

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений»

СУДОВЫЕ НАСОСЫ И ВЕНТИЛЯТОРЫ

Методические указания
к практическим занятиям по программе
«Подготовка вахтенного моториста»
в центре подготовки и аттестации плавсостава

Севастополь
СевГУ
2019

УДК [621.63+621.25/69]:656.5(076.5)
ББК 39.459я73
С89

Р е ц е н з е н т:

В.А. Очеретянный – к.т.н. доцент кафедры
«Энергоустановки морских судов и сооружений»

Ответственный за выпуск:

К. Ю. Федоровский – заведующий кафедрой
«Энергоустановки морских судов и сооружений»

Составители: С.Е. Бабышев, В.Ю. Латышев

С89 Судовые насосы и вентиляторы: метод. указания к практическим занятиям по программе «Подготовка вахтенного моториста» в центре подготовки и аттестации плавсостава / Сост. С.Е. Бабышев, В.Ю. Латышев. – Севастополь: СевГУ, 2019. - 19 с.

Целью методических указаний является оказание студентам необходимой методической помощи при подготовке к практическим занятиям при подготовке вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Вахтенный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/4 МК ПДНВ78 с поправками, Раздела А-III/4 и таблицы А-III/4 Кодекса ПДНВ.

УДК [621.63+621.25/69]:656.5(076.5)
ББК 39.459я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений» Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний, протокол заседания кафедры № 7 от 14 марта 2019 г.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 18

ПЗ	Тема ПЗ, номер раздела по УТП, выполняемые задания	Объем часов	Формируемые (оцениваемые) компетенции	Используемые ТСО
8	Судовые насосы и вентиляторы	2	подготовка вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Вахтенный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/4 МК ПДНВ78 с поправками, раздела А-III/4 и таблицы А-III/4 Кодекса ПДНВ	Мультимедийный проектор, слайды, указка

ТЕМА: Судовые насосы и вентиляторы

Достигаемые компетенции: Занятие направлено на формирование компетенции подготовка вахтенных мотористов морских судов для получения свидетельства «Вахтенный моторист» в соответствии с требованиями Правила III/4 МК ПДНВ78 с поправками, Раздела А-III/4 и таблицы А-III/4 Кодекса ПДНВ

Учебная цель: изучается классификация судовых насосов по принципу действия и по назначению; типы судовых вентиляторов.

Ожидаемые результаты: формирование знаний о основных параметрах работы насосов; давление (абсолютное и избыточное); понятие вакуума; единица измерения давления; размещение насосов на судне, классификация вентиляторов.

Основные параметры работы насосов.

Основными параметрами, характеризующими работу насосов, являются: производительность (подача), напор, потребляемая мощность, коэффициент полезного действия и частота вращения двигателя.

Производительностью насоса называется количество жидкости, подаваемой насосом в единицу времени в нагнетательный трубопровод. Различают объемную Q и массовую G производительность. Объемная производительность Q измеряется в единицах: л/мин, м³/с, м³/ч, а массовая G – в единицах: кг/с, кг/ч, т/ч. Массовая и объемная производительностями связаны соотношением.

Напором H насоса называется приращение энергии 1 кг жидкости при прохождении через насос или разность удельных энергий жидкости при ее выходе и входе в насос.

Мощность насоса N – это энергия, подводимая к насосу от приводного двигателя в единицу времени. Часть этой энергии теряется в насосе в виде потерь.

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

Размещение насосов на судне.

В судовых системах применяют центробежные, осевые, вихревые, поршневые, водокольцевые и водоструйные насосы. Рассмотрим условия, в которых работают эти насосы. Осушительные насосы работают в сложных и разнообразных условиях. Так как уровень откачиваемой трюмной воды, как правило, находится ниже насоса, то осушительный насос должен обладать способностью к самовсасыванию или иметь самовсасывающее устройство. Во всасывающую магистраль осушительной системы может проникать воздух через различные неплотности, что снижает подачу воды и делает неустойчивой работу насоса. Очень большое содержание воздуха во всасывающей магистрали приводит к срыву работы насоса. Поэтому важно, чтобы просочившийся воздух непрерывно удалялся самовсасывающим устройством или самим насосом.

Следует отметить, что осушительный насос после откачивания воды из льяла продолжает работать на режиме сухого всасывания, если не предусмотрено его автоматическое отключение. Такая работа, если ее возможность не учтена в конструкции, неблагоприятно отражается на надежности действия насоса. При остаточной подаче осушительные насосы используют в качестве балластных для приема и выкачки балласта.

Балластные насосы могут откачивать балласт из бортовых и междудонных цистерн. Насосы, откачивающие балластную воду из междудонных цистерн, должны быть способны к самовсасыванию или иметь самовсасывающее устройство. Балластные насосы часто используют в качестве осушительных.

Пожарные насосы через магистраль и отростки подают воду к пожарным кранам. В обычных условиях пожарные насосы снабжают рабочей водой эжекторы осушения и эжекторы водоотливных установок, а также подают воду для мытья палуб. При работе пожарного насоса на общую магистраль высокого давления подача может достигать даже нулевого значения, когда нет потребителей воды. При отсутствии расхода воды корпус насоса может сильно нагреться, поэтому в насосе или в системе необходимо предусматривать устройство, исключающее работу насоса с нулевой подачей (например, байпасный трубопровод). Пожарные насосы устанавливают ниже ватерлинии, поэтому они работают с подпором или с небольшой высотой всасывания. Только аварийные насосы с дизельным или другим приводом

работают с высотой всасывания до 5 м, поскольку их устанавливают на главной палубе.

Санитарные насосы по условиям работы выполняют самовсасывающими. Обычно насос подает воду в пневмоцистерну (гидрофор), откуда она под давлением сжатого воздуха поступает к потребителям. Насос включается и выключается автоматически. При такой схеме обеспечивается подача воды к потребителям в любое время при минимальной затрате насосом мощности.

Условия работы насосов учитывают при их проектировании и эксплуатации. Для нормальной эксплуатации насосов от обслуживающего персонала требуются знания их конструктивных особенностей, правил пуска, остановки, обслуживания во время работы и бездействия. Эксплуатация насоса должна проводиться в полном соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

Поршневые насосы.

