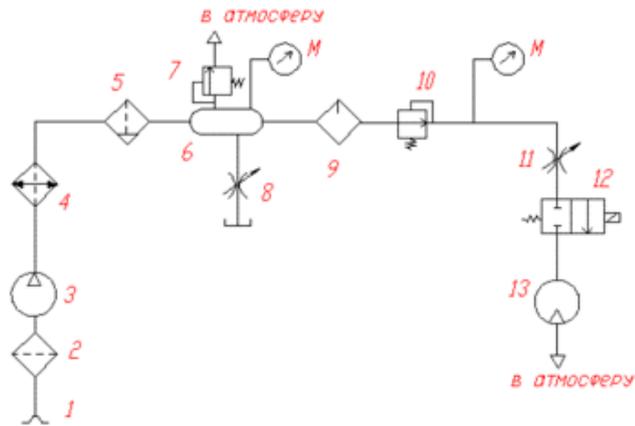


Рисунок 2.3 – Типовая схема пневмопривода:

- 1-воздухозаборник;
- 2-фильтр;
- 3-компрессор;
- 4-теплообменник (холодильник);
- 5-влагоотделитель; 6-воздухосборник (ресивер);
- 7-предохранительный клапан;
- 8-дроссель;
- 9-маслораспылитель;
- 10-редукционный клапан;
- 11- дроссель;
- 12-распределитель;
- 13-пневмомотор;
- M-манометр.

Воздух в пневмосистему поступает через воздухозаборник.

Фильтр осуществляет очистку воздуха в целях предупреждения повреждения элементов привода и уменьшения их износа.

Компрессор осуществляет сжатие воздуха.

Поскольку, согласно закону Шарля, сжатый в компрессоре воздух имеет высокую температуру, то перед подачей воздуха потребителям (как правило, пневмодвигателям) воздух охлаждают в теплообменнике (в холодильнике).

Чтобы предотвратить обледенение пневмодвигателей вследствие расширения в них воздуха, а также для уменьшения коррозии деталей, в пневмосистеме устанавливают влагоотделитель.

Ресивер служит для создания запаса сжатого воздуха, а также для сглаживания пульсаций давления в пневмосистеме. Эти пульсации обусловлены принципом работы объёмных компрессоров (например, поршневых), подающих воздух в систему порциями.

В маслораспылителе в сжатый воздух добавляется смазка, благодаря чему уменьшается трение между подвижными деталями пневмопривода и предотвращает их заклинивание.

В пневмоприводе обязательно устанавливается редукционный клапан, обеспечивающий подачу к пневмодвигателям сжатого воздуха при постоянном давлении.

Распределитель управляет движением выходных звеньев пневмодвигателя.

В пневмодвигателе (пневмомоторе или пневмоцилиндре) энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую энергию.

Пневмодвигатели бывают четырех типов – поршневые (пневмо-цилиндры, рис. 2.4, а), диафрагменные (пневмокамеры, рис. 2.4, б), сильфонные (рис. 2.4, в), а так же

пластинчатые (шиберные, рис. 2.5)

