

ВВЕДЕНИЕ

Данное издание содержит рекомендации по выполнению двадцати двух лабораторных работ по дисциплине «Насосные станции и сельскохозяйственное водоснабжение». В каждой работе приводится схема лабораторной установки и дается ее описание. Далее излагаются необходимые понятия, описывается последовательность выполнения работы и приводятся основные расчетные формулы.

В конце каждой работы приведены формы таблиц, которые каждому студенту следует вычертить в тетради и заполнить их в процессе выполнения лабораторных работ. Кроме того, там же помещены вопросы для самоконтроля знаний по изучаемому разделу дисциплины.

Цель лабораторных работ по насосным станциям и сельскохозяйственному водоснабжению – ознакомить студентов с нормами и режимами водопотребления; схемами водоснабжения и составом сооружений; типами и конструкциями сооружений для забора природных вод; способами и технологиями улучшения качества воды; регулирующими, напорными и запасными емкостями и сооружениями; трубами, фасонными частями, арматурой и санитарно-техническим оборудованием зданий; устройством, принципом действия и правилами эксплуатации насосов и насосных установок.

Лабораторная работа 1. ПАРАМЕТРЫ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ И ПРАВИЛА ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Насосная установка (рис. 1.1) состоит из водозаборного устройства (нижний бьеф НБ, всасывающего трубопровода 1, самого насоса 2, напорного трубопровода 3, водоприемного устройства (верхний бьеф ВБ), запорной 4 и измерительной арматуры 5 (мановакуумметр МВ или вакуумметр В) и 6 (манометр М).

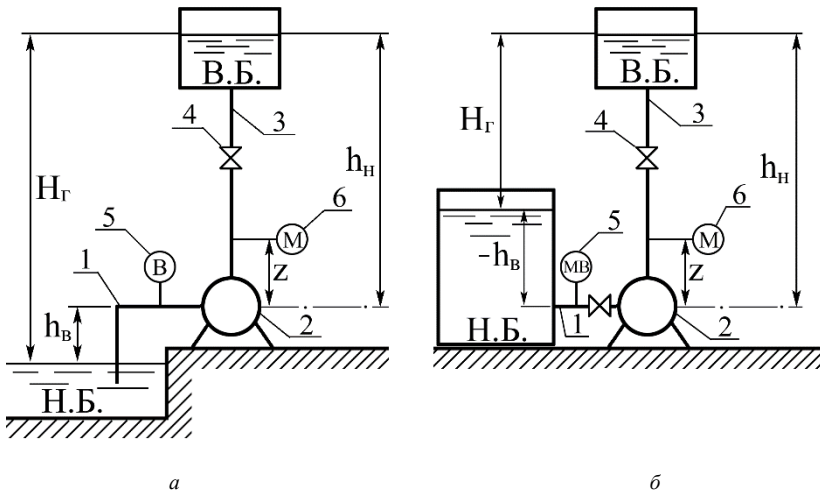


Рис. 1.1. Схемы насосной установки: а – с положительной высотой всасывания; б – с отрицательной высотой всасывания.

Основные параметры насосной установки

1. Расход (производительность, подача) – объем воды, проходящей через напорный патрубок насоса в единицу времени (Q , л/с; $\text{м}^3/\text{с}$; $\text{м}^3/\text{ч}$). На установке расход замеряется при помощи расходомера или мерного водослива.

2. Напор – разность полных удельных энергий на выходе и входе, выраженная в метрах водяного столба перекачиваемой жидкости. Тра-

тится эта энергия на преодоление высоты подъема и сопротивления трубопровода, т. е.

$$H = H_r + h_r, \quad (1.1)$$

где H – напор насоса, м;

H_r – высота подъема жидкости, или геодезический (геометрический) напор, т.е. расстояние по вертикали между уровнями воды в НБ и ВБ;

h_r – сопротивление трубопровода, т. е. сумма потерь напора (местных и по длине) во всасывающем и нагнетательном трубопроводах.

По показаниям приборов, установленных на действующей насосной установке, напор определяется по формуле

$$H = \square_m - (\pm \square_{\text{мв}}) + z + \frac{\alpha_n V_n^2 - \alpha_b V_b^2}{2g}, \quad (1.2)$$

где $\square_m = \frac{p_m}{\rho g}$ – показания манометра, м;

$\pm \square_{\text{мв}} = \frac{\pm p_{\text{мв}}}{\rho g}$ – показание мановакуумметра с учетом знака;

z – расстояние по вертикали между точками замера вакуумметрического и манометрического давления;

α – коэффициент кинетичности. Для турбулентного движения жидкости $\alpha = 1,05$;

V_b и V_n – скорости во всасывающей и нагнетательной трубе, определяемые по формуле

$$V = Q / \omega, \quad (1.3)$$

где ω – площадь сечения трубы.

Так как разность скоростных напоров невелика, то ею можно пренебречь, и формула (2) примет следующий вид:

$$H = \square_m - (\pm \square_{\text{мв}}) + z, \quad (1.4)$$

Мощность насосной установки может быть потребляемой, эффективной (N_e), т. е. полученной от двигателя, и полезной ($N_{\text{пол}}$), отдаваемой жидкости.

Потребляемая мощность определяется с помощью ваттметра, эффективная – по графику $N = f(W)$, а полезная – по формуле

$$N_{\text{пол}} = \frac{\rho g Q H}{1000}, \text{ кВт}, \quad (1.5)$$

а для воды $N_{\text{пол}} = 9,81 Q H$, кВт, (1.6)
 где Q – расход, м³/с.

3. Коэффициент полезного действия (η) показывает долю энергии, отданной жидкости насосом, по отношению к полученной, т. е.

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_e} 100, \%. \quad (1.7)$$

Коэффициент полезного действия (КПД) может выражаться и в долях от единицы.

Дополнительные параметры

1. Геометрические высоты всасывания $h_{\text{в}}$ и нагнетания $h_{\text{н}}$ – есть расстояние по вертикали от уровня воды (соответственно нижнего или верхнего бьефов) до оси насоса. Они могут быть положительными и отрицательными. При положительной высоте всасывания уровень воды в НБ ниже оси насоса, а при положительной высоте нагнетания уровень в ВБ выше оси насоса. При отрицательных высотах всасывания и нагнетания – наоборот.

2. Приведенной высотой (всасывания $H_{\text{в.п}}$ или нагнетания $H_{\text{н.п}}$) называется сумма геометрической высоты и потерь напора в соответствующем трубопроводе (всасывающем $h_{\text{т.в}}$ или нагнетательном $h_{\text{т.н}}$), т. е.

$$H_{\text{в.п}} = h_{\text{в}} + h_{\text{т.в}}, \quad (1.8)$$

$$H_{\text{н.п}} = h_{\text{н}} + h_{\text{т.н}}. \quad (1.9)$$

3. Вакуумметрической высотой всасывания $H_{\text{вак}}$ называется показание вакуумметра, выраженное в метрах водяного столба перекачиваемой жидкости:

$$H_{\text{вак}} = H_{\text{в.п}} + \frac{V_{\text{в}}^2}{2g}. \quad (1.10)$$

Правила пуска и остановки насосной установки

Перед пуском насосной установки с центробежным насосом нужно закрыть задвижку на напорном трубопроводе и залить водой насос и всасывающий трубопровод. На установке с отрицательной высотой всасывания заливка осуществляется из нижнего бьефа путем открытия задвижки на всасывающей линии, а с положительной высотой – либо с помощью вакуумного насоса, либо воронки, вставленной в заливное отверстие насоса, которое при его работе должно быть закрыто пробкой. В этом случае необходим обратный клапан на всасывающей линии. Перед остановкой двигателя насоса рекомендуется закрыть задвижку на напорном трубопроводе.

Выполнение работы

1. Студенты знакомятся с установками, переносят в журнал их схемы и приводят паспортные данные (табл. 1.1).
2. Замеряют линейкой геометрические параметры h_b ; $h_{из}$; H_T ; z и заполняют графы 1, 2, 3 и 4 табл. 1.2.
3. Запускают установки и для произвольно установленного положения задвижки на напорном трубопроводе определяют значение проходящего расхода, снимают показания мановакуумметра P_{mv} с его знаком, манометра P_m и ваттметра N . С помощью тахометра определяют частоту вращения вала двигателя n . Следует помнить, что после пуска насоса перед снятием показаний мановакуумметра и манометра с помощью трехходовых кранов их следует пролить, чтобы удалить воздух.
4. Все замеренные данные заносят в табл. 1.2 журнала лабораторных работ.
5. По приведенным выше формулам и рекомендациям вычисляют параметры насосной установки (табл.1.3 журнала лабораторных работ).

Т а б л и ц а 1.1. Паспортные данные насоса

Марка насоса	Расход Q , л/с	Напор H , м	n , об/мин	η , %	Ne , кВт	d_b , мм	$d_{из}$, мм
1	2	3	4	5	6	7	8

--	--	--	--	--	--	--	--

Т а б л и ц а 1.2. Данные измерений

h_B , м	h_{H2} , м	H_T , м	z , м	Q , л/с	N , кВт	n , об/мин	$\pm P_{MB}$, кгс/см ²	P_M , кгс/см ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Т а б л и ц а 1.3. Вычисленные параметры

V_H , м/с	V_B , м/с	$\pm h_{MB}$, м	h , м	H , м	$N_{пол}$, кВт	Ne , кВт	η , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Вопросы для самоконтроля

1. Изменится ли показание манометра насосной установки, если уровень воды в ВБ поднять на 5 м выше?
2. Изменится ли показание манометра насосной установки, если отметку воды в ВБ оставить ту же, но удалить его от насоса на 20 м?
3. Будет ли изменяться расход насосной установки, если уровень воды в ВБ поднимать вверх?
4. Будет ли изменяться расход насосной установки, если отметку воды в ВБ оставить ту же, но бак удалить на какое-то расстояние от насоса в сторону?
5. Может ли полезная мощность быть больше потребляемой и какой вывод из этого следует?
6. Для чего необходимо центробежный насос перед запуском заливать водой?
7. Изменится ли показание мановакуумметра, если высоту всасывания изменить на обратную?
8. Какова последовательность действий при запуске насосной установки с центробежным насосом в производственных условиях (высота всасывания – положительная)?
9. Можно ли определить геометрическую высоту всасывания, если неизвестно положение уровня воды в НБ?

10. Изменится ли показание манометра, если в нижнем баке понизить давление до 0,05 МПа (0,5 атм)?

Лабораторная работа 2. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ НАСОСОВ

Конструкция центробежных насосов

В центробежных насосах жидкость подается за счет центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса. Перед пуском насоса всасывающую трубу и корпус насоса заполняют водой. Схема центробежного насоса показана на рис. 2.1.

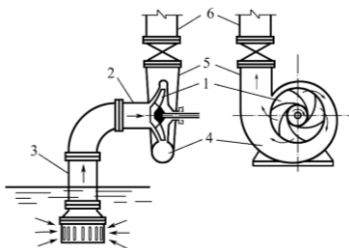


Рис. 2.1 Схема центробежного насоса

Рабочее колесо *1* состоит из двух дисков, отстоящих на некотором расстоянии друг от друга. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Внутренние поверхности дисков и боковые поверхности лопастей образуют межлопастные каналы колеса (рис.2.2). В этих насосах жидкость при входе в рабочее колесо движется в осевом направлении, а затем в самом колесе – в радиальном.

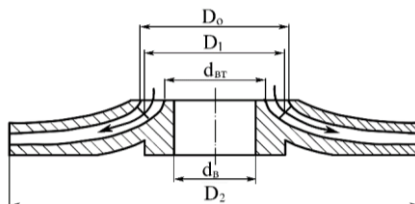


Рис. 2.2. Рабочее колесо насосов типа К (КМ)

При вращении колеса под действием центробежной силы жидкость непрерывно движется по межлопастным каналам от центра к периферии, приобретая при этом большую скорость.

Вода, выходя из каналов, создает у входа в рабочее колесо разрежение. Жидкость подводится через отверстие в переднем диске рабочего колеса *1* с помощью всасывающего патрубка *2* и всасывающего трубопровода *3*. Движение жидкости по всасывающему трубопроводу происходит за счет разности давлений над свободной поверхностью жидкости в водоисточнике (атмосферное) и в центральной (входной) части рабочего колеса (разрежение). Отвод жидкости из рабочего колеса осуществляется через спиральный канал *4*, который переходит в короткий диффузор, образующий напорный патрубок *5*, соединяемый обычно с напорным трубопроводом *6* посредством задвижки. При выходе жидкости из рабочего колеса в спиральную камеру происходит уменьшение ее скорости за счет увеличения сечения камеры, причем часть кинетической энергии переходит в потенциальную, увеличивая тем самым первоначальное давление, создаваемое колесом.

Консольные насосы типа К и КМ. Это насосы горизонтальные одноступенчатые с односторонним подводом жидкости к рабочему колесу. Предназначены для перекачивания воды (кроме морской) с температурой от 0 до 85 °С, содержащей твердые включения размером до 0,2 мм, объемная концентрация которых не превышает 0,1 %. Они могут быть изготовлены для перекачивания воды с температурой до 105 °С.