У поршневого насоса подача осуществляется при помощи вытеснителя (поршня или плунжера), совершающего возвратно-поступательное движение в цилиндре. Простейший поршневой насос показан на рис. 1, а. В цилиндре 3 помещен поршень 4, плотно прилегающий своей боковой поверхностью к стенке цилиндра. Поршень получает движение от двигателя (не показан) при помощи кривошипно-шатунного механизма 6 и штока 5. К цилиндру прикреплена (или отлита заодно с ним) клапанная коробка 2, в которой размещены всасывающий 9 и напорный (нагнетательный) 10 клапаны. К клапанной коробке присоединены всасывающая 7 и напорная 1 трубы. Насос забирает жидкость из резервуара 8. Через Z_1 обозначена геометрическая высота всасывания насоса.

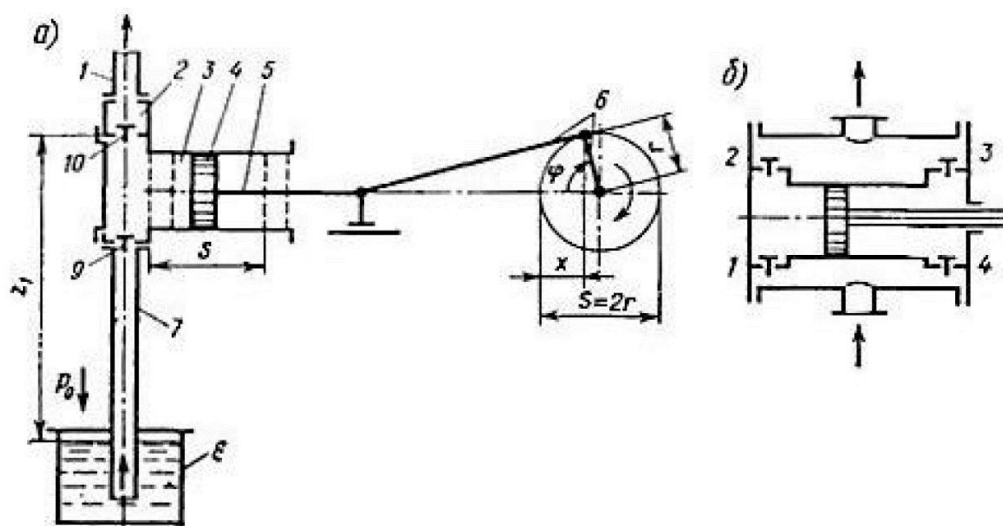


Рис. 1. Поршневые насосы:

а) одностороннего действия; б) двустороннего действия

При движении поршня из крайнего левого положения вправо объем рабочей камеры увеличивается, и давление в ней понижается. Так как

клапаны насоса самодействующие, то всасывающий клапан 9 откроется и жидкость по всасывающей трубе 7 под действием внешнего давления устремится из резервуара 8 в рабочую камеру насоса. По достижении поршнем крайнего правого положения всасывание жидкости прекращается, и всасывающий клапан закроется. В дальнейшем поршень при движении справа налево будет давить на находящуюся в рабочей камере жидкость и вытеснять ее через напорный клапан 10 в напорную трубу 1. У насоса, изображенного на рис. 1, а, жидкость вытесняется при движении поршня только в одну сторону. Такие насосы называются насосами одностороннего (простого) действия. Если жидкость вытесняется при движении поршня в обе стороны, то такие насосы называются насосами двустороннего (двойного) действия (рис. 1, б)

Из-за неравномерной скорости поршня насоса в периоды всасывания и нагнетания давление в цилиндре может колебаться в широких пределах. Большое влияние на амплитуду колебаний давления в цилиндре оказывают силы инерции столба жидкости 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 рис. 1 показана схема установки всасывающего 2 и напорного 1 воздушных колпаков у одноцилиндрового насоса одностороннего действия.

Верхняя часть колпаков, являющихся гидрогазовым аккумулятором, занята воздухом, а нижняя – перекачиваемой жидкостью, причем давление, под которым находится воздух, равно давлению над поверхностью уровня жидкости.

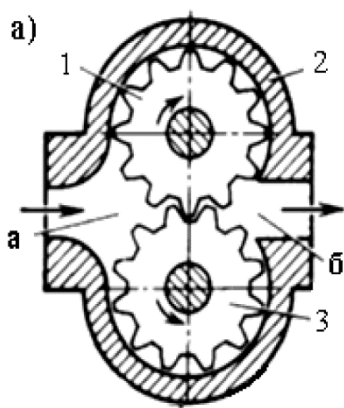
По устройству вытеснителя насосы делят на поршневые, или насосы с дисковым поршнем, и плунжерные. В зависимости от расположения оси цилиндров различают насосы горизонтальные и вертикальные. На судах применяются главным образом вертикальные насосы, так как они занимают меньшую площадь, чем горизонтальные. По числу цилиндров судовые насосы разделяют на одно и двухцилиндровые. Наибольшее распространение получили двухцилиндровые насосы двустороннего действия.

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

Широкое применение на судах имеют ручные поршневые насосы. Они используются для перекачивания малых количеств воды и нефтепродуктов.

Ротационные насосы.

Шестеренные насосы являются одним из наиболее распространенных видов роторных насосов. Их применяют: в смазочных системах машин и механизмов; в гидроприводах; для перекачивания темных нефтепродуктов. Рассматриваемые насосы выполняют с шестернями внешнего и внутреннего зацепления. Наибольшее распространение на судах имеют насосы с шестернями внешнего зацепления. Простейший насос такого типа (рис. 2, а)



состоит из ведущей 1 и ведомой 3 шестерен, помещенных в корпус 2. Профиль зубьев шестерен – эвольвентный. При вращении шестерен по направлению стрелок жидкость, заполняющая впадины зубьев, переносится из полости всасывания "а" в полость нагнетания "б". В полости всасывания зубья шестерен выходят из зацепления, а в полости нагнетания – входят в зацепление.

Рис. 2. Схемы простейших шестеренных насосов:
а) насос с шестернями внешнего зацепления

Перед пуском насоса необходимо полностью открыть клапаны на всасывающем и нагнетательном трубопроводах, проверить положение трехходовых краников манометров, которые также должны быть полностью открыты.