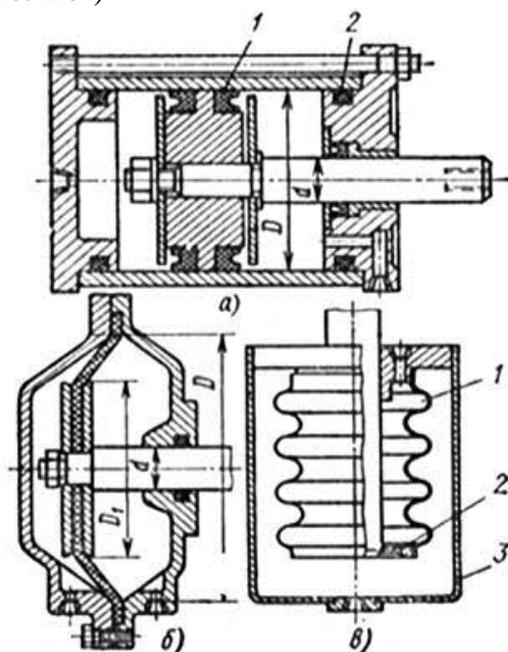


Рисунок 2.4 – Типы пневмодвигателей с поступательным движением вала

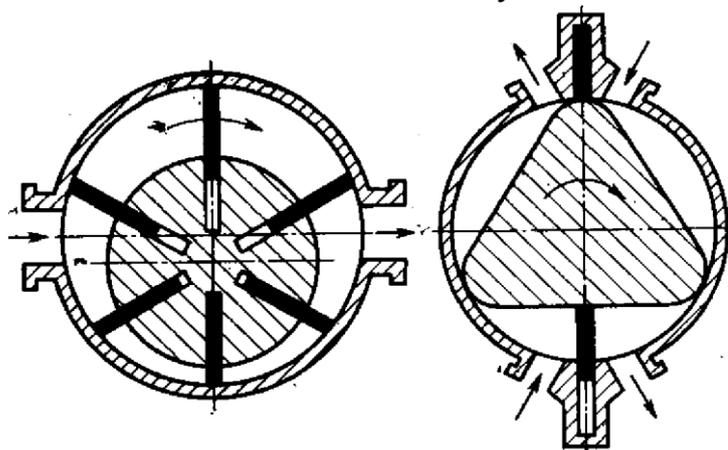


Рисунок 2.5 – Типы пневмодвигателей с вращательным движением вала

В поворотных приводах выходной шток совершает вращение, обычно на угол 90° . Имеются также конструкции, создающие несколько оборотов выходного звена (для управления клапанами).

Пневмокамеры представляют собой конструкцию из двух литых или штампованных чашек, между которыми зажата упругая диафрагма из стали или прорезиненной ткани. Рабочая полость сильфонного двигателя представляет собой гофрированную замкнутую камеру 1 из тонколистовой коррозионно-стойкой стали, латуни или фосфористой бронзы, упругорасширяющуюся в направлении рабочего хода штока 2 под действием сжатого воздуха. Обратный ход осуществляется при подаче воздуха внутрь камеры 3. Рабочий ход штока пневмокамеры и сильфона в связи с этим ограничен величиной возможной упругой деформации, в то время как у пневмоцилиндра он может быть любым. Пневмоцилиндр для герметизации рабочих полостей требует уплотнений на поршне и штоке, которые довольно быстро изнашиваются (обычно срок их службы не превышает 10 тыс. циклов), диафрагмы более долговечны – до 600 тыс. циклов. Сильфон уплотнений не требует.

Уплотнения являются ответственными конструктивными элементами пневмодвигателей. Они необходимы в кольцевых зазорах между поршнем и цилиндром, штоком и крышкой и в неподвижных соединениях, где возможна утечка воздуха. В современных пневмодвигателях применяют две разновидности уплотнений (рис. 2.59, а): 1

- манжеты V -образного сечения из маслостойкой резины по ГОСТ 6969-54 для уплотнения поршней и штоков, 2 – кольца круглого сечения из маслостойкой резины по ГОСТ 9833-73 для уплотнения поршней, штоков и неподвижных соединений.

Кроме того, применяют оригинальные многоместные приспособления с трубчатыми диафрагмами. Концы трубок закрыты пробками и в одну из пробок ввинчен штуцер для подачи сжатого воздуха. При впуске сжатого воздуха диафрагма 3 (рис. 2.6, а) расширяется, сжимает пружины 2 и перемещает плунжеры 1, зажимая детали. При выпуске воздуха плунжеры возвращаются в исходное положение под действием пружин.