По конструкции насосы типа К (консольные) и типа КМ (консольно-моноблочные) отличаются только тем, что первые соединяются с электродвигателем с помощью муфты, так как имеют собственную станину, вторые с электродвигателем представляют единый блок, т. е.

рабочее колесо насоса располагается на консоли вала электродвигателя. Корпус насоса крепится к корпусу двигателя.

Марка этих насосов ГОСТ 22247-76 следующая: К- $Q_ч$ /Н, где $Q_ч$ и Н – соответственно часовая производительность в м³/ч и напор в метрах при максимальном КПД.

Основные детали насосов типа К: корпус насоса 3, крышка корпуса с всасывающим патрубком 2, рабочее колесо 1, вал 4, узел уплотнения вала (сальниковый узел) 6, опорная стойка 9 и соединительная упругая муфта (см. стенд).

В моноблочных насосах типа КМ рабочее колесо 6 насажено непосредственно на вал электродвигателя с удлиненным концом 7, а корпус насоса 1 прикреплен к фланцу электродвигателя (см. стенд). Таким образом, по сравнению с насосом типа К в моноблочных насосах отсутствуют опорная стойка, вал и соединительная муфта.

Корпус насоса представляет собой чугунную отливку, внутренняя полость которой изготовлена в виде спирали, переходящей в напорный патрубок. В нижней части корпуса имеется отверстие, закрытое пробкой 8, для слива жидкости из полости насоса перед длительной остановкой или его разборкой. В верхней части корпуса имеется отверстие, закрытое пробкой 10, для заливки насоса перед его пуском.

Рабочее колесо 1 (см. стенд) – закрытого типа, закреплено на валу насоса с помощью шпонки и гайки с левой резьбой. У насосов мощностью до 10 кВт рабочие колеса неразгруженные, а у насосов мощностью более 10 кВт – разгруженные от осевых усилий. Разгрузка достигается за счет разгрузочных отверстий 11 (см. стенд) в заднем диске рабочего колеса. Благодаря разгрузке снижается давление перед узлом уплотнения вала. Уплотнение вала насоса 4 (см. стенд) осуществляется сальником с мягкой хлопчатобумажной набивкой. Набивка сальника поджимается крышкой 7.

У насосов мощностью 10 кВт и выше между кольцами набивки устанавливается кольцо гидравлического уплотнения 12. Вода на это кольцо поступает по каналу (полости) 13 из корпуса насоса. При вращении вала между ним и этим кольцом образуется водяное кольцо, обеспечивая тем самым гидрозатвор в зоне узла уплотнения вала, который препятствует проникновению воздуха в полость насоса.

Опорная стойка 9 у насосов типа К представляет собой опорный кронштейн, в котором в шарикоподшипниках 5 установлен вал насоса.

Направление вращения вала – против часовой стрелки, если смотреть со стороны электродвигателя. Насосы типа К соединяются с электродвигателем упругой муфтой.

Насосы типа Д. Насосы типа Д и НД центробежные, одноступенчатые, горизонтальные, с закрытым лопастным колесом, двусторонним входом жидкости на него предназначены для подъема воды и других чистых жидкостей при температуре до 100 °С (373 К). Эти насосы применяются в мелиоративных стационарных, передвижных и плавучих насосных станциях, тепловых электростанциях и предприятиях других отраслей народного хозяйства.

По ГОСТ 22247-76 все насосы с двойным входом имеют одно написание марки Д $Q_ч$ -Н, здесь $Q_ч$ и Н имеют те же значения, что и у консольных насосов.

Основные детали насосов типа Д (см. стенд): корпус 2, крышка корпуса 10, рабочее колесо 1, вал 3.

Корпус насоса 2 представляет собой сложную чугунную отливку с входным патрубком, спиральным отводящим каналом и напорным патрубком. Входной и напорный патрубки расположены в нижней части корпуса и направлены в противоположные стороны. Такое расположение патрубков, а также горизонтальный разъем корпуса позволяют осматривать, ремонтировать и заменять различные детали без демонтажа насоса.

Рабочее колесо (рис. 2.3) с двусторонним входом жидкости имеет ряд преимуществ по сравнению с колесом одностороннего входа: увеличена подача, уравновешено давление жидкости на колесо.

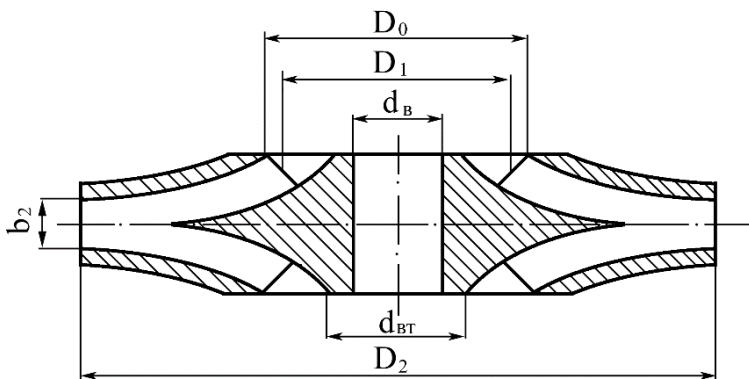


Рис. 2.3. Рабочее колесо насоса типа Д (НД).

Уплотнение вала в местах его выхода из корпуса осуществляется двумя сальниками 6 (см. стенд). Сальники состоят из корпуса, крышки, сальниковой набивки, кольца гидравлического уплотнения и грундбуксы. Торцевая поверхность грундбуксы служит опорой для сальниковой набивки. Кольцо гидравлического уплотнения устанавливается против отверстия в крышке 10 насоса, через которое по трубкам 11 подводится к сальнику вода под давлением. Вал вращается в двух подшипниках 4, корпуса подшипников прикреплены к кронштейнам 12, отлитым за одно целое с корпусом насоса. Корпус подшипников имеет камеру, куда может быть подана вода для их охлаждения.

Насосы с вертикальным валом типа В. Насосы типа В центробежные, одноступенчатые, с осевым входом жидкости в рабочее колесо предназначены для подачи чистой жидкости от 1 до 35 м³/с при напоре 22...110 м и температуре до 35 °С (308 К). По конструкции эти насосы аналогичны консольным насосам, но с вертикальным валом (см. стенд). Они применяются для орошения, промышленного водоснабжения и в других отраслях народного хозяйства.

Насосы типа В по ГОСТ 19740-74 имеют следующую маркировку: ДнВ – Q/Н (1000–4/40), где Дн – диаметр напорного патрубка, уменьшенный в 25 раз, мм, В – вертикальный; Q – подача (м³/с) и Н – напор (м) при максимальном значении КПД.

Насосы для перекачки загрязненных жидкостей. К ним относятся фекальные (типа Ф), песковые (типа П) и грунтовые (типа Гр). Это центробежные, одноступенчатые консольного типа насосы, которые имеют некоторое отличие от насосов типа К и КМ, предназначенных для перекачки чистой воды. Рабочее колесо этих насосов (см. стенд) имеет более широкую проточную часть и меньшее число лопаток. Изготавливается из износостойчивых материалов, а иногда и с футеровкой из резины.

В сальниковый узел и гидравлический затвор подается чистая вода из водопровода. Применяются в канализационных насосных станциях (тип Ф) для перекачки водно-песчаной смеси при строительстве намывных дамб (тип П) и в землесосных снарядах (тип Гр).

Маркируются эти насосы так же, как консольные, но с заменой букв К и КМ на Ф, П или Гр.

Многоступенчатые скважинные насосы. К числу многоступенчатых относятся артезианские насосы типа А, НА, АТН, ЦТВ и др.

Наиболее широко применяются насосы типа ЭЦВ с погружным электродвигателем. Обозначаются эти насосы следующим образом: ЭЦВ $d_{\text{скв}}-Q_{\text{ч}}-H$, где Э – электрический; Ц – центробежный; В – для воды; $d_{\text{скв}}$ – минимальный диаметр скважины, уменьшенный в 25 раз, мм; $Q_{\text{ч}}$ и H – соответственно производительность, м³/ч и напор, м (например, ЭЦВ 8-16-85).

В электропогружных насосах типа ЭЦВ для скважин с диаметром до 200 мм рабочие колеса и направляющие аппараты выполняются из полистирола и полипропилена, радиальные подшипники и подпятники – резинометаллические. Привод насосов осуществляется погружными водозагретыми и однофазными (насосы для скважин 100 мм) и трехфазными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутыми роторами. Энергия к электродвигателю, расположенному в скважине ниже насоса, подводится сверху по специальному кабелю. Входное для воды отверстие насоса находится между двигателем и насосом и защищено сеткой 9 (см. стенд).

Насос ЭЦВ состоит из набора секций, ротора, верхнего и нижнего подшипников, головки, стяжек. Рабочие колеса 4 закреплены на валу 5 с помощью шпонки и фиксированы от осевого смещения распорными втулками 3 и гайкой. Отвод воды от рабочего колеса одной ступени и подвод ее к входному отверстию последующей ступени осуществля-

ются с помощью направляющего аппарата 6. Удерживание направляющих аппаратов от проворачивания их в корпусе секций осуществляется выступами на разделительных дисках 10, которые устанавливаются между ступенями и имеют резиновые уплотнительные кольца. Всасывающий 11 и нагнетательный 2 патрубки насоса отлиты из чугуна, одновременно они служат корпусами нижнего и верхнего резинометаллических подшипников вала. В корпусе нагнетательного патрубка расположен обратный клапан. Верхняя часть нагнетательного патрубка имеет внутреннюю резьбу для присоединения насоса к водоподъемной трубе 1. Смазка и охлаждение подшипников осуществляются подаваемой жидкостью. Вал насоса для предохранения от износа в подшипниках защищен гильзами из нержавеющей стали. Частичное уравновешивание силы осевого давления в насосе достигается разгрузочными отверстиями в ведущих дисках рабочих колес. Остальная сила осевого давления, а также масса роторов насоса и двигателя воспринимаются опорной пятой электродвигателя 8. Вал насоса соединяется с валом электродвигателя жесткой муфтой 7.

Насосный агрегат, подвешенный в скважине на колонне водоподъемных труб, опускают на такую глубину, чтобы верхний фланец клапанной коробки находился ниже динамического уровня не менее чем на 1–1,5 м. Автоматизация работы насосной установки осуществляется с помощью специальной аппаратуры в зависимости от уровня воды или давления в напорно-регулирующем баке и от динамического уровня воды в скважине.

Аппаратура поставляется заводами в комплекте с насосами. В нее входят станция автоматического управления, датчики уровня или давления, датчик сухого хода.

Автоматическое включение и выключение насоса производится станцией по сигналам датчиков в зависимости от уровней воды в баке водонапорной башни или скважине (водозаборе). С помощью датчика сухого хода производится автоматическое отключение электродвигателя насоса при понижении динамического уровня воды в скважине сверх допустимого. Станция обеспечивает возможность и ручного управления.

Принцип действия и конструкции осевых насосов

Насосы типа О и ОП. Насосы осевые, одноступенчатые предназначены для подачи чистой воды с температурой не более 35 °С, содержанием взвешенных частиц не более 3 г/л, размер которых не более 0,1 мм (из них абразивных частиц не более 2 %). Насосы применяются для циркуляционного водоснабжения тепловых и атомных электростанций, в оросительных и осушительных системах, в промышленности и других отраслях народного хозяйства. По согласованию с заводом допускается применять насосы для перекачивания других жидкостей.

В соответствии с ГОСТ 9366-80 «Насосы осевые. Общие технические условия» выпускается два типа осевых насосов: тип О – с жестко закрепленными лопастями и тип ОП – с поворотными лопастями рабочего колеса (рис. 2.4). Насосы изготавливаются с горизонтальным (Г) и вертикальным (В) расположением вала.

Осевые насосы выпускаются семи моделей (2, 3, 5, 6, 10, 11, 16), по ГОСТ 9366–80 (2, 3, 5, 6, 8, 10, 11), и восьми модификаций: К – с камерным подводом; МК – малогабаритным с камерным подводом; МБК – моноблочный с камерным подводом; МБ – моноблочный; Э – с электроприводом поворота лопастей; КЭ – с камерным подводом и электроприводом поворота лопастей; МКЭ – малогабаритный с камерным подводом и электроприводом поворота лопастей; ЭГ – с электрогидроприводом поворота лопастей.