Во время работы насоса наблюдают за показаниями контрольно-измерительных приборов, следят за состоянием сальника приводного вала и работой приводного двигателя. При нормальной работе насоса отсутствуют стуки и вибрации, а показания приборов стабильны, без рывков.

К винтовым насосам относятся такие насосы, у которых энергия перекачиваемой жидкости увеличивается в результате давления на нее непрерывно вращающихся винтовых поверхностей. Они сочетают в себе положительные качества поршневого и центробежных насосов: обладают сухим всасыванием, равномерностью подачи малыми габаритами, повышенным КПД при больших числах оборотов. Винтовые насосы можно разделить: по числу винтов – на одновинтовые и многвинтовые (до пяти винтов); по зазору между нарезкой винтов – на герметичные и негерметичные; по форме профиля нарезки винтов – на насосы с циклоидальным, эвольвентно-циклоидальным и специальным профилями; по числу подводков – на насосы с односторонним и двусторонним подводом жидкости. В настоящее время на судах преимущественно распространены трехвинтовые насосы с циклоидальным зацеплением (рис. 3). Они отличаются равномерной подачей жидкости, незначительным изменением

подачи с увеличением давления, высокой частотой вращения, малыми габаритными размерами и массой, высокой экономичностью ($\eta_{кпд} = 0,64-0,8$). Насосы обладают самовсасыванием и хорошей всасывающей способностью. Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания винтовых насосов зависит от рода перекачиваемой жидкости и составляет 5–6 м.

У трехвинтового насоса с односторонним подводом жидкости (рис. 3) средний винт 3 является ведущим, а два боковых 4 – ведомыми. Нарезанные части винтов заключены в обойму 5, вставленную в корпус 2.

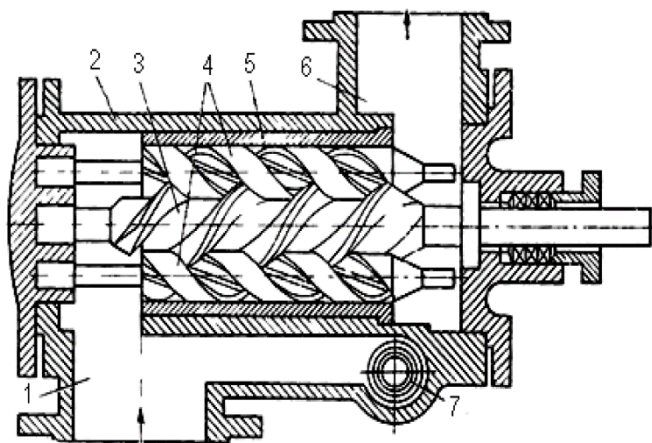


Рис. 3. Схема трехвинтового насоса с односторонним подводом жидкости

В обойме винты вращаются, как в подшипниках с небольшими зазорами. При этом герметичность мест контакта винтов с циклоидальным

зацеплением обеспечивается тем, что их профили соприкасаются по точкам, образующим непрерывную линию, от внутреннего до наружного диаметров винтов. Геометрические соотношения нарезок винтов выбраны так, что обеспечивается не только герметичность рабочих органов, но и отсутствие передачи крутящего момента с ведущего винта на ведомые. Последние не производят полезной работы, а служат только в качестве уплотнений, препятствующих перетеканию жидкости из напорной камеры в приемную, и в процессе нормальной работы вращаются не в результате взаимодействия с ведущим винтом, а благодаря давлению перекачиваемой жидкости, которая перемещается в насосе только вдоль оси винтов.

Ведущий винт по сравнению с ведомыми более массивен, так как он несет основную нагрузку в рабочем процессе. Корпус насоса имеет приемную камеру 1 с приемным патрубком и напорную камеру 6 с напорным патрубком. Эти камеры соединены предохранительно-перепускным клапаном 7, рассчитанным на полную подачу.

Пластинчатые (шиберные) насосы относятся к роторным насосам объемного типа. Эти насосы бывают однократного и многократного действия. На судах внутреннего плавания применяют пластинчатые насосы однократного и двукратного (двойного) действия (рис. 4). В насосах однократного действия (см. рис. 4, а) за один оборот вала происходит один полный цикл работы, включающий в себя процессы всасывания и нагнетания. В насосах двукратного действия (см. рис. 4, б) за один оборот вала происходят 2 полных цикла работы, т. е. два процесса всасывания и два процесса нагнетания.