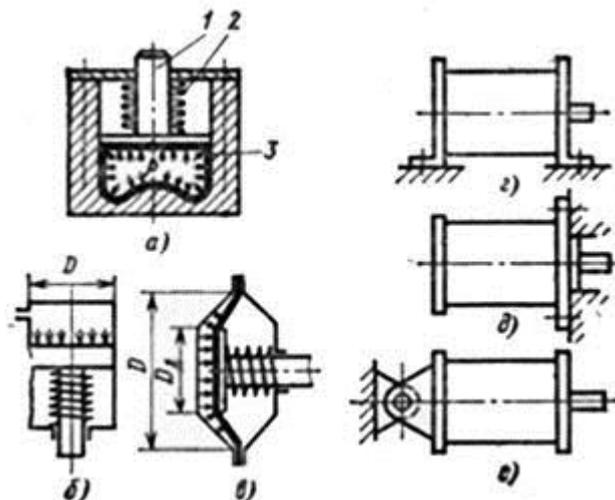


Рисунок 2.6 – Схемы пневмодвигателей одностороннего действия и способы крепления на корпусе

По источнику энергии обратного хода различают приводы: одностороннего действия, в которых рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой – усилием пружины, и двустороннего действия.

Приводы одностороннего действия применяют в следующих случаях: когда не требуется большой ход штока; когда на обратном ходе не требуется большой силы для отвода зажимных элементов в исходное положение.

На рисунке 2.6, б, в даны схемы пневматических цилиндра и камеры. В них сжатый воздух действует на поршень или на диафрагму, которые передают давление штоку, а через шток зажимному механизму. В исходное положение поршень и диафрагма возвращается под действием пружины.

Достоинства

- в отличие от гидропривода – отсутствие необходимости возвращать рабочее тело (воздух) назад к компрессору;
- меньший вес рабочего тела по сравнению с гидроприводом;
- меньший вес исполнительных устройств по сравнению с электрическими;
- возможность упростить систему за счет использования в качестве источника энергии баллона со сжатым газом;
- простота и экономичность, обусловленные дешевизной рабочего газа;
- быстрота срабатывания и большие частоты вращения пневмомоторов (до нескольких десятков тысяч оборотов в минуту);
- пожаробезопасность и нейтральность рабочей среды, обеспечивающая возможность применения пневмопривода на нефтеналивных судах;

- в сравнении с гидроприводом – способность передавать пневматическую энергию на большие расстояния (до нескольких километров);

- в отличие от гидропривода, пневмопривод менее чувствителен к изменению температуры окружающей среды вследствие меньшей зависимости КПД от утечек рабочей среды (рабочего газа), поэтому изменение зазоров между деталями пневмооборудования и вязкости рабочей среды не оказывают серьёзного влияния на рабочие параметры пневмопривода.

Недостатки

- нагревание и охлаждение рабочего газа в процессе сжатия в компрессорах и расширения в пневмомоторах; этот недостаток обусловлен законами термодинамики, и приводит к следующим проблемам:

- возможность обмерзания пневмосистем;

- конденсация водяных паров из рабочего газа, и в связи с этим необходимость его осушения;

- ещё более низкий КПД, чем у гидропривода;

- низкие точность срабатывания и плавность хода;

- возможность взрывного разрыва трубопроводов или производственного травматизма, из-за чего в промышленном пневмоприводе применяются небольшие давления рабочего газа (обычно давление в пневмосистемах не превышает 1 МПа, хотя известны пневмосистемы с рабочим давлением до 7 МПа – например, на атомных электростанциях), и, как следствие, усилия на рабочих органах значительно меньше (в сравнении с гидроприводом).

- для регулирования величины поворота штока привода необходимо использование дорогостоящих устройств – позиционером.