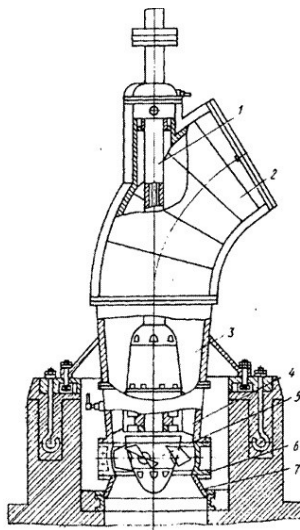


Рис. 2.4. Конструкция осевого насоса типа ОП

В осевых насосах при взаимодействии лопастей с потоком возникает подъемная сила, за счет которой жидкая среда перемещается вдоль оси колеса насоса. Вход и выход жидкости на рабочее колесо осуществляется в осевом направлении. Ввиду того, что окружные скорости вдоль радиуса рабочего колеса неодинаковы (в центре окружности скорость равна нулю, а на торце лопаток она имеет максимальное значение), то и давления в жидкости вдоль радиуса окажутся разными, в результате чего возникает вихреобразование. Для устранения этого явления в рабочем колесе насоса устраивается массивная втулка с короткими лопатками. Жидкость при выходе из рабочего колеса приобретает вращательное движение вокруг оси вала, на что тратится часть энергии. С целью выравнивания движения и повышения КПД насоса выше рабочего колеса устанавливается выправляющий аппарат с неподвижными лопастями. В результате на выходе из рабочего колеса происходит преобразование части кинетической энергии в потенциальную, т. е. увеличивается напор насоса.

Основными узлами насоса являются (см. стенд): ротор, состоящий из вала 5 и рабочего колеса 3, корпус насоса (отвод) 8, диффузор 6 с

лапами 7 для крепления насоса к фундаментным плитам, выправляющий аппарат 2, разъемная камера 9 колеса, переходное кольцо 10.

Рабочее колесо 3 состоит из втулки и лопастей, обтекателя. У насосов типа О жесткое крепление лопастей к втулке, а у насосов типа ОП имеется механизм разворота лопаток, и лопасти могут поворачиваться. Вал насоса вращается в двух подшипниках 1 с лигнофолевыми или резиновыми вкладышами с водяной смазкой. Осевая сила и масса ротора насоса воспринимаются пятой электродвигателя, за исключением насоса ОВ5-47МБК. Выправляющий аппарат имеет неподвижные лопасти, устанавливается выше рабочего колеса и служит для уменьшения закрутки потока, что уменьшает потерю напора.

Условное обозначение марок осевых насосов: ОГ6-25, ОВ5-55МК, О – осевой насос с жестко закрепленными лопатками рабочего колеса; В или Г – с вертикальным или горизонтальным расположением вала; ОП – осевой с поворотными лопастями; цифры после букв (6, 5) – модель типового колеса (номер модели насоса); следующая цифра (25, 55) – диаметр рабочего колеса, см; буквы после цифр (МК) – модификация насоса, которая может не указываться.

Погружные моноблочные осевые насосы типа ОПВ и ОМПВ.

Насосы типа ОПВ представляют собой моноблочный насосный агрегат со встроенным электродвигателем со стороны всасывающей части насоса. Электродвигатель установлен в «сухом» герметичном корпусе. Ротор электродвигателя и рабочее колесо находятся на одном валу. Рабочее колесо насажено консольно и имеет жесткое крепление лопастей. На выходе вала из электродвигателя находится уплотнительный узел, который предотвращает попадание воды внутрь электродвигателя. Просочившаяся вода собирается в сборнике, из которого удаляется избыточным давлением воздуха. Воздух подается в полость электродвигателя под давлением 0,03–0,05 МПа. Насосы типа ОМПВ представляют собой погружной агрегат моноблочного типа, состоящий из встроенного водозаполненного асинхронного электродвигателя и насосной части. Ротор электродвигателя насажен на вал, который вращается в двух опорах скольжения. К ротору электродвигателя крепится рабочее колесо (консольно) осевого типа с жестким креплением лопастей. Попадание перекачиваемой воды в полость электродвигателя осуществляется за счет торцового уплотнения в подшипниковых щитах.

Насосы типа ОПВ и ОМПВ имеют конический подвод (всасывающий патрубок), рабочее колесо с жестко закрепленными лопастями, рабочую камеру, лопаточный отвод (выправляющий аппарат), отвод и корпус.

Эти насосы могут поставляться на салазках (катках) или на шарнире. Условные обозначения (маркировка) насосов следующие: ОПВ $Q_ч$ -Н; ОМПВ $Q_ч$ -Н: О – осевой; М – моноблочный; П – погружной; В – для подачи воды; $Q_ч$ – подача (м³/ч); Н – напор (м). Примеры маркировки: ОПВ 2500-4,2, ОМПВ 250-10,5.

Выполнение работы

Насосы типа К, КМ. 1. Изучается конструкция и принцип действия насоса. Выявляется назначение и взаимодействие его деталей. Вычерчивается эскиз рабочего колеса.

1. Определяется марка насоса по старому ГОСТ 8337-57. Для этого необходимо измерить с точностью до 1 мм размеры деталей, указанные в табл. 2.2 журнала лабораторных работ. С помощью табл.2.1 по отношению D_2/D_0 устанавливается коэффициент быстроходности n_s , а по величине диаметра всасывающего патрубка определяется первая цифра, входящая в марку насоса.

2. Устанавливается марка ГОСТ 22247-76. Для этого необходимо по установленной марке в каталоге отыскать характеристики насоса и, используя кривую $H-Q$ (для измеренного диаметра рабочего колеса) при максимальном КПД, снять значения Q и H , входящие в марку ГОСТ 22247-76.

Т а б л и ц а 2.1. Классификация рабочих колес по быстроходности

№ п.п.	Наименование насосов	D_2/D_0	n_s , об/мин	Степень быстроходности
1	Центробежные	3	60	Тихоходные
2	Центробежные	2	70–150	Нормальные
3	Центробежные	1,6–1,2	150–350	Быстроходные
4	Диагональные	1,2–1,1	350–600	Быстроходные
5	Осевые	0,8	600–1200	Быстроходные

Насосы типа Д, НД. 1. После изучения конструкции насоса и взаимодействия его деталей делаются замеры, которые заносятся в табл. 2.2.

2. Устанавливается марка насоса по ГОСТ 8337-57. При этом степень напорности (буквы н, с, в) определяется с помощью каталога характеристик по величине первой цифры, входящей в старую марку. Следует помнить, что базовой является характеристика, полученная при максимальном числе оборотов.

3. Переход от ГОСТ 8337-57 к ГОСТ 22247-76 осуществляется аналогично тому, как это делается для насоса типа К.

Насосы типа О, Оп. 1. Тип насоса (О или Оп) определяется по рабочему колесу. Если его лопатки закреплены жестко, то тип насоса О, а если они могут поворачиваться, то – Оп.

2. Марка насоса устанавливается в зависимости от числа лопаток рабочего колеса и его диаметра. Вторая модель осевого насоса имеет 5 лопастей, третья и девятая – 6, пятая и одиннадцатая – 4, шестая и восьмая – 3 лопасти.

Все установленные сведения заносятся в табл. 2.3 и вычерчивается эскиз рабочего колеса.

Насос ЭЦВ. 1. Изучается конструкция насоса с помощью разреза и плаката.

2. Марка насоса устанавливается путем замера его наружного диаметра (уменьшив его в 25 раз, получим первую цифру марки) и подсчета количества ступеней нагнетания. По этим данным с помощью каталога скваженных насосов устанавливается расход и напор, т. е. окончательная марка насоса.

3. Заполняется табл. 2.4 и вычерчивается эскиз погружного насоса.

Т а б л и ц а 2.2. Результаты измерений и определений насосов К и Д

Тип	Диаметры патр., мм		Сторон всасывания	Размеры рабочего колеса, мм				n_s	Марка по ГОСТ	
	$d_{вс}$	d_n		D_2	D_0	$d_в$	D_2/D_0		8337-57	22247-76
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Т а б л и ц а 2.3. Результаты измерений и определения марки насоса типа О

Диаметры патрубков, мм	Диаметр рабо-	Число	Крепление	Марка

Всас.	Нагнет.	чего колеса, мм (D_0)	лопаток	лопаток	насоса по ГОСТ
1	2	3	4	5	6

Т а б л и ц а 2.4. Результаты измерений и определений артезианского насоса

Тип насоса	Диаметр насо- са, мм	Диаметр нап. патрубка, мм	Число ступе- ней нагнет.	Марка насоса по ГОСТ
1	2	3	4	5

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается сходство и различие насосов типа Д и типа К?
2. Как установить, что в работающем центробежном насосе нормально функционирует гидравлический затвор?
3. Можно ли установить максимальный КПД конкретного, но безымянного насоса?
4. Будет ли работать насос типа К, если его вал расположить вертикально?
5. Почему центробежный насос называют центробежным?
6. Будет ли работать осевой насос, если убрать выправляющий аппарат?
7. Можно ли определить коэффициент быстроходности n_s , имея марку насоса (например 4КМ-100/50)?
8. Можно ли определить максимальный КПД насоса типа Д, зная только его марку (например Д 500-40)?
9. В чем заключается сходство и различие насосов ЭЦВ от других изучаемых центробежных насосов?
10. Почему на напорном патрубке осевого насоса не рекомендуется устанавливать задвижку?

Лабораторная работа 3. ИСПЫТАНИЕ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ С ЦЕНТРОБЕЖНЫМ НАСОСОМ

Перед началом испытаний установку нужно осмотреть, проверить наличие приборов и их исправность.

Лабораторная работа выполняется на установках «а» и «б» (см. рис. 1.1). Порядок проведения испытания следующий:

1. На установке «а» заливка насоса осуществляется через заливную пробку на корпусе насоса. На установке «б» насос находится под заливом постоянно.

2. Закрывают задвижку 4 на напорной линии.

3. Включают в работу двигатель насоса.

4. Открывают полностью задвижку 4 для того, чтобы удалить воздух из насоса и трубопроводов. Проливают соединительные трубки манометра, мановакуумметра и дифференциального манометра. В процессе испытания эту операцию систематически повторяют. Соединяют манометр и мановакуумметр с атмосферой, проверяют установку нулей шкал.

5. Закрывают задвижку 4 и снимают показания первой точки замера при $Q = 0$. При таком положении задвижки снимают показания мановакуумметра, манометра, ваттметра, замеряют частоту вращения вала двигателя. Затем задвижка 4 приоткрывается. После установления режима производят отсчет Q по расходомеру или водосливу и снимают показания остальных приборов. Аналогичным образом, увеличивая открытие задвижки 4 до максимального значения расхода, проводят 5–8 опытов. Данные, полученные при испытаниях, заносят в табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1. Данные измерений

Номер опыта	$P_{мв}$, кгс/см ²	P_m , кгс/см ²	Расходомер, водослив	N , кВт	n_1 , об/мин
1	2	3	4	5	

Аналитическая обработка данных

1. Напор насоса H при известных показаниях манометра и мановакуумметра определяется по формуле (1.2).

2. Потребляемую мощность (Ne) снимаем по графику $N = f(W)$, построенному с учетом коэффициента полезного действия электродвигателя.

3. Полученные значения Q , H , N пересчитываются на постоянную частоту вращения ($n = \text{const}$) по формулам подобия:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2; \quad \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3, \quad (3.1)$$

где Q_1, H_1, N_1 – измеренные расход, напор, мощность;
 Q_2, H_2, N_2 – пересчитанные расход, напор и мощность;
 n_1 – измеренная частота вращения;
 n_2 – постоянная частота вращения.

Тогда пересчитанные значения расхода, напора и мощности определяются по следующим формулам:

$$Q_{\Pi} = Q_1 \frac{n_2}{n_1}; \quad H_{\Pi} = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2; \quad N_{\Pi} = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3, \quad (3.2)$$

Если обозначить $i = \frac{n_2}{n_1}$, то формулы (3.2) примут вид

$$Q_{\Pi} = iQ_{\text{зам}}; \quad H_{\Pi} = i^2 H_{\text{зам}}; \quad Ne_{\Pi} = i^3 Ne_{\text{зам}} \quad (3.3)$$

4. Пересчитанная полезная мощность насоса $N_{\text{пол. п}}$ определяется по формуле (1.6) по Q_{Π} и H_{Π} .

5. Коэффициент полезного действия насоса η определяется по формуле (1.7) по пересчитанным мощностям.

Результаты обработки заносят в журнал лабораторных работ (табл. 3.2). После заполнения всех граф табл.3.2 строят графики $H = f(Q)$; $\eta = f(Q)$; $N = f(Q)$ при $n = \text{const}$, которые должны иметь вид, изображённый на рис. 3.1. Они называются рабочими характеристиками насоса.

Т а б л и ц а 3.2. Результаты обработки опытных данных

Номер опыта	$h_{\text{мв}}$, м	$h_{\text{м}}$, м	H , м	Q , л/с	Ne , кВт	n_2 , об/мин	i	i^2	i^3	Q_{Π} , л/с	H_{Π} , м	Ne_{Π} , кВт	$N_{\text{пол. п}}$, кВт	η , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

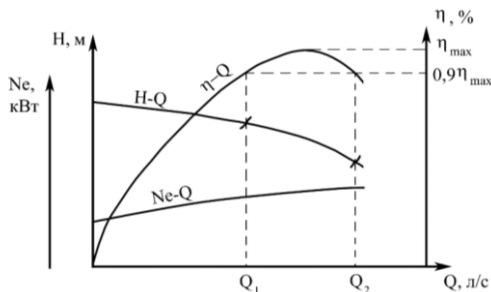


Рис. 3.1. Рабочие характеристики центробежного насоса

После построения рабочих характеристик определяют рабочую зону насоса, которая соответствует снижению максимального КПД на 10 % и показывает оптимальный диапазон изменения расхода (от Q_1 до Q_2) и соответствующего напора данного насоса.