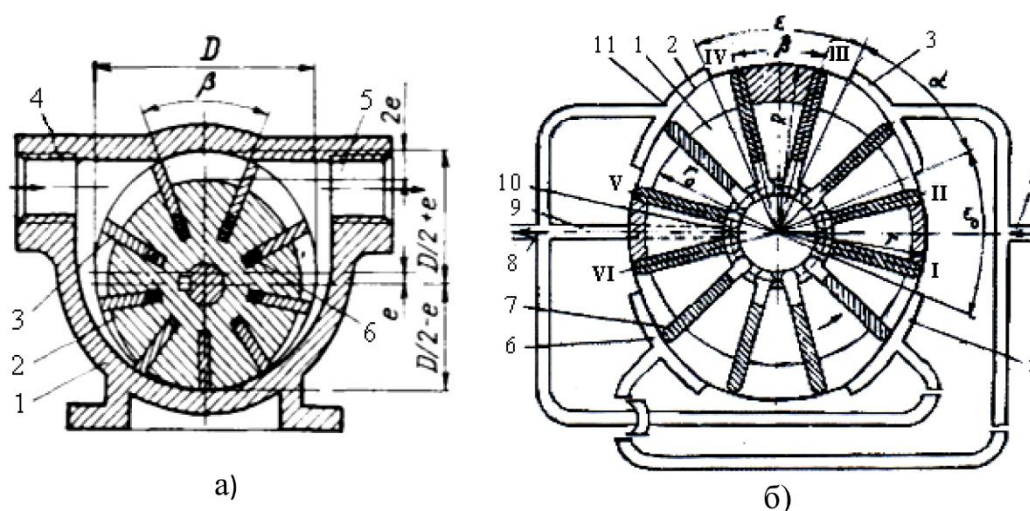


Рис. 4. Пластинчатые насосы:
а) однократного действия; б) двукратного действия

Ротор 2 пластинчатого насоса однократного действия (рис. 4, а) представляет собой барабан с пазами, в которые входят пластины 3. Ротор эксцентрично установлен в корпусе (статоре) 1. При вращении его пластины прижимаются своими наружными торцами к внутренней поверхности корпуса насоса пружинам 6 и центробежной силой. Объем полости, заключенной между соседними пластинами, поверхностью ротора и стенкой корпуса, при движении в районе камеры всасывания 4 увеличивается, вследствие чего происходит всасывание жидкости. Наоборот, при движении в районе камеры нагнетания 5 объем этой полости уменьшается и происходит вытеснение жидкости в напорный трубопровод. Максимальный эксцентриситет в пластинчатых насосах однократного действия $e = (0,054 - 0,08) D$, где D – диаметр расточки корпуса. Число пластин составляет 6–12. Через β на рис. 4 обозначен угол между пластинами. Насосы однократного действия могут быть регулируемые и нерегулируемые. Недостаток этих насосов заключается в большой радиальной нагрузке на вал ротора, поэтому их применяют для сравнительно небольших давлений (до 4–5 МПа).

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

Водокольцевые насосы относятся к группе самовсасывающих или вакуум-насосов объемного типа. Устройство их таково, что они могут всасывать и воздух, и воду. Принципиальная схема водокольцевого насоса представлена на рис. 5.

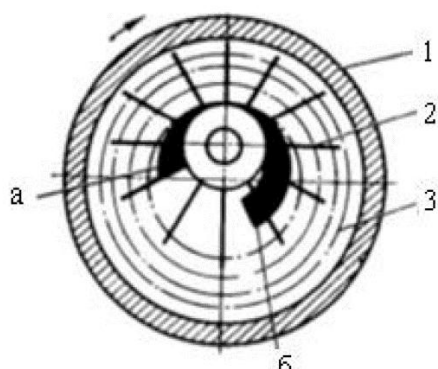


Рис. 5. Схема водокольцевого вакуум-насоса:

- 1 – цилиндрический корпус;
- 2 – рабочее колесо с лопастями;
- 3 – водяное кольцо;
- а, б – серповидные напорное и всасывающее отверстия

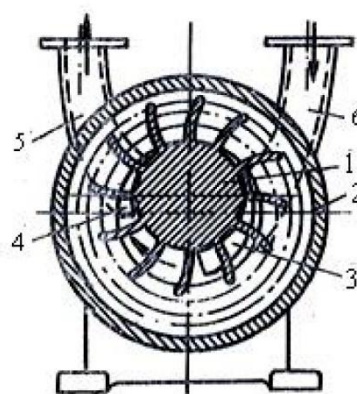


Рис. 6. Одноступенчатый водокольцевой насос:

- 1 – рабочее колесо с лопатками;
- 2 – корпус; 3 – приемное отверстие;
- 4 – напорное отверстие;
- 5, 6 – напорный и приемный патрубки

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

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

Необходимо вести систематический контроль наличия воды в напорном бачке и следить за поддержанием плотности всех соединений и сальников. При снижении вакуума во время работы насоса нужно проверить достаточность поступления воды к насосу, а также плотность вакуумного трубопровода и насоса.

Струйные насосы.

Струйные насосы по принципу действия относятся к струйным аппаратам. Струйными аппаратами называются устройства, в которых передача энергии от одного потока к другому происходит в процессе их смешения. Схема, состав струйного аппарата и изменение давления в движущемся потоке представлены на рис. 7.

Принцип действия струйного аппарата заключается в непосредственной передаче энергии от одной среды, обладающей большим запасом энергии и называемой рабочей средой, к другой (перемещаемой) среде, обладающей меньшим запасом энергии.

Закон Бернулли объясняет эффект Вентури: в узкой части трубы скорость течения жидкости выше, а давление меньше, чем в широкой части:

$$\rho V^2 = \text{Const}.$$

В качестве рабочей среды в струйных аппаратах применяют жидкость или газ (пар). Перемещаемой средой являются жидкость, газ, смесь жидкости и твердого тела. В струйном аппарате рабочая среда выходит из сопла II с большой скоростью в камеру смешения III. При этом в начале камеры смешения создается разрежение, благодаря которому перемещаемый поток непрерывно поступает в аппарат из приемного трубопровода.

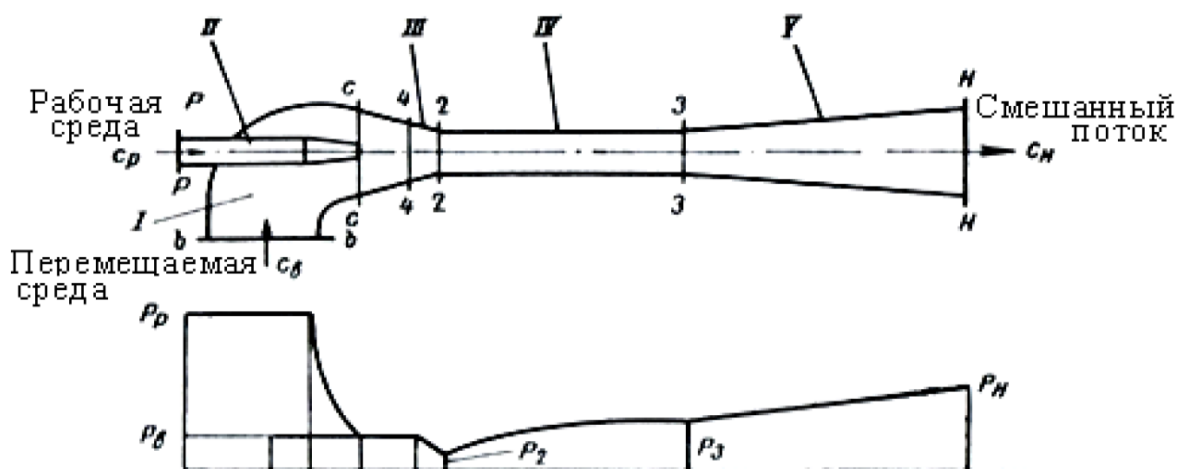


Рис. 7. Схема струйного аппарата:

I – приемная камера; II – рабочее сопло; III – входной участок камеры смешения;
IV – цилиндрический участок камеры смешения; V – диффузор

Частицы рабочей среды из струи проникают в окружающую перемещаемую среду, увлекают ее и сообщают ей энергию. Количество перемещаемой среды в струе увеличивается по мере удаления от сопла из-за непрерывного вовлечения перемещаемой среды. Диаметр струи возрастает, и на некотором расстоянии от сопла в сечении 4–4 пограничный слой касается стенки камеры смешения. Вовлечение новых частиц перемещаемой среды в пограничный слой прекращается, и за сечением 4–4 происходит только

выравнивание поля скоростей. В диффузоре скорость потока уменьшается, и кинетическая энергия потока преобразуется в потенциальную энергию давления. Из диффузора аппарата поток с постоянной скоростью подается в напорный трубопровод. Струйные аппараты не имеют движущихся частей и отличаются простотой конструкции, малыми массами и габаритами, обладают хорошей всасывающей способностью. Они бывают одноступенчатыми и многоступенчатыми. Основным их недостатком является низкий КПД. Струйные аппараты, в которых рабочей и перемещаемой средой является жидкость, называются струйными насосами.

На судах струйные аппараты применяют для удаления воздуха из конденсатора (пароструйные и водоструйные эжекторы), используются в осушительной и водоотливных системах для откачки воды из затопленных трюмов за борт (струйные насосы или водо-водяные эжекторы), а также для подачи питательной воды в парогенератор (пароводяные инжекторы).

Классификация динамических насосов.

В динамических насосах приращение энергии происходит в результате взаимодействия потока жидкости с вращающимся рабочим органом. Динамические насосы принято подразделять на две основные группы: лопастные и насосы трения.

У лопастного насоса рабочим органом является вращающееся колесо с лопастями. В рабочем колесе происходит приращение потенциальной и кинетической энергии жидкости, задается направление потока. Лопастные насосы по направлению потока в рабочем колесе подразделяются на центробежные (радиальные и диагональные) и осевые.

Обычно лопастные насосы не обладают свойствами самовсасывания. Для запуска в работу требуется их заполнение перекачиваемой жидкостью. К достоинствам лопастных насосов относят: компактность при больших подачах, достаточно высокий КПД, удобство компоновки с приводным двигателем, возможность достижения высоких давлений. Эти качества обеспечивают распространение лопастных насосов на судах.

К насосам трения относят вихревые насосы, у которых приращение энергии перекачиваемой жидкости осуществляется за счет турбулентного обмена энергией основного потока в канале насоса и вторичного потока в рабочем колесе. Вихревые насосы в большинстве случаев выполняются одноступенчатыми, консольного типа. Различают вихревые насосы открытого (с радиальными звездообразными лопатками и внутренним подводом жидкости) и закрытого (с короткими лопатками и подводом жидкости к периферии рабочего колеса) типов. Классификация динамических насосов, применяемых на судах, показана на рисунке.

Один и тот же тип насосов может эксплуатироваться в различных системах и технологических процессах. В судовой практике широко используется классификация насосов по их назначению.

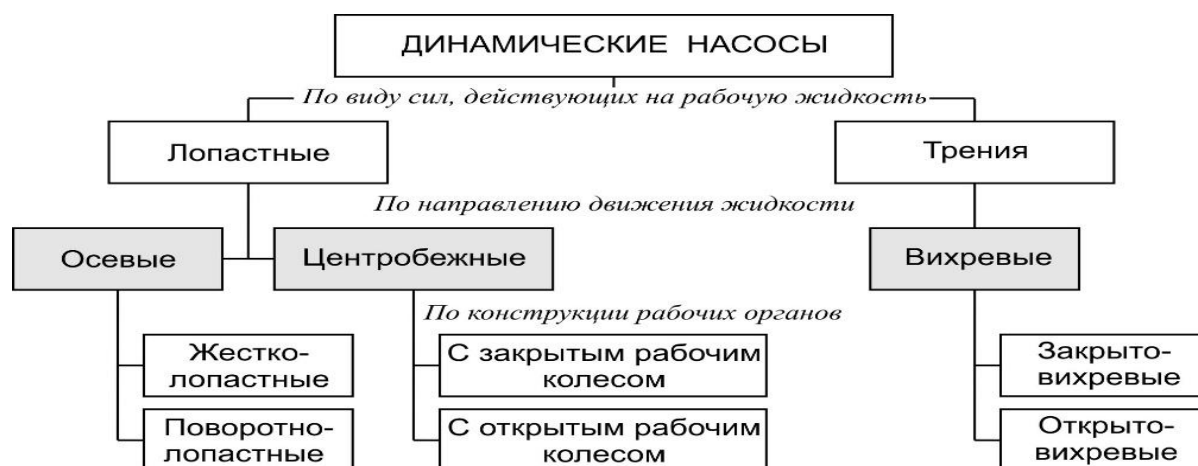


Рис. 8. Классификация динамических насосов

Различают насосы: систем общесудовых (осушительные, балластные, санитарные, пожарные); систем судовых энергетических установок (охлаждающие, питательные, конденсатные и т.д.); специального назначения (грузовые танкеров, грунтовые дноуглубительных снарядов и т.д.); гидроприводов.

Например, центробежные питательные насос обеспечивают подачу питательной воды в котел при высокой температуре и давлении. Конденсатные насосы откачивают конденсат из конденсатора и подают его к питательным насосам. Циркуляционные насосы предназначены для поддержания циркуляции в паровых котлах и т.д.

Конструкция и принцип действия центробежных насосов.

Центробежными называют лопастные насосы с движением жидкости через рабочее колесо от центра к периферии. В центробежных насосах (ЦН) поток жидкости в области рабочего колеса имеет радиальное направление. По принципу действия центробежные насосы относятся к лопастным насосам и являются наиболее распространенным видом динамических насосов.