Вопросы для самоконтроля:

1. Для чего на судах используют гидравлические приводы?
2. Изобразите схему гидравлической системы.
3. В чём заключается техническое обслуживание гидравлической системы в период эксплуатации?
4. По каким признакам классифицируются гидроприводы?
5. Назовите преимущества гидроприводов.
6. Назовите недостатки гидроприводов.
7. Назовите назначение устройств управления.
8. Что такое «гидравлические аккумуляторы»?
9. Назовите требования, предъявляемые к судовому объемному гидравлическому приводу.
10. Назовите основные отказы в работе судовых гидроприводов.
11. Назовите методы повышения надежности судового гидропривода
12. Что такое «пневматический привод»?
13. Изобразите схему пневмопривода.
14. Классификация пневмодвигателей.
15. Назовите достоинства пневмопривода.
16. Назовите недостатки пневмопривода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

- 1 Тё А.М. Эксплуатация судовых вспомогательных механизмов, систем и устройств. Учебно пособие / А.М. Тё, 2014.

Дополнительная литература:

- 2 Воронов В.Ф. Судовые гидравлические машины: учебник для вузов / В.Ф. Воронов, А.П. Арцыков. – Л.: Судостроение, 1976. – 302 с.
- 3 Ермилов В.Г. Теплообменные аппараты и конденсационные установки / В. Г. Ермилов. – Л.: Судостроение, 1969. – 263 с.
- 4 Башуров Б.П. Судовые насосы и вентиляторы: тексты лекций / Б.П. Башуров. –М.: В/О «Мортехинформреклама», 1983. – 32 с.
- 5 Завиша В.В., Судовые вспомогательные механизмы и системы / В.В. Завиша, Б. Г. Декин. – М.: Транспорт, 1974. – 358 с.
- 6 Карнилов Э.В. Вспомогательные механизмы и судовые системы: справочник / Э.В. Карнилов, П.В. Бойко, Э.И. Голофастов. – Одесса: Экспресс-Реклама, 2009. – 290 с.
- 7 Коваленко В.Ф. Судовые водоопреснительные установки / В.Ф. Коваленко, Г.Я. Лукин. –Л.: Судостроение, 1970. – 304 с.
- 8 Лукин Г.Я. Опреснительные установки промыслового флота / Г.Я. Лукин, Н.Н. Колесник. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 366 с.
- 9 Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы / А.А. Ломакин. –М.: Машиностроение, 1966. – 364 с.
- 10 Певзнер Б.М. Насосы судовых установок и систем / Б.М. Певзнер. –Л.: Судостроение, 1971. – 384 с.
- 11 Тё А.М. Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства: учеб. Пособие / А.М. Тё. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2013. – 208 с.
- 12 Тихомиров Г.И. Судовое фильтрующее оборудование для предотвращения загрязнения моря: учеб. пособие / Г.И. Тихомиров. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2012. – 133 с.
- 13 Харин В. М. [и др.]. Судовые вспомогательные механизмы и системы: учебник. – М.: Транспорт, 1992. – 312 с.
- 14 Чиняев И.А. Судовые вспомогательные механизмы: учебник для вузовводного транспорта / И.А. Чиняев. – М : Транспорт, 1989. – 295 с.
- 15 Правила классификации и постройки морских судов. В 3 т. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 1999.
- 16 Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. РД 31.21.30 - 97. – СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 1997. – 342 с.
- 17 Правила технической эксплуатации судовых вспомогательных механизмов. Утверждены приказом Роскомрыболовства РФ от 5 мая 1999 г. № 107. Текст документа по состоянию на июль 2011 года.

Юрий Геннадьевич Мочалов

**МДК 01.01. ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ,
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
И РЕМОНТА СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Раздел 1.4 Судовые вспомогательные механизмы, устройства и системы

(Часть 1)

КУРС ЛЕКЦИЙ

ДЛЯ (СТУДЕНТОВ) КУРСАНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
26.02.05 «ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК»
ПРОФИЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОЧНОЙ И ЗАОЧНОЙ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

Судомеханический техникум ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской
технологический университет»

298309 г. Керчь, Орджоникидзе, 123