Вопросы для самоконтроля

1. Для каких целей получают рабочие характеристики центробежного насоса?
2. Изменится ли положение напорной характеристики, если повторить эту же работу, но с диаметрами трубопроводов, увеличенными в 2 раза?
3. Изменится ли положение напорной характеристики, если в повторном опыте изменить высоту всасывания на обратную?
4. Изменяются ли максимальные значения Q , H , N и КПД (если да, то во сколько раз), если число оборотов насоса уменьшится в 2 раза?
5. Почему запуск центробежного насоса рекомендуется осуществлять с закрытой задвижкой на напорном трубопроводе?
6. Изменится ли значение максимального КПД, если повторить испытания, но с более мощным электродвигателем при том же числе оборотов?
7. Что такое «рабочая зона» и зачем она нужна?
8. Что произойдет с кривой $H - Q$, если повторить опыт при условии, что верхний бак поднят на 5 м выше?
9. Что будет происходить с кривой КПД – Q , если повторить несколько раз испытания, уменьшая каждый раз число оборотов?

10. Как, используя характеристики насоса, установить, что он с максимальной эффективностью обеспечит заданный расход Q_p и напор H_p при данном трубопроводе?

Лабораторная работа 4. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НА ОДИН ТРУБОПРОВОД

Одновременная работа нескольких центробежных насосов на общий напорный трубопровод называется параллельной работой насосов (рис. 4.1).

До начала испытаний нужно построить на миллиметровой бумаге частные характеристики $H - Q_1$ насоса № 1 и $H - Q_2$ насоса № 2 и суммарную характеристику $H - (Q_1 + Q_2)$ двух насосов, работающих на отдельные трубопроводы (рис. 4.1).

Для построения характеристики первого насоса используются данные лабораторной работы 3 (см. табл. 3.2), а для характеристики второго насоса студенты получают готовые лабораторные данные расхода и напора. Суммарная характеристика $H - (Q_1 + Q_2)$ (рис. 4.2) строится путем сложения расходов Q обоих насосов при одинаковых напорах. После этого приступают к испытанию насосной установки.

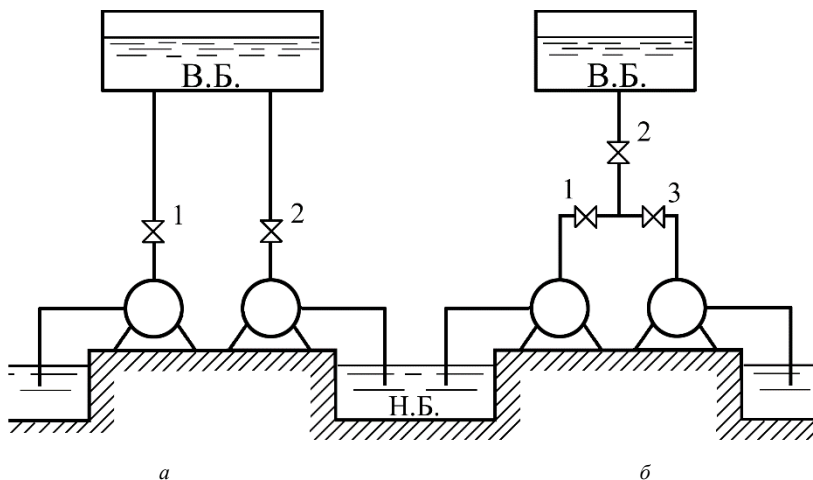


Рис. 4.1. Схема совместной работы двух центробежных насосов: *a* – каждого на свой напорный трубопровод; *б* – параллельная работа на общий напорный трубопровод

Испытания проводятся в следующем порядке:

1. Установку осматривают, проверяют наличие необходимых приборов.
2. Насосы *1* и *2* подсоединяют параллельно, т. е. по схеме «б» (рис. 4.1).
3. Насосы заливают водой, задвижки *1* и *3* закрывают, а задвижку *2* открывают.
4. Включают в работу двигатели, открывают полностью задвижки *1*, *2*, *3* удаляют воздух из насоса и трубопроводов.
5. Проливают соединительные трубки манометров, мановакуумметров и дифференциального манометра. Соединяют манометр и мановакуумметр с атмосферой, проверяют установку нулей шкал.

Испытания начинают при полностью закрытой задвижке *2*, когда расход $Q = 0$. Задвижки *1* и *3* во время опытов держат постоянно открытыми. При таком положении получают первую точку наблюдений, для которой снимают показания мановакуумметра, манометра и записывают частоту вращения вала двигателя насоса *1*. Можно снимать показания мановакуумметра и манометра насоса *2*, так как в точке объединения трубопроводов напоры насосов будут одинаковыми. Затем задвижку *2* приоткрывают и, после установления режима, производят следующее определение Q по дифманометру или водосливу и тарировочной кривой, снимают показания остальных приборов. Аналогичным образом, постепенно открывая задвижку до полного открытия, выполняют 5...8 опытов.

Опытные данные заносятся в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1. Данные измерений

Номер опыта	$P_{мв}$, кгс/см ²	P_m , кгс/см ²	Водослив, расходомер	n_1 , об/мин
1	2	3	4	5

Аналитическая обработка данных

Величины $h_{мв}$, h_m , H подсчитываются таким же образом, как и в работах 1 и 3. При подсчете V_B и V_H следует помнить, что подаваемый расход делится между двумя насосами. Напор и расход пересчитываются на постоянное число оборотов с помощью множителя i , как это было в предыдущей работе. Обработанные данные записываются в журнал лабораторных работ (табл. 4.2).

После заполнения таблицы на миллиметровую бумагу, где построена суммарная характеристика $H - (Q_1 + Q_2)$ двух отдельно работающих насосов, наносят данные таблицы и получают опытную суммарную характеристику $H - Q_{1+2}$ двух насосов при их параллельной работе.

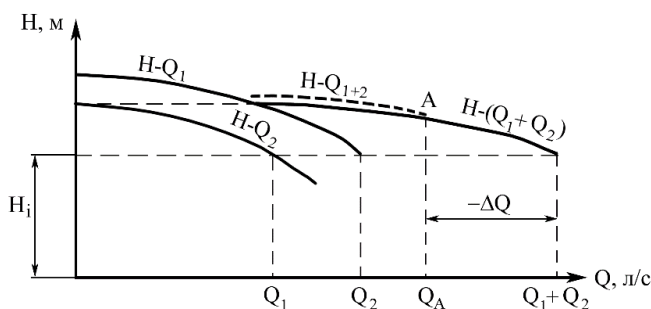


Рис. 4.2. Суммарные характеристики для двух центробежных насосов, работающих параллельно.

Максимальный суммарный расход двух насосов, работающих на отдельные трубопроводы, будет больше максимального расхода двух насосов, работающих параллельно на один трубопровод. Эта разница ΔQ определяется графическим путем и называется дефицитом в подаче при параллельной работе двух центробежных насосов на один трубопровод.

Возникает она вследствие того, что расход $Q_{общ} = Q_1 + Q_2$ при напоре H_i , развиваемом насосом, по данному напорному трубопроводу пройти не может, так как в нем возникают потери больше, чем напор насоса H_i . Поэтому фактический расход Q_A , при котором потери напора и напор насоса равны, будет меньше на величину ΔQ .

Таблица 4.2. Результаты обработки опытных данных

Номер опыта	$h_{мв}, \text{ м}$	$h_{м}, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$Q, \text{ л/с}$	$n_2, \text{ об/мин}$	i	i^2	$Q_p, \text{ л/с}$	$H_p, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли, не прибегая к лабораторным испытаниям, определить дефицит подачи, имея частные характеристики насосов?
2. Что такое дефицит подачи, какова причина его возникновения и способы уменьшения?
3. Изменится ли величина дефицита подачи, если повторить опыт, но с измененной на обратную высотой всасывания?
4. Как установить максимальное число насосов, объединяемых для параллельной работы на один трубопровод?
5. Изменится ли величина дефицита подачи, возникающей при работе двух параллельно соединенных насосов, если провести испытания через длительный срок эксплуатации?
6. Можно ли, а если можно, то как получить суммарную характеристику при частоте n_1 , если частные характеристики даны при частоте n_2 оборотов в минуту?

Лабораторная работа 5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НА ОДИН ТРУБОПРОВОД

Для того чтобы увеличить напор насосной установки, насосы можно объединить либо по схеме “а”, либо по схеме “б” (рис.5.1)

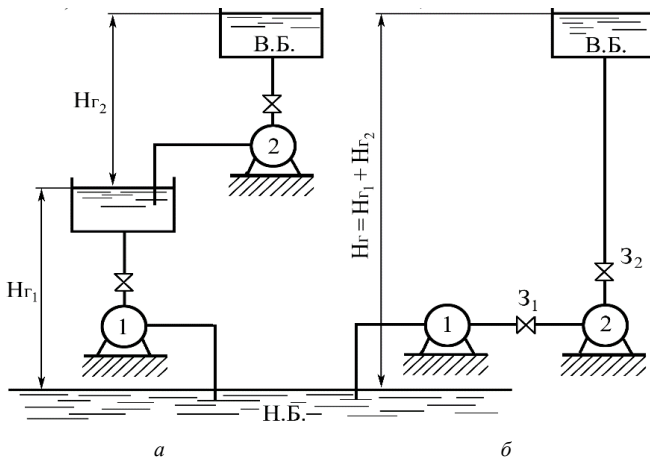


Рис. 5.1. Схемы последовательной работы двух центробежных насосов:
a – каждого на свой напорный трубопровод; *б* – на общий трубопровод

Перед началом испытаний нужно построить на миллиметровой бумаге частные характеристики $H_1 - Q$ насоса 1 и $H_2 - Q$ насоса 2. Затем путем суммирования напоров при одинаковых расходах строят суммарную характеристику по напору $(H_1 + H_2) - Q$ двух насосов, работающих отдельно.

Для построения частной характеристики $H_1 - Q$ насоса 1 используется лабораторная работа 3 (табл. 3.2), а координаты характеристики $H_2 - Q$ насоса 2 снимаются с рис. 4.2 рабочего журнала лабораторной работы 4.

1. Проверяют наличие и исправность измерительных приборов.
2. Насосы 1 и 2 подсоединяют последовательно, т. е. по схеме *б* (рис. 5.1).
3. Насос 1 заливают водой, закрывают задвижки $З_1$ и $З_2$.
4. Включают в работу двигатель первого насоса и полностью открывают задвижку $З_1$, заполняя водой насос 2.
6. Включают в работу двигатель второго насоса. Полностью открывают задвижку $З_2$ для удаления воздуха из насоса и трубопроводов. Проливают соединительные трубки манометров, мановакуумметров. Испытание начинают при полностью закрытой задвижке $З_2$, когда расход $Q = 0$. Задвижку $З_1$ во время опытов держат постоянно полностью

открытой. При таком положении получают первую точку наблюдений, для которой снимают показания мановакуумметров, манометров, ваттметра (большее из двух) и частоту вращения вала того насоса, где большее показание ваттметра. Затем задвижку Z_2 приоткрывают и после установления режима производят определение расхода по расходу меру или водосливу и тарировочной кривой, снимают показания остальных приборов. Аналогичным образом, постепенно открывая задвижку до полного открытия, выполняют 5–8 опытов. Опытные данные заносят табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1. Данные измерений

Номер опыта	P_{MB1} , кгс/см ²	P_{M1} , кгс/см ²	P_{MB2} , кгс/см ²	P_{M2} , кгс/см ²	Расходомер, водослив	N , кВт	n_1 , об/мин
1	2	3	4	5	6	7	8

Аналитическая обработка данных

Величины N , h_{MB} , h_M и другие (табл. 5.2) подсчитываются аналогичным образом как в работе 3. Поскольку насосы работают последовательно, суммарный напор сложится из напоров двух насосов.

В установках между двумя насосами имеется участок соединительного трубопровода с задвижкой. Такой соединительный трубопровод создает значительные сопротивления при больших расходах, вызывает большие потери напора. Эти потери определяются как разность показателей манометра насоса 1 и мановакуумметра насоса 2, т. е.

$$h_{тр} = h_{M1} - h_{MB2}. \quad (5.1)$$

Суммарный напор, создаваемый двумя последовательно соединенными насосами, будет определяться по формуле

$$H = \square_{M2} - \square_{MB1} + z + \square_{тр}. \quad (5.2)$$

Пересчет всех величин производится на постоянную частоту вращения. Пересчитанные данные Q_n , N_n в виде характеристики $N_{1+2} - Q$

наносятся на ту же миллиметровую бумагу, на которой уже построена суммарная характеристика $(H_1 + H_2) - Q$ (рис. 5.2).

Из сравнения двух суммарных кривых видно, что опытная кривая H_{1+2} длиннее, т. е. насосы, соединенные последовательно, могут подать больший расход, чем они подавали при том же напорном трубопроводе, работая по отдельности.