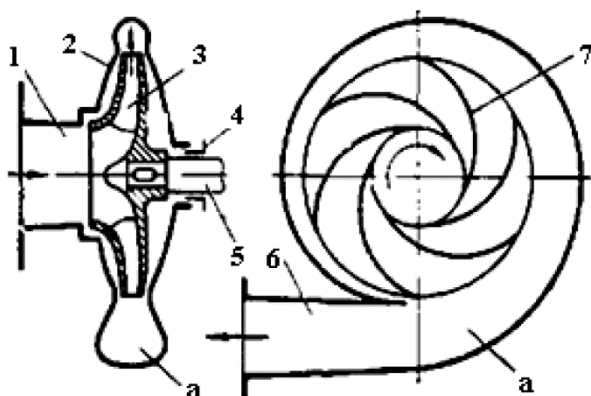


Рис. 9. Схема одноступенчатого консольного центробежного насоса

Лопasti рабочего колеса оказывают силовое воздействие на поток жидкости и передают ей механическую энергию. Повышение давления жидкости в колесе создается в основном под действием центробежных сил. Основными деталями насоса являются корпус 2 и рабочее колесо 3, состоящее из двух дисков, между которыми находятся лопасти 7. Рабочее колесо расположено на валу 5

консольно и закреплено на нем при помощи шпонки. При вращении рабочего колеса в его центральной части образуется 1 – конфузорный подвод; 2 – корпус; 3 – рабочее колесо; 4 – уплотнительный сальник; 5 – вал; 6 – диффузорный выходной патрубок; 7 – лопасти рабочего колеса; а – спиральный отводящий канал пониженное давление, вследствие чего жидкость из приемного трубопровода непрерывно поступает в насос через подвод 1, выполненный в виде конического патрубка (конфузора) с прямолинейной осью.

Обтекая лопасти, жидкость движется в радиальном направлении от центра колеса к его периферии. Здесь жидкость отводится в спиральный отводящий канал "а" и направляется в диффузорный выходной патрубок 6, где скорость ее снижается, и кинетическая энергия потока преобразуется в потенциальную энергию давления. Так как частота вращения колеса постоянна, то движение жидкости во всасывающей и нагнетательной трубах, присоединенных к насосу, совершается с постоянной скоростью. Изображенный на рисунке 1 центробежный насос имеет одно рабочее колесо с односторонним входом жидкости. Применение нескольких рабочих колес в одном насосе позволяет значительно расширить область использования центробежных насосов и создает ряд конструктивных преимуществ. Центробежные насосы выполняют с последовательным и параллельным соединениями колес (рисунок). Насосы с последовательным соединением рабочих колес (рис. 10) называются многоступенчатыми.

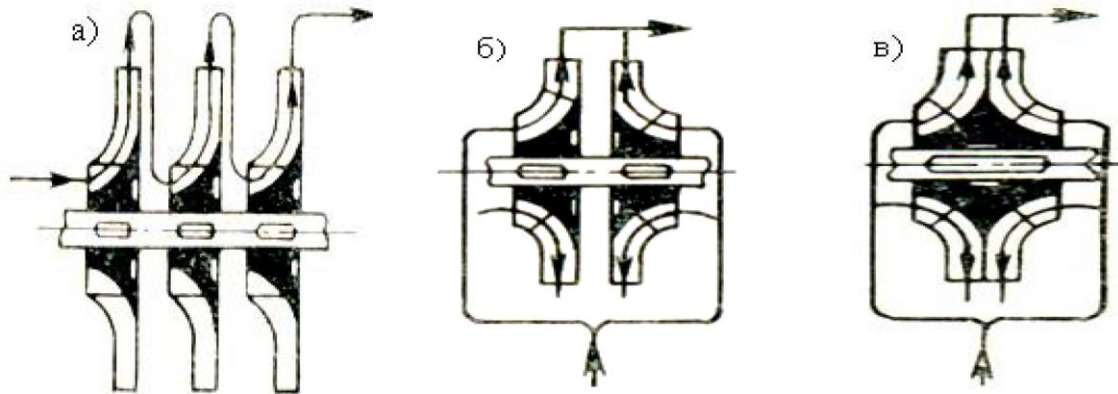


Рис. 10. Схемы соединения рабочих колес центробежного насоса

Напор такого насоса равен сумме напоров отдельных колес (ступеней), а подача равна подаче одного колеса. Все колеса многоступенчатого насоса насажены на общий вал и образуют единый ротор. Насосы с параллельным соединением колес (рис. 10, б) называются многопоточными. Напор такого насоса равен напору одного колеса, а подача насоса равна сумме подач отдельных колес. Многопоточные насосы применяются для перекачивания больших количеств жидкости. Наибольшее распространение получили двухпоточные насосы с рабочим колесом двустороннего входа, представляющие собой соединение в одной детали двух обычных колес (рис. 10, в).

Вихревые и осевые насосы.

Вихревые насосы представляют собой особую группу динамических насосов, в которых передача энергии жидкости осуществляется силами трения и инерции.

В этих насосах жидкость перемещается по периферии рабочего колеса в тангенциальном направлении. Их применяют при малой подаче и большом напоре. Схема вихревого насоса представлена на рис. 11. В корпусе 2 вихревого насоса (рис. 11, а) размещается рабочее колесо 7, жестко закрепленное на валу 6. Колесо представляет собой диск с выфрезерованными или отлитыми заодно с ним с обоих торцов радиальными лопатками 5, разделенными перегородкой 4. Корпус насоса снабжен всасывающим 3 и нагнетательным 1 патрубками. Стенки его прилегают к торцовым поверхностям рабочего колеса с малыми осевыми зазорами "г" (не более 0,2–0,3 мм).

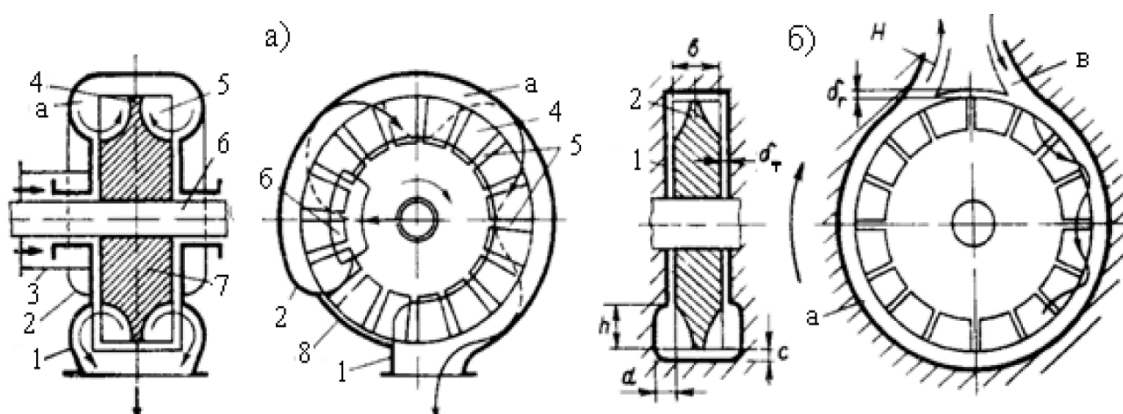


Рис. 11. Схема вихревого насоса:
а) вихревой насос с закрытым каналом;
б) вихревой насос с открытым каналом

Периферийная часть колеса, на которой находятся лопатки, размещается в кольцевом канале "а", образованном корпусом насоса. Канал заканчивается нагнетательным патрубком 1. Для входа жидкости в межлопаточные каналы в стенке корпуса сделано окно "б", расположенное в самом начале кольцевого канала. Начало этого канала и напорный патрубок отделены уплотняющей перемычкой 8, причем радиальный зазор "г" в ее области допускается приблизительно 0,2 мм.

Жидкость поступает в насос через всасывающий патрубок 3 и далее через окно "б" направляется к основаниям радиальных лопаток. При вращении рабочего колеса в межлопаточных каналах ей сообщается механическая энергия. Выходит, жидкость из насоса через нагнетательный патрубок 1. В кольцевом канале жидкость движется по винтовым траекториям и через некоторое расстояние опять попадает в межлопаточное пространство, где снова получает приращение механической энергии. Таким образом в корпусе работающего насоса образуется своеобразное парное кольцевое вихревое движение, от которого он и получил название вихревого.

Множественность приращения энергии частиц жидкости приводит к тому, что вихревой насос при прочих равных условиях создает напор значительно больший, чем центробежный. Рассмотренный насос имеет закрытый канал и является самовсасывающим. На рис. 11, б показан вихревой насос с открытым каналом. В корпусе 1 с боковым кольцевым каналом "а" постоянно сечением вращается рабочее колесо 2, представляющее собой диск с лопатками. Всасывающее "В" и напорное "Н" отверстия разделены перемычкой, которая примыкает к торцам и наружной цилиндрической поверхности лопаток и образует осевой и радиальный зазоры. Насосы с открытым каналом имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с насосами с закрытым каналом при тех же параметрах. Кроме того, они обладают свойствами реверсивности потока при перемене направления вращения ротора. Вихревые насосы применяются при малых значениях n и S , обычно не более 40. Коэффициент полезного действия этих насосов не превышает 50 %, что ограничивает область их использования. Важными преимуществами вихревых насосов являются простота конструкции, малые габаритные размеры и масса. На судах их широко используют в системах водоснабжения.

Осевые насосы.

Осевые насосы относятся к группе лопастных насосов, принцип действия которых основан на силовом взаимодействии лопастей рабочего колеса с набегающим потоком. Наибольшее распространение на судах получили одноступенчатые осевые насосы. Компоновочная схема и конструкция проточной полости осевого одноступенчатого насоса представлена на рис. 12.

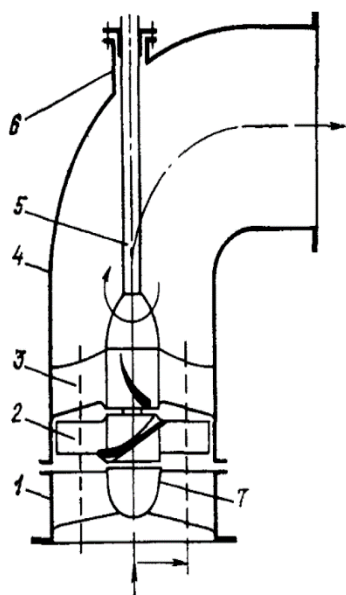


Рис. 12. Компоновочная схема и конструкция осевого насоса: 1 – приемный патрубок; 2 – рабочее колесо; 3 – спрямляющий аппарат (лопаточный отвод); 4 – корпус; 5 – вал; 6 – сальник; 7 – обтекатель

В осевых насосах, в отличие от центробежных, жидкость движется в осевом направлении, поэтому они и получили такое название. В этих насосах отсутствуют радиальные перемещения потока и, следовательно, совершенно исключена работа центробежных сил. Приращение напора происходит исключительно за счет преобразования кинетической энергии в потенциальную. Проточная часть насоса, по существу, представляет собой участок цилиндрической изогнутой трубы, и насос может быть легко встроен в общий трубопровод, к которому он подключен. Рабочее колесо,

напоминающее гребной винт, получает вращение от электродвигателя (на рис. 12 не показан) через вал 5. Приемный патрубок 1 с обтекателем 7 и спрямляющий лопаточный аппарат неподвижные. Обтекатель обеспечивает плавный подвод жидкости к лопастям. В месте выхода вала из корпуса установлен сальник 6. Спрямляющий лопаточный аппарат 3 раскручивает поток и направляет его по оси насоса. Иногда перед рабочим колесом устанавливают направляющий аппарат, служащий для устранения закручивания потока, которое может возникнуть вследствие асимметрии потока перед входом в насос.

Область использования осевых насосов – большие подачи при малых напорах. Обычно их строят на подачи от $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ и более, при напоре $H = (4-7) \text{ м}$. Осевые насосы применяются в балластных системах ледоколов и плавучих доков, в подруливающих устройствах судов. На морских паротурбинных судах эти насосы используются для прокачки заборной воды через главные конденсаторы, и как водомётные движители плоскодонных судов.

Осевые насосы не обладают сухим всасыванием и имеют малую допустимую вакуумметрическую высоту всасывания. Для обеспечения бескавитационной работы эти насосы размещают ниже свободного уровня перекачиваемой жидкости.