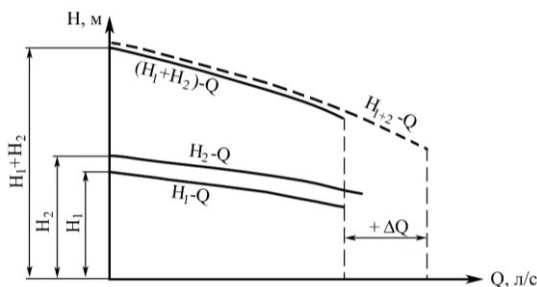


Рис. 5.2. Суммарные характеристики при последовательной работе двух центробежных насосов

Такое положение объясняется тем, что удвоенный напор установки должен потратиться на преодоление также удвоенного сопротивления трубопровода, которое может возрасти только за счет увеличившегося расхода. Однако увеличение подачи насосов влечет за собой и увеличение мощности, получаемой насосом от электродвигателя. Поэтому для выяснения степени перегрузки электродвигателя, необходимо сравнить максимальную потребляемую мощность $Ne_{п}$ с максимальным паспортным его значением $[Ne]$. Если соблюдается условие $Ne_{п} \leq [Ne]$, то двигатели насосов не перегружены.

Т а б л и ц а 5.2. Результаты обработки опытных данных

Номер опыта	$h_{мв1}$, м	$h_{м1}$, м	$h_{мв2}$, м	$h_{м2}$, м	$h_{т, м}$	H , м	Q , л/с	Ne , кВт	n_2 , об/мин	i	i^2	i^3	$Q_{п}$, л/с	$H_{п}$, м	$Ne_{п}$, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Вопросы для самоконтроля

1. Как избежать избытка подачи при последовательной работе двух насосов на один трубопровод и, как следствие этого, перегрузки электродвигателя?

2. Изменится ли опытная суммарная характеристика, если повторить опыт, но с измененной на обратную высотой всасывания?

3. Какова причина возникновения избытка подачи при работе двух насосов на один трубопровод?

4. Есть ли предел количеству насосов, соединяемых для последовательной работы на один трубопровод? Если есть, то как его установить?

5. Что произойдет с избытком подачи, если повторить опыт, но с другими электродвигателями, имеющими несколько меньшую частоту вращения?

6. Что произойдет с опытной суммарной кривой, если повторить опыт, но при условии, что в нижнем бьефе создано пониженное давление 0,5 атм?

7. Можно ли (а если можно, то как) получить при последовательной работе двух насосов на один трубопровод не избыток подачи, а ее недостаток?

8. Чему будет равен КПД установки, состоящей из двух последовательно соединенных насосов, если каждый из них имеет КПД 40 %?

Лабораторная работа 6. КАВИТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Кавитация – это нарушение сплошности жидкости, которое происходит в тех участках потока, где давление, понижаясь, достигает некоторого критического значения. Этот процесс сопровождается образованием большого числа пузырьков, наполненных преимущественно парами жидкости, а также газами, выделившимися из водного раствора. Находясь в области пониженного давления, пузырьки увеличиваются и превращаются в большие пузыри-каверны. Затем эти пузыри уносятся потоком в область с давлением выше критического, где разрушаются практически бесследно вследствие конденсации заполняющего их пара. Таким образом, в потоке создается довольно четко ограниченная кавитационная зона, заполненная движущимися пузырьками.

В лопастных насосах явление кавитации может происходить из-за понижения давления в жидкости, находящейся внутри рабочего колеса

и корпуса насоса. При эксплуатации установки понижение давления может произойти в следующих случаях:

- 1) вследствие большой высоты всасывания насоса;
- 2) пониженного барометрического давления на поверхности воды в водоисточнике;
- 3) повышения температуры перекачиваемой жидкости;
- 4) при увеличении сопротивления во всасывающем трубопроводе из-за его заниженного диаметра или прикрытия задвижки.

Наибольшее влияние на развитие кавитационных явлений оказывает завышенная высота всасывания.

Допустимая геометрическая высота всасывания – это величина, определяющая предельное положение насоса относительно минимального уровня в нижнем бьефе, при котором еще не наступает кавитация. Устанавливаются насосы с геометрической высотой всасывания, равной или меньше допустимой геометрической.

Выполнение работы

1. Путем закрытия кранов изолируют испытываемый насос, приведя установку к схеме, показанной на рис. 1.1.

2. Согласно общим правилам запускаем насос, с помощью крана на напорной линии устанавливают заданную подачу, при которой необходимо произвести кавитационные испытания.

3. После установки режима снимают показания мановакуумметра, манометра, расходомера, ваттметра, тахометра, термометра и барометра и заносят в журнал (табл. 6.1).

4. Определяют напор по упрощенной формуле

$$H_i = \square_M - (\pm \square_{MB}) \quad (6.1)$$

1. Небольшим прикрытием крана на всасывающей линии устанавливают новый вакуум у входа в насос. Напор при этом изменится. Для восстановления прежнего напора открывают кран на напорной линии и восстанавливают первоначальный напор H_i и снова снимают показания всех приборов. Такие операции повторяют 5–6 раз до срыва рабочего режима, т. е. когда заданный напор восстановить краном на напорном трубопроводе уже нельзя. Вблизи кавитационного режима и

при кавитации следует снимать точки с малыми интервалами показания вакуумметра.

Аналитическая обработка данных

1. Определяют вакуумметрическую высоту всасывания в точке присоединения вакуумметра (табл.6.2):

$$h_{\text{MB}} = \frac{P_{\text{MB}}}{\rho g}, \quad (6.2)$$

где P_{MB} – показания мановакуумметра.

2. Вычисляют вакуумметрическую высоту всасывания по оси насоса

$$H_{\text{вак}} = h_{\text{MB}} - y, \quad (6.3)$$

где y – расстояние от оси насоса до точки присоединения мановакуумметра.

3. Напор насоса H , потребляемую мощность Ne подсчитывают так же, как и в предыдущих работах.

4. Пересчитывают значения Q , H и Ne на заданную постоянную частоту вращения по формулам пропорциональности.

Перерасчет вакуумметрической высоты всасывания $H_{\text{вак}}$ на новую частоту производят по зависимости

$$H_{\text{вак.п}} = 10 - (10 - H_{\text{вак}}) \left(\frac{n_{\text{изм}}}{n} \right)^2. \quad (6.4)$$

5. Давление паров жидкости для измеренной температуры воды при $t_{\text{в}} \leq 20^\circ\text{C}$ принимают $h_{\text{п.ж}} = 0,24$ м.

6. Атмосферное давление H_6 берется по барометру и выражается в метрах водяного столба.

7. По пересчитанным величинам $Q_{\text{п}}$, $H_{\text{п}}$, $Ne_{\text{п}}$, и $H_{\text{вак}}$ строят график (рис. 6.1).

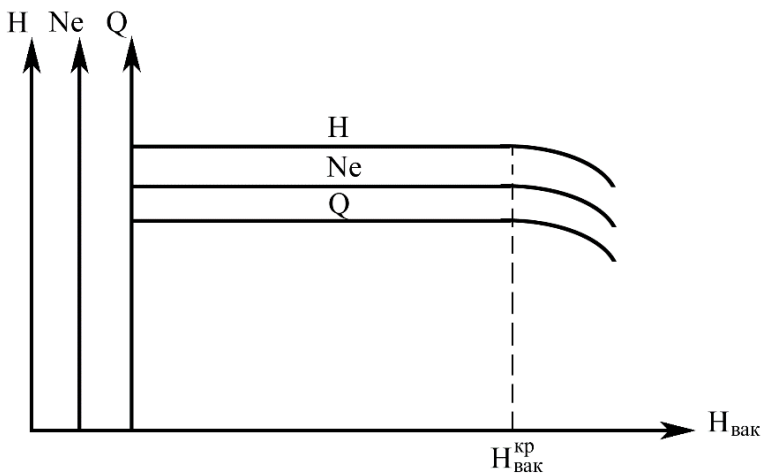


Рис. 6.1. Графики результатов кавитационных испытаний.

Из рис. 6.1 видно, что напор, расход и мощность сначала были постоянными, но при наступлении кавитации эти параметры резко уменьшились. По началу падения этих кривых определяют критическое значение вакуумметрической высоты всасывания, $H_{\text{вак}}^{\text{кр}}$.

8. Определяют значение допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, которая принимается на 1,2–1 % меньше $H_{\text{вак}}^{\text{кр}}$, т. е.

$$H_{\text{вак}}^{\text{доп}} = (0,98 \div 0,99)H_{\text{вак}}^{\text{кр}}. \quad (6.5)$$

9. По допустимой вакуумметрической высоте определяют допустимую приведенную высоту всасывания по формуле

$$H_{\text{в.п}}^{\text{доп}} = H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - \frac{V_{\text{в}}^2}{2g} - \square_{\text{п. ж.}} - (10 - H_{\delta}), \quad (6.6)$$

где $V_{\text{в}}$ — скорость во всасывающей трубе;

$$V_{\text{в}} = \frac{Q}{0,785d_{\text{в}}^2}, \text{ м/с}, \quad (6.7)$$

H_{δ} — атмосферное давление, м.

10. Геометрическую допустимую высоту всасывания определяют по формуле

$$h_{\text{в}}^{\text{доп}} = H_{\text{в.п.}}^{\text{доп}} - h_{\text{т.в}}, \quad (6.8)$$

где $h_{\text{т.в}}$ – потери напора во всасывающей линии насоса.

Т а б л и ц а 6.1. Данные измерений

Номер опыта	$P_{\text{мв}}$, кгс/см ²	$P_{\text{м}}$, кгс/см ²	Водослив, расходомер	Термометр	N , кВт	n_1 , об/мин
1	2	3	4	5	6	7

Т а б л и ц а 6.2. Результаты обработки опытных данных

Номер опыта	$h_{\text{мв}}$, м	$H_{\text{вак}}$, м	$h_{\text{м}}$, м	H , м	Q , л/с	Ne , кВт	$h_{\text{пжс}}$, м	$H_{\text{б}}$, м	n_2 , об/мин	$Q_{\text{п}}$, л/с	$H_{\text{п}}$, м	$Ne_{\text{п}}$, кВт	$H_{\text{вак.п}}$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Вопросы для самоконтроля

1. Как определить геометрическую высоту всасывания, имея данные лабораторных испытаний?

2. Можно ли по данным лабораторных испытаний получить график $H_{\text{вак}} = f(Q)$, а если нет, то что нужно дополнительно сделать для этого?

3. Изменится ли конечный результат этой лабораторной работы, если повторить ее, но с высотой всасывания, измененной на обратную?

4. Можно ли установить центробежный насос с высотой всасывания $h_{\text{в}} = 10$ м и $h_{\text{в}} = -10$ м, чтобы он работал без кавитации?

5. Изменится ли (а если да, то как) допустимая геометрическая высота всасывания ($h_{\text{в}}^{\text{доп}}$), полученная в работе, если повторить опыт с горячей водой (например, $t = 50$ °С)?

6. Что будет с расходом центробежного насоса, который установлен на высоте $h_{\text{в}}^{\text{доп}}$ в канале, если внезапно по нему пустить горячую воду?

7. Какова последовательность расчета отметки оси насоса, если есть его кавитационная характеристика и задан расчетный расход Q_p (насос, например, 4 К-18)?

8. Можно ли получить то же значение $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$, которое было в работе, но без задвижки на всасывающем трубопроводе? Если можно, то как?

9. Изменится ли допустимая геометрическая высота всасывания $h_{\text{в}}^{\text{доп}}$, если повторить работу при условии, что в ВБ создано избыточное давление?

10. Изменится ли (а если изменится, то как) допустимая геометрическая высота всасывания ($h_{\text{в}}^{\text{доп}}$), полученная в работе, если в НБ уменьшить давление наполовину?

Лабораторная работа 7. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОРШНЕВОГО НАСОСА

В зависимости от приведения в действие поршня такие насосы бывают прямодействующие, когда на поршень оказывается непосредственное действие, и приводные, когда поршень приводится в движение через кривошипно-шатунный механизм. Приводные поршневые насосы могут быть одностороннего действия, т. е. насос за один ход поршня всасывает жидкость, а за обратный – нагнетает, а также двустороннего действия, в которых за один двойной (туда и обратно) ход поршня происходит дважды всасывание и дважды нагнетание. Существуют также насосы тройного и четвертного действия. Первый состоит из трех насосов одностороннего действия, а второй – из двоярных насосов двустороннего действия.

Маркировка поршневых насосов прямодействующих и приводных: марка парового насоса ПНП-15М: П – поршневой, Н – насос, П – прямодействующий, 15 – номер модели, М – модернизированный; Марка насоса приводного двустороннего действия П-2-3-20К: П – приводной, 2 – двусторонний, 3 – давление 3 ати, 20К – номер модели.

Устройство и принцип работы поршневого насоса двустороннего действия

Поршень *1* приводится в движение двигателем через кривошипно-шатунный механизм *10*. Цикл работы насоса, соответствующий одному обороту кривошипа, состоит из двух всасываний и двух нагнетаний (рис. 7.1).

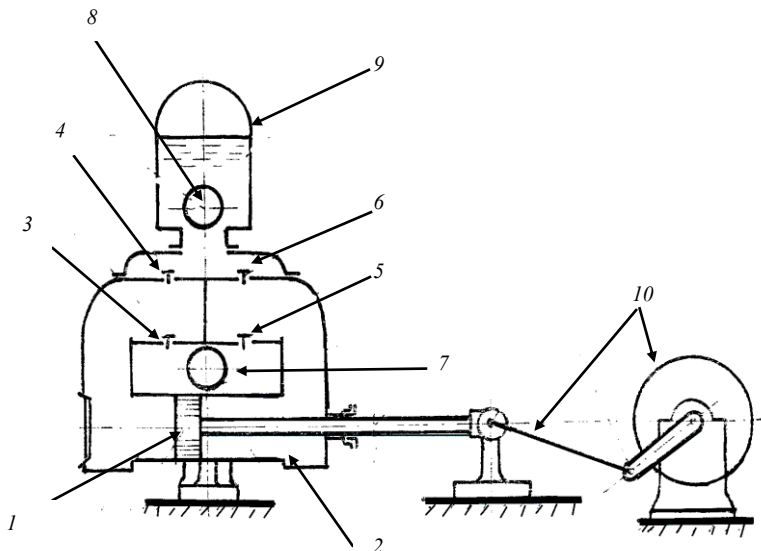


Рис. 7.1. Схема поршневого насоса двойного действия.

При ходе поршня влево в правой рабочей камере образуется разрежение, вследствие чего нагнетательный клапан *б* закрывается, а всасывающий клапан *5* открывается, и жидкость под действием атмосферного давления поступает через всасывающую трубу в камеру. Одновременно в левой рабочей камере создается повышенное давление, всасывающий клапан *3* закроется, а нагнетательный клапан *4* откроется, через который жидкость втеснится в воздушный колпак *9* и напорную трубу *8*. При ходе поршня вправо в каждой из камер происходит обратное явление. Воздушный колпак служит для улучшения условий работы поршневого насоса: обеспечения более равномерной подачи и уменьшения инерционного действия масс воды.

При ходе поршня объем вытесненной жидкости будет составлять

$$W_2 = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) S. \quad (7.1)$$

Тогда общий объем составит

$$W_{\text{общ}} = \frac{\pi D^2}{4} S + \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} \right) S. \quad (7.2)$$

При частоте вращения вала кривошипа n минуту теоретическая секундная подача насосов выразится формулой

$$Q_{\text{т}} = \frac{\pi n S}{4 \cdot 60} (2D^2 - d^2), \quad (7.3)$$

где $Q_{\text{т}}$ – теоретический расход насоса, л/с;

D и d – диаметры цилиндра и штока, дм;

S – ход поршня, дм;

n – частота вращения вала кривошипа, об/мин.

Выполнение работы

1. Знакомство с установкой, проверка наличия приборов, инструментов (секундомера, штангенциркуля, линейки), зарисовка схемы насоса в журнал лабораторных работ.

2. Выполняются следующие измерения: диаметр штока d , дм; ход поршня S , дм; диаметр цилиндра $D = 1,52$ дм.

3. После запуска установки замеряются число n двойных ходов в минуту; фактический расход насоса $Q_{\text{ф}}$, л/с.

Измерение расхода выполняется на треугольном водосливе с помощью пьезометра и тарировочного графика $Q = f(h)$, где h – показание пьезометра.

4. Определяется теоретическая подача насоса по формуле (7.3).

5. Объемный КПД насоса определяется по формуле

$$\eta_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{ф}}}{Q_{\text{т}}} \cdot 100\%. \quad (7.4)$$

Все замеренные и рассчитанные данные вносятся в табл. 7.1.

Т а б л и ц а 7.1. Данные измерений и результаты расчета

Диаметр штока, d , дм	Диаметр поршня D , дм	Ход поршня S , дм	Частота вращения кривошипа n , об/мин	Замер. расход $Q_{\text{ф}}$, л/с	Теор. расход $Q_{\text{т}}$, л/с	η_o , %
1	2	3	4	5	6	7

По величине объемного КПД судят о степени износа движущихся деталей насоса (уплотнения поршня, клапанов, сальников и т. д.), из-за которых увеличивается утечка воды.

Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли сделать так, чтобы в поршневом насосе действительный (замеренный) расход стал равен теоретическому?
2. Можно ли насос двойного действия сделать насосом одинарного действия? Если можно, то что произойдет с его объемным КПД?
3. Что может произойти с насосом, если получили КПД значительно меньше паспортного?
4. Может ли данный поршневой насос работать без воздушного колпака? Если может, то что будет с его объемным КПД?
5. Как можно увеличить подачу данного насоса? Если можно, то имеет ли предел увеличения?
6. Можно ли получить рабочие характеристики поршневого насоса, аналогичные центробежному?
7. Могут ли поршневые насосы кавитировать? Если да, то как избежать кавитации?
8. Что произошло с работающим поршневым насосом двойного действия, если он вдруг стал подавать значительно меньший расход?
9. Изменится ли фактический расход и объемный КПД насоса, если вывести шток с другой стороны поршня через второй сальник?
10. Если два насоса подают одинаковые расходы, но один двойного действия, а второй одинарного, то какой насос более выгоден и почему?

Лабораторная работа 8. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА

Гидравлический таран является водоподъемной машиной, работающей от действия гидравлического удара.

Гидротаранная установка (рис. 8.1) состоит из питающего резервуара 1, питающей трубы 2, самого тарана с рабочей камерой 3, нагнетательной трубы 8 и приемного лотка с треугольным водосливом 9. Для заполнения водой питающего резервуара установлен насос 10.

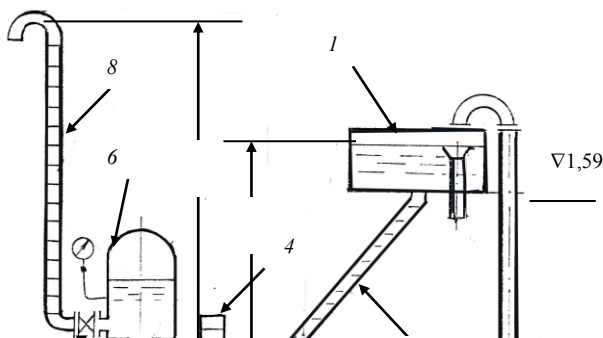
Принцип действия гидротарана

В нерабочем состоянии вода, находящаяся в питающем резервуаре 1, по трубе 2 заполняет рабочую камеру 3 и удерживает рабочий клапан 4 в закрытом положении под напором H . В момент нажатия на рабочий клапан вода, находящаяся в камере под напором, выливается из-под клапана в приемный лоток 9. После снятия усилия под действием напора, клапан поднимется в исходное положение и закроет отверстие. Излив прекратится, следовательно, и скорость воды в питающей трубе резко упадет до нуля, что вызовет гидравлический удар.

В результате этого в камере 3 повысится давление, перепускной клапан 5 откроется и часть воды, сжимая воздух, попадет в воздушный колпак 6, а затем в нагнетательную трубу 8. За счет поступления воды в воздушный клапан и возвращения ударной волны с обратным знаком в рабочей камере понизится давление, перепускной клапан 5 закроется, а рабочий клапан 4 откроется, изливая очередную порцию воды в приемный лоток 9, т. е. цикл повторится и удары будут следовать непрерывно, подавая воду в нагнетательную трубу 8 и частично в приемный лоток 9.

Подобные таранные установки устраиваются на ручьях, родниках как горной, так и равнинной местности для обводнения пастбищ и животноводческих ферм.

Маркировка тарана ТГ-1: Т – таран, Г – гидравлический, 1 – номер модели.



H_1

H

10

Рис. 8.1. Схема установки с гидравлическим тараном

Выполнение работы

1. Знакомство с установкой и конструкцией основных узлов тарана.
2. Зарисовывается схема тарана в журнале лабораторных работ.
3. Подпор H , определяется по формуле

$$H = 1,59 + h_{\text{п}}, \quad (8.1)$$

где $h_{\text{п}}$ – показание пьезометра питающего бака.

4. Запуск тарана осуществляется нажатием на рабочий клапан 4 и удерживанием его 1–2 с для полного удаления воздуха из питающей трубы 2, после чего клапан отпускается, и установка начинает работать. Необходимо следить, чтобы в питающем резервуаре поддерживался постоянный уровень воды.

5. Замеряется полезный расход тарана объемным способом, для чего под нагнетательную трубу 8 подставляется емкость и секундомером определяется время ее наполнения. Данные измерений заносятся в табл. 8.1.

Таблица 8.1. Данные измерений и результаты расчета

Показания пьезометра. h_n , м	Подпор, Н, м	Объем W_n , л	Время t , с	Полезный расход q_n , л/с	Сбрасываемый расход q_b , л/с	Расход Q , л/с	$\eta_{уст}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8

Полезный расход определяют по формуле

$$q_n = \frac{W_n}{t} \text{ л/с.} \quad (8.2)$$

6. Определяется расход воды, подводимой к тарану как

$$Q = q_n + q_b \text{ л/с,} \quad (8.3)$$

где q_n – полезный расход тарана, л/с;

q_b – сбрасываемый расход воды, протекающей через водослив в приемном лотке g , л/с.

Чтобы измерить расход q_b , необходимо по пьезометру определить напор на гребне водослива и по тарифовочному графику определить сбрасываемый расход воды.

7. Определяется КПД таранной установки по формуле

$$\eta_{уст} = \frac{q_n \cdot H_r}{H \cdot Q}, \quad (8.4)$$

где $H_r = H_1 - H$ – геометрический напор.

Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли, а если можно то, как, определить силу, которую нужно приложить к ударному клапану, чтобы запустить таран?

2. Будет ли работать таран без воздушного колпака, а если будет, то что произойдет с его КПД?

3. Изменится ли КПД тарана, если весь воздушный колпак заполнить водой?

4. Как определить (рассчитать или измерить) полный напор данной таранной установки?

5. Можно ли, а если можно, то как, определить минимальный подпор (Н), при котором может работать таран?
6. Что произойдет с работой тарана, если к нему приблизить НБ, т. е. уменьшить длину подводящей (разгонной трубы)?
7. Что будет с производительностью тарана, если удалить от него ВБ на несколько метров вверх?
8. Можно ли, имея данные лабораторной работы, определить объемный КПД таранной установки?
9. Как можно регулировать расход и напор тарана?

Лабораторная работа 9. КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРОЧИХ ТИПОВ НАСОСОВ И ВОДОПОДЪЕМНИКОВ

Струйный насос. Эти насосы используют энергию подводимой извне воды. Их применяют как основные водоподъемники или вспомогательные для увеличения высоты всасывания основных насосов.

Струйный насос действует следующим образом (рис. 9.1).

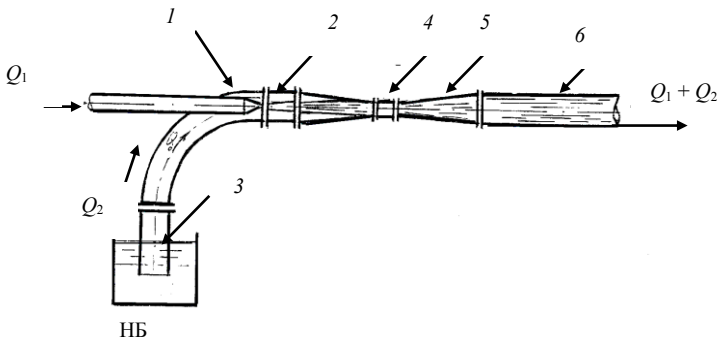


Рис. 9.1. Струйный насос

К соплу 1, расположенному в начале камеры смешения 2, подается вода и со скоростью 20–50 м/с выбрасывается из сопла. Давление при выходе струи и сопла при таких скоростях в соответствии с уравнением Бернулли падает, в камере смешения создается разрежение, и в нее по всасывающей трубе 3 поступает вода из нижнего бьефа (НБ). Благодаря силам трения, струя увлекает за собой воду и смешивается с

ней. Пройдя горловину 4, вода попадает в диффузор 5. Здесь скорость постепенно уменьшается, а давление увеличивается. Из насоса вода под давлением поступает в нагнетательный трубопровод 6.

Если струйный насос выполняет вспомогательные функции, то он называется гидроэлеватором и устанавливается на всасывающей трубе основного насоса 1 (см. стенд).

Часть воды из напорного трубопровода 2 основного насоса отводится вниз и проходит через сопло 3, понижая тем самым давление в камере смешения, за счет чего через обратный клапан 4 подсасывается дополнительное количество воды, которое вместе с водой, проходящей через сопло, поступает к всасывающему патрубку основного насоса. Такие установки могут поднимать воду с глубины до 30 м, однако КПД их низок и не превышает 30 %.

Струйные установки могут применяться также для питания водой паровых котлов теплостанций, но через сопло в этом случае пропускают пар. Называются они **инжекторами**. Если через сопло пропускается воздух, который подсасывает жидкость (например, бензин), то такое устройство называют **эжектором** (в карбюраторах двигателей внутреннего сгорания).