Для предотвращения перегрузки двигателя, особенно электродвигателя осевого насоса, пуск его в работу должен осуществляться при полностью открытых задвижках на подводящем и отводящем трубопроводах.

Назначение и классификация вентиляторов.

Вентиляторами называются нагнетатели вращательного типа, предназначенные для подачи газов или воздуха с плотностью $\rho \approx 1,2 \text{ кг/м}^3$ при напоре, не превышающем 12 кПа. Различают центробежные и осевые вентиляторы. Первые обеспечивают относительно большое давление, вторые – значительные подачи воздуха или газа при небольшом давлении.

Центробежные вентиляторы разделяют на вентиляторы низкого давления (до 1 кПа), среднего (1..3 кПа) и высокого (3...12 кПа) давления в зависимости от величины полного (сумма статического и динамического) давления, создаваемого на номинальном режиме. Классификация вентиляторов приведена на рис. 13.

Конструкции осевых и центробежных вентиляторов.

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 (рис. 14). Основными элементами ЦВ являются: корпус, рабочее колесо, спиральный отводящий канал, приемный патрубок.



Рис. 13. Классификация судовых вентиляторов

Лопастей РК могут иметь различную конструктивную форму: загнутые вперед, загнутые назад, радиальные. Количество лопастей РК может составлять от 20 до 60. Следует отметить, что центробежные вентиляторы большой производительности снабжаются дополнительно воздухонаправляющими устройствами лопаточного типа для уменьшения закрутки потока перед входом в рабочее колесо (рис. 14).

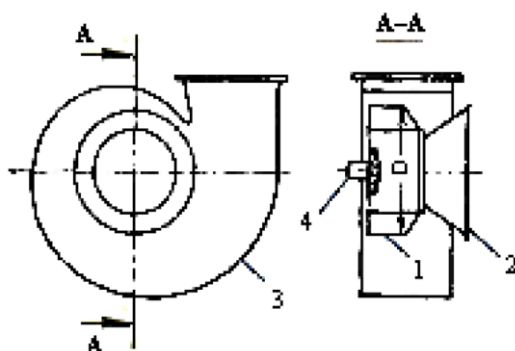


Рис. 14. Общий вид и конструктивная схема одноколесного центробежного вентилятора: 1 – рабочее колесо; 2 – приемный патрубок; 3 – спиральный отводящий канал; 4 – вал электродвигателя

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 каналу направляется в нагнетательный патрубок. К основным элементам осевых вентиляторов (ОВ) относят воздухонаправляющий аппарат, рабочее колесо, спрямляющий аппарат (рис. 15). Воздухонаправляющий аппарат (ВНА) служит для устранения закручивания потока среды перед входом в РК. Спрямляющий аппарат (СА) предназначен для раскрутки потока среды, в результате чего значительно повышается создаваемое ОВ давление.

В осевых вентиляторах движение потока воздуха направлено вдоль оси при последовательном прохождении через направляющий аппарат, рабочее колесо и спрямляющий аппарат. В зависимости от назначения и производительности в ОВ могут отсутствовать отдельные элементы. Различные варианты компоновочной схемы ОВ представлены на рис. 15. Следует отметить, что в осевых вентиляторах большой производительности рабочее колесо может выполняться с поворотными лопастями.

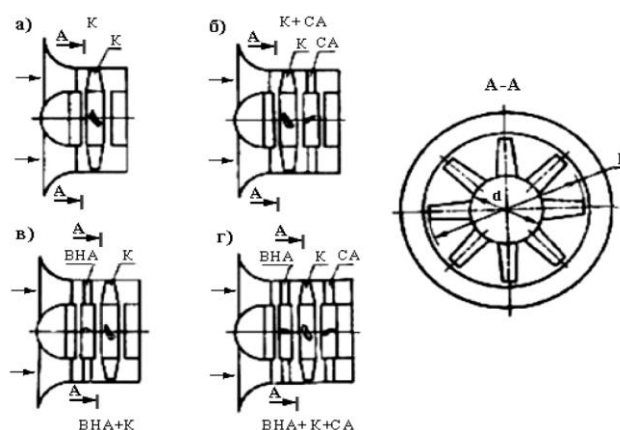


Рис. 15. Компоновочная схема осевых вентиляторов: а) рабочее колесо (К) с обтекателем; б) рабочее колесо с обтекателем + спрямляющий аппарат (СА); в) обтекатель с воздухонаправляющим аппаратом (ВНА) + рабочее колесо; г) ВНА + К + СА

Осевые вентиляторы подобно осевым насосам являются машинами низкого давления. В судовой практике чаще всего используются центробежные вентиляторы. ЦВ, благодаря использованию работы центробежных сил обеспечивают большие давления по сравнению с осевыми. Вентиляторы, исходя из назначения обслуживаемого объекта на судах, используются: в машинно-котельных отделениях; в общесудовых системах вентиляции; в системах отопления и кондиционирования воздуха.

Критерии оценивания правильности выполнения: инструктор на основе ответов на контрольные вопросы и практической демонстрации навыков оценивает результат выполнения поставленных задач и делает вывод об успешности занятия.

Форма занятия – практический семинар.

Время занятия – 2 часа.

Рекомендации по подготовке к выполнению заданий или упражнений: при подготовке к выполнению заданий обучающимся рекомендуется дополнительно изучить материалы лекций и справочный материал настоящих методических указаний.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности изучаемых конструкций динамических насосов и вентиляторов, их достоинства и недостатки?
2. Как классифицируют динамические машины?
3. Каковы особенности движения жидкости в динамических насосах?
4. Каковы особенности работы вихревого и центробежного насоса на трубопровод?
5. Каковы особенности эксплуатации лопастных насосов?
6. В чем отличие работы центробежных и осевых вентиляторов?
7. В чем преимущество центробежно-вихревых насосов?

СУДОВЫЕ НАСОСЫ И ВЕНТИЛЯТОРЫ

*Методические указания
к практическим занятиям*

Составители: **Бабышев** Сергей Евгеньевич,
Латышев Василий Юрьевич

В авторской редакции

Изд. № 139/19. Объем 1,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»