Эти насосы могут быть также и вакуумными, которые отсасывают воздух. Например, они применяются для удаления воздуха из больших конденсаторов.

Вибрационный насос. Относится к насосам трения, в которых вода перемещается под воздействием вибрирующего органа, совершающего частые возвратно-поступательные движения (около 6000 об/мин). Насос перед запуском погружается в воду, которая через обратный клапан 1 заполняет его. После запуска якорь 8 электромагнита (см. стенд) 10 с помощью штока 3 передает колебания резиновому диску 2 и диафрагме 5, которая отделяет электромагнитную часть насоса от гидравлической. При движении диска вверх вода приобретает вертикальную скорость и направляется к напорному трубопроводу 12. Обратный клапан 1 открывается и пропускает в насос новую порцию воды. При движении диска вниз вода, находящаяся над диском, по инерции продолжает движение вверх, а вода, находящаяся под диском, давит на обратный клапан и закрывает его, не допуская вытекания воды в источник. Таким образом, насос непрерывно подает воду под напором 30–40 м.

Вихревой насос. Относится к динамическим насосам, использующим для своей работы силы трения внутри жидкости. Рабочее колесо 4 (см. стенд и рис. 9.2), закрепленное на консоли вала 1 внутри корпуса 7, имеет по периферии ячейки, в которых при вращении колеса образуются вихри, в результате чего жидкость получает кинетическую энергию. За счет сил трения эти вихри разрушаются при сходе частиц жидкости с колеса в специальный канал 8, устроенный в корпусе насоса, и увлекают в движение по направлению к нагнетательному патрубку другие частицы, находящиеся в этом канале. Вследствие этого сложного процесса, протекающего внутри насоса, жидкость получает давление.

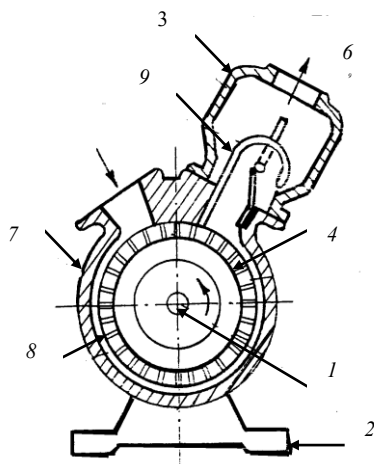


Рис. 9.2. Вихревой насос.

Вихревые насосы предназначены для перекачки маловязких жидкостей, не содержащих абразивных примесей. Они имеют подачу от 1,8 до 22,7 м³/ч, напор – от 18 до 40 м и могут быть самовсасывающими и несамовсасывающими. Перед запуском несамовсасывающий насос должен быть залит перекачиваемой жидкостью.

Самовсасывающие насосы отличаются устройством на напорном патрубке специального узла, состоящего из колпака 3 и воздухоотвода 9, которые и обеспечивают самовсасывающую способность насоса.

Вихревые насосы могут перекачивать и легкозастывающие жидкости, например, фенол, так как имеют возможность для обогрева корпуса и рабочего колеса. Для этого через специальные отверстия в обогревную камеру насоса 13 подается пар так же, как и под крышку 10, который и нагревает насос.

Необогреваемые вихревые насосы могут применяться как вспомогательные для откачки фильтрационных вод в насосных станциях, для пожарных нужд, для питания небольших котлов и т. д. Преимущество – простота конструкции, малый вес и небольшие габариты, недостаток – сравнительно малый КПД (0,25–0,45).

Крыльчатый насос. Действие крыльчатого насоса аналогично действию поршневого. Оно заключается в том, что при возвратно-поворотном движении крыла, которое плотно прилегает к стенкам неподвижного цилиндрического корпуса, с одной стороны, объем рабочей камеры увеличивается и происходит засасывание жидкости, а с другой – уменьшается, т. е. происходит вытеснение жидкости, которая занимала этот объем. Так, при движении крыла в направлении, указанном стрелкой (см. стенд), объем правой камеры уменьшается, вследствие чего жидкость, находящаяся в нем, сжимается, открывается нагнетательный клапан 4, а всасывающий клапан 5 закрывается. В то же время объем левой камеры увеличивается и в ней создается разрежение, в результате чего вода через всасывающий клапан заполняет этот объем. Напорный клапан находится в закрытом положении под действием разности давлений над ним и под ним. При обратном ходе крыла назначения камер меняются местами. Недостатки насосов: быстрый износ крыла из-за трения его о стенки корпуса, особенно при перекачке воды, загрязненной песком. Подача их – до 90 л/м, напор – 30–40 м, высота всасывания – до 7 м, КПД – 80–90 %. Применяются с ручным приводом как бытовые или вспомогательные.

Винтовой насос. Относится к типу объемных (роторных) насосов. Могут быть одно-, двух- и трехвинтовые в горизонтальном и вертикальном исполнении.

Основным рабочим органом одновинтового насоса (см. стенд) является однозаходный стальной винт 3, который вращается в двухза-

ходной резиновой обойме 4. При вращении винта между его поверхностью и обоймой образуются полости, в которых перекачиваемая жидкость герметически замыкается и при дальнейшем вращении перемещается вдоль оси винта к полости напорного патрубка 2. В связи со специфичностью вращения винта соединение его с двигателем должно осуществляться карданным валом или эксцентриковой муфтой.

Эти насосы предназначены для перекачки чистых и загрязненных жидкостей, в том числе и химически активных, в количестве от 0,3 до 40 м³/ч при давлении от 0,5 до 2,5 МПа (5–25 атм).

Шестеренный насос. Относится к типу объемных (роторных) насосов. Состоит из корпуса, всасывающего и нагнетательного патрубков. Внутри корпуса 1 размещаются две шестерни, находящиеся в зацеплении. Одна из них ведущая 2, так как с помощью муфты соединяется с валом двигателя, а вторая – ведомая 3. Насос работает под напором, и поэтому жидкость, заполняющая всасывающий патрубок 4, захватывается зубьями шестерен и вдоль стенки корпуса перемещается в нагнетательную камеру 5. При зацеплении шестерен происходит вытеснение жидкости из межзубного пространства, в результате чего в ней возникает повышенное давление, под действием которого она поступает в нагнетательный трубопровод.

Применяются эти насосы для перекачки вязких жидкостей. Преимущество их – простота изготовления и эксплуатации, а недостатки – пульсация подачи, шум, вибрация из-за неуравновешенности внутренних усилий.

Промышленность выпускает шестеренные насосы с подачей от 0,22 до 144 м³/ч с давлением от 0,4 до 2,5 МПа (4–25 атм).

Водокольцевой вакуумный насос. Эти насосы применяются в насосных станциях как вспомогательные для заливки водой основных насосов в случае установки их с положительной высотой всасывания.

При вращении рабочего колеса-ротора (см. стэнд), расположенного эксцентрично по отношению к цилиндрическому корпусу 3, вода, которая должна быть залита в насос до его запуска, под действием центробежной силы образует водяное кольцо. Наружным периметром кольцо прижато к стенкам корпуса, а внутренняя часть его отрывается от ротора и открывает две полости, одна из которых соединяется с всасывающим патрубком 1 (полость 5), а вторая (полость 6) – с нагнетательным патрубком 2. При вращении колеса в направлении, указанном

стрелкой, при удалении кольца от ступицы ротора в полость 5 будет засасываться воздух, который перемещается лопатками ротора к другой полости 6 и вытесняется в нее (а следовательно, и в напорный патрубок) за счет приближения водяного кольца к ступице рабочего колеса. Таким образом, вакуумный насос, подсоединенный к основному насосу, будет удалять из него воздух и тем самым понижать давление, в результате чего вода заполнит всасывающий трубопровод и корпус основного насоса.

Вода, попавшая во всасывающий трубопровод вакуумного насоса, удаляется из него также через нагнетательную полость и нагнетательный патрубок.

Водокольцевые насосы просты по конструкции и надежны в эксплуатации, но должны работать с чистой водой, иначе будут изнашиваться лопатки ротора, примыкающие с очень небольшим зазором (менее 0,1 мм) к корпусу и к крышке.

Основные параметры водокольцевого насоса: подача воздуха – 0,75–50 м³/мин, предельный вакуум – 85–95%, КПД – 20–30%.

Ленточный водоподъемник. Относится к типу так называемых капиллярных насосов, которые работают с использованием вязкости воды и ее способности капиллярного «прилипания». Применяется в основном в Средней Азии и Казахстане для подъема воды из шахтных колодцев.

Подъем жидкости из колодца 1 (см. стенд) осуществляется с помощью бесконечной хлопчатобумажной прорезиненной ленты 5, которая перемещается с помощью ведущего блока 3, приводимого в движение двигателем 2. Нижний ведомый блок 4 имеет груз, который служит для натяжения ленты. За счет прилипания к ленте вода поднимается из колодца, и центробежная сила, возникающая при переходе ленты через верхний блок, отрывает воду от ленты и отбрасывает в кожух 6, после чего она стекает по отводу 7 в водоприемный лоток. Глубина подъема воды ленточным водоподъемником может достигать до 250 м при подаче 3–54 м³/ч. Коэффициент полезного действия увеличивается с увеличением глубины подъема и находится в пределах 0,24–0,65.

Вопросы для самоконтроля

1. Конструкция, принцип действия достоинства и недостатки ленточного водоподъемника.
2. Конструкция, принцип действия водокольцевого вакуумного насоса.
3. Область применения, достоинства и недостатки струйных насосов. Инжектор и эжектор.
4. Область применения, достоинства и недостатки вихревого и шестеренчатого насосов.
5. Область применения, достоинства и недостатки крыльчатого и вакуумного насосов.
6. Область применения, достоинства и недостатки винтового насоса и ленточного водоподъемника.
7. Классифицируйте изучаемые насосы по принципу действия.

Лабораторная работа 10. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Передвижные насосные станции (рис. 10.1) предназначены для подачи воды в системах орошения, осушения, водоснабжения, обводнения и др. По сравнению со стационарными станциями они имеют следующие преимущества: Обеспечивают быстрый ввод в эксплуатацию; позволяют забирать воду почти в любом месте водоисточника, изменять местоположение в зависимости от уровня воды источника, снабжать водой попеременно несколько удаленных друг от друга оросительных участков; дают возможность значительно снизить капиталовложения и эксплуатационные затраты.

Промышленностью выпускаются насосные станции плавучие и перемещаемые по суше. Последние получили наибольшее распространение. Они подразделяются на навесные и прицепные. Навесные станции монтируются преимущественно на тракторах, при этом насос получает привод от вала отбора мощности. Прицепные станции монтируются на салазках или одноосных прицепах; для привода насосов используются двигатели внутреннего сгорания (в основном дизельные) или электродвигатели.

Маркировка передвижных насосных станции:

СНПл- Q /Н – станция насосная плавучая с номинальными подачей Q , л/с и напором Н, м.

- СНН- Q/H – станция насосная навесная.
 СНП- Q/H – станция насосная передвижная с двигателем внутреннего сгорания.
 СНПЭ- Q/H – станция насосная передвижная с электродвигателем.
 УНП- Q/H – установка насосная полупогружная.

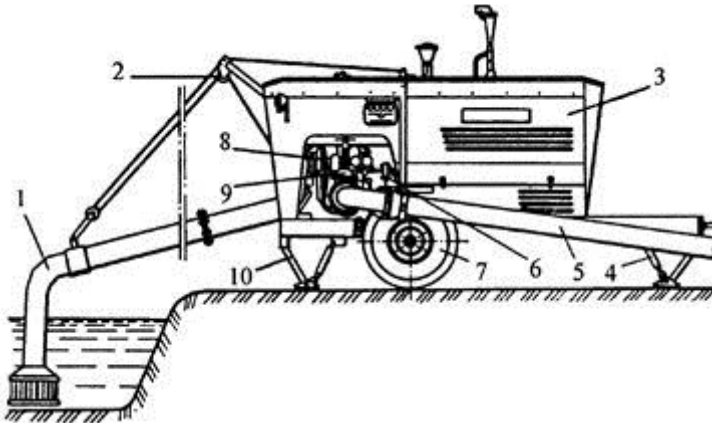


Рис. 10.1. Схема передвижной насосной станции
 1 – всасывающий трубопровод с фильтрующим элементом; 2 – лебедка; 3 – защитный корпус насосной станции; 4, 10 – откидная опора; 5 – напорный трубопровод; 6 – задвижка; 7 – колесный диск; 8 – ДВС; 9 – насос

Каждая насосная станция имеет источник энергии (трактор, двигатель внутреннего сгорания, электродвигатель), насос, опорное устройство, всасывающую и напорную линии, систему заполнения насоса перед пуском. В то же время насосные станции могут различаться устройством промежуточной передачи, соединяющей двигатель с насосом, опор, системы автоматической защиты двигателя от перегрузки. Во многих случаях одни и те же сборочные единицы (насосы, всасывающие линии, системы автоматики) используются в ряде насосных станций, имеющих различный привод, т.е. обеспечивается унификация последних. Можно привести следующие примеры унифицированных насосных станций и их основные характеристики (см. табл. 10.1) а) СНП-120/30, СНПЭ-120/30, СНПл-120/30; б) СНП-

240/30, СНПЭ-240/30, СНПл-240/30; в) СНП-50/80, СНПЭ-50/80, СНПл-50/80; г) СНП-500/10, СНПЭ-500/10, СНПл-500/10 [5].

Т а б л и ц а 10.1 Основные параметры передвижных насосных станций

Показатели	СНП-50/80	СНП-75/100	СНП-120/30	СНП-500/10
Расход, л/с	30–50	50–100	80–175	530–650
Напор, м	83–95	75–110	24–39	7–11
Марка насоса	8М-9х2	ЦНМ-360-55/75	Д500-65	ПГ-50
Диаметр рабочего колеса, мм	320	368	300	500
Частота вращения вала насоса, об/мин	1750	1700	1750	980
Допускаемая высота всасывания, м	3,5	3,0	3,0	2,5
Марка двигателя	А-41Б	ЯАЗ-М206А	А-41Б	А-01МБ
Частота вращения вала двигателя, об/мин	1750	1700	1750	1750
Мощность двигателя, кВт	66,2	118,0	66,2	95,6
Всасывающий трубопровод:				
диаметр, мм	200	200	250	500
длина, м	5	2 по 4	6	9
Напорный трубопровод:				
диаметр, мм	180	250	250	500
длина, м	300	300	300	2

Используя имеющиеся наглядные пособия и настоящий лабораторный практикум, студентам предлагается в данной работе изучить конструкции и правила эксплуатации широко применяемых в мелиорации передвижных насосных станций СНП-50/80, СНП-75/100, СНП-120/30.

Устройство насосной станции СНП-50/80

На одноосном прицепе установлены дизельный двигатель А-41Б с муфтой сцепления, насос, всасывающий трубопровод с механизмом подъема, напорный трубопровод с задвижкой, система заполнения насоса перед пуском, электрооборудование и приборы контроля, топливный бак.

Насос двухколесный центробежный со спиральным корпусом представлен на рисунке 10.2. Корпус насоса, выполненный с разъемом

в горизонтальной плоскости, состоит из нижней части 15, крышки 7 и двух опор 1 и 12. В этих опорах установлен на шарикоподшипниках 2, 13, вал 4 насоса. На валу 4 жестко закреплены рабочие колеса 8 и 11.

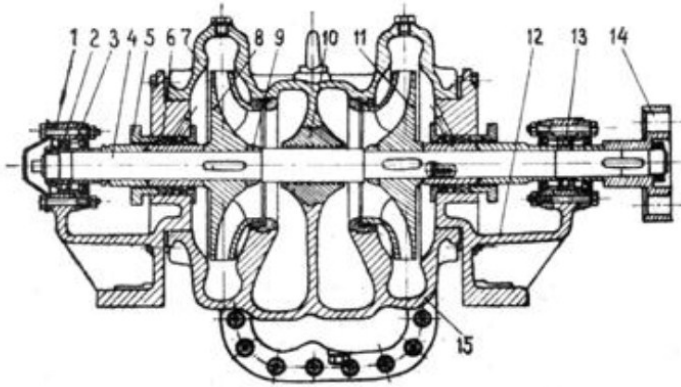


Рис. 10.2. Схема центробежного насоса со спиральным корпусом

Уравновешивание осевых сил обеспечивается симметричным расположением рабочих колес. Для герметизации рабочих камер насоса на валу применены с обеих сторон сальниковые набивки *б* в сочетании с гидравлическим затворами.

Валы муфты сцепления двигателя и насоса соединяются втулочно-пальцевой муфтой и должны быть тщательно отцентрированы (допустимое смещение не более 0,3 мм). Отклонение валов регулируется установкой прокладок под опоры корпуса насоса. Рычаги управления муфтой сцепления и подачи топлива находятся с правой стороны станции.

Подъем всасывающего трубопровода осуществляется путем поворота его относительно обратного клапана, к которому он присоединяется шарнирно; поворот обеспечивается с помощью стрелы, троса и лебедки, имеющей червячный редуктор с ручным приводом.

Подача насоса регулируется стандартной задвижкой, установленной на напорном трубопроводе. К ней переходом закрепляется колено для подсоединения быстроразборного трубопровода.

Заполняется водой насос перед пуском с помощью газоструйного вакуум-аппарата, который установлен на выхлопной трубе двигателя.

Насосная станция оборудована автоматической системой защиты, обеспечивающей остановку двигателя при повышении температуры охлаждающей воды и масла в двигателе выше (95 ± 3) °С, падении давления масла в двигателе ниже 0,22–0,13 МПа. Аварийные значения указанных параметров контролируются датчиками на двигателе и насосе. При выходе хотя бы одного из параметров за указанный предел автоматически останавливается двигатель путем прекращения подачи воздуха в цилиндры. Для этой цели вмонтировано в трубу всасывающего коллектора дизеля стоп-устройство, соединенное проводами с блоком автоматической защиты и щитком приборов. Загоревшаяся на щитке приборов сигнальная лампа укажет причину остановки двигателя.

Особенности конструкции насосной станции СНП-75/100

Насосный агрегат смонтирован на двухосном низкорамном автомобильном прицепе и закрыт со всех сторон металлическим корпусом.

Двигатель дизельный двухтактный шестицилиндровый ЯАЗ-М206А мощностью 117 кВт при 1700 об/мин.

Насос центробежный двухколесный с горизонтальным разъемом спирального корпуса и с отдельными всасывающими и напорными патрубками к каждому колесу. Наличие двух переводных колен, заглушки, двух всасывающих рукавов позволяет при необходимости переоборудовать насос на параллельное или последовательное соединение рабочих колес.

Для регулирования подачи на напорных трубопроводах устанавливаются шаровые краны. Завод-изготовитель поставляет потребителю насосную станцию в варианте последовательного соединения рабочих колес (рис. 10.3) с установленными переводными коленами 1 и 3, заглушкой 5 на всасывающем и с шаровым краном 2 на нагнетательном патрубках второго колеса. Для переоборудования насоса на параллельное соединение рабочих колес необходимо демонтировать оба переводных колена, переместить заглушку 5 на верхнее отверстие 4 всасывающего патрубка второго колеса, присоединить к нему всасы-

вающий рукав, установить второй шаровой кран (на напорный патрубок первого колеса).

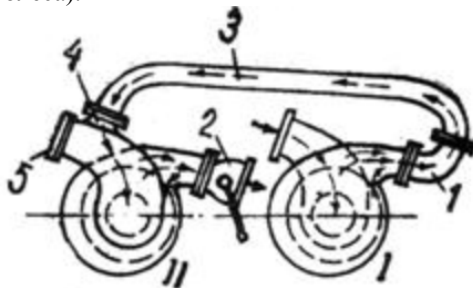


Рис. 10.3. Последовательное соединение рабочих колес насоса

Вал насоса приводится в движение от двигателя через муфту сцепления и карданный вал. Он уплотняется с двух сторон наборами каркасных сальников, собранных в опорных стаканах. Пространства между сальниками и полости подшипников заполняются консистентной смазкой через масленки, установленные на стаканах. Перед сальником каждого подшипника имеется дренажное отверстие для сбора и вывода наружу воды, прошедшей через уплотнения вала.

В нижней части корпуса насоса установлены краники для слива воды в холодное время года. Газоструйный вакуум-аппарат установлен на фланце выпускного коллектора двигателя. Для заправки топливного бака предусмотрен ручной насос с фильтром на входе всасывающего рукава.

Щит приборов расположен с левой стороны и крепится к капоту на амортизаторах. Все приборы имеют соответствующие указательные таблички.

Для пуска двигателя, питания электрических приборов, освещения имеются две аккумуляторные батареи, размещенные на подножке прицепа. Аварийно-предупредительная автоматика питается от одного аккумулятора напряжением 12В. Она срабатывает в следующих случаях: при нагреве жидкости в системе охлаждения двигателя выше 92–98 °С; при падении давления в системе смазки ниже 0,08–0,04 МПа, при падении напора насоса до 7–10 м.

По сигналу одного из контрольных датчиков подается ток в обмотку электромагнита, якорь его втягивается и выводит фиксатор из зацепления с рычагом, управляющим подачей топлива. При этом пружина через систему тяг и рычагов перемещает рейку насос-форсунок в положение, при котором прекращается подача топлива и двигатель останавливается.

На щите приборов загорается сигнальная лампа, указывающая на причину остановки двигателя. После этого необходимо выключатель ВА автоматически поставить в положение «выключение».

Особенности конструкции насосной станции СНП-120/30

По общему устройству и компоновке насосная станция СНП-120/30 во многом аналогична насосной станции СНП-50/80, однако имеются некоторые особенности в устройстве отдельных узлов.

Консольный насос К 430/30 заблокирован непосредственно с дизельным двигателем А-41Б. Вал муфты сцепления является одновременно и валом насоса. Корпус насоса соединяется посредством литого переходника с кожухом маховика двигателя. При достижении компактности насосного агрегата это ухудшило доступ к уплотнительному узлу насоса. Поэтому на валу насоса применено вместо сальникового уплотнения с водяным затвором специальное комбинированное долговечное уплотнение. Оно состоит из двух стандартных самоподжимных резиновых манжет и торцового уплотнения, установленного между ними в общем корпусе. Внутренняя полость узла уплотнения набивается солидолом.

Устройство всасывающего трубопровода позволяет забирать воду сбоку или сзади насосной станции. В последнем случае используется специально прилагаемое колено. При необходимости длину трубопровода можно увеличить установкой дополнительных секций.

На напорном трубопроводе установлена специальная задвижка, к которой может присоединяться быстроразборный трубопровод РТШ-250 или две параллельные нитки быстроразборного трубопровода РТ-180 или РТШ-180. Во втором случае на задвижке монтируется патрубок с ответвлениями.

Все узлы насосной станции смонтированы на одноосном шасси, ходовые колеса которого снабжены колодочными тормозами с гидравлическим приводом.

Для запуска пускового двигателя, освещения в ночное время, работы автоматической системы защиты дизеля имеется соответствующее электрооборудование.

Автоматическая защита двигателя предусмотрена по тем же параметрам, что и в насосной станции СНП-50/80. Кроме этого имеется реле времени, с помощью которого двигатель может быть остановлен автоматически по истечении заданного периода работы насосной станции. Контрольное давление в напорном патрубке насоса на срабатывание автоматической защиты устанавливается мотористом по электроконтактному манометру. Рекомендуемая величина его ниже на 0,1 МПа фактического давления, развиваемого насосом при данных условиях и отсутствии повреждения в напорной сети. В аварийной ситуации остановка двигателя производится путем отключения подачи топлива с помощью электромагнитного клапана. Нужно иметь в виду, что электромагнитный клапан после срабатывания так и остается в закрытом положении, поэтому перед последующим пуском его нужно открыть вручную.

Эксплуатация передвижных насосных станций

Перед пуском двигателя плотно закрывают задвижку на напорном трубопроводе, выключают муфту сцепления и автоматическую защиту. На станции СНП-50/80 устанавливают рычаг золотника в положение требуемого режима работы насоса – на параллельное или последовательное соединение колес. Запускают двигатель и прогревают его в течение 5–7 мин при 700–800 об/мин. Затем включают газоструйный вакуум-аппарат для заполнения насоса водой и повышают частоту вращения вала двигателя до номинальной. Появление из диффузора водяной пыли и воды свидетельствует о том, что насос заполнен водой. После этого снижают частоту вращения вала двигателя до минимальной, включают муфту сцепления, отключают вакуум-аппарат и закрывают кран вакуумметра на насосе. Повысив частоту вращения вала двигателя до номинальной, постепенно открывают задвижку на напорной линии.

Установив требуемый напор, включают автоматическую защиту двигателя. При этом горит зелёная лампа контрольного фонаря, что указывает на исправность автоматики. В случае срабатывания защиты необходимо устранить причину остановки двигателя и только после этого начать повторный пуск.

Периодичность и содержание технического обслуживания насосных станций, имеющих дизельные двигатели с тракторными муфтами сцепления, определены в основном правилами технического обслуживания тракторов.

Порядок выполнения работы.

1. По методическим указаниям изучить назначение, классификацию, маркировку передвижных насосных станций.

2. Изучить конструкции и характеристики передвижных насосных станций СНП-50/80, СНП-75/100, СНП-120/30, используя методические указания, плакаты и насосную станцию СНП-75/100.

3. Ознакомится с правилами эксплуатации передвижных насосных станций.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими достоинствами обладают передвижные насосные станции?

2. Как они маркируются?

3. Каковы достоинства и принцип работы двухколесных насосов?

4. Чем характерны уплотнения вала насоса в насосных станциях СНП-75/100 и СНП-120/30?

5. Как устроен и работает газоструйный вакуум-аппарат?

6. Какие параметры насосных станций контролируются аварийно-предупредительной автоматикой? Какие применяются способы остановки двигателя в аварийной ситуации?

7. Каковы основные правила эксплуатации передвижных насосных станций?

Лабораторная работа 11. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАВУЧИХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Плавающая насосная станция – комплекс гидротехнических устройств и оборудования, установленного в трюме и на палубе несамоходного судна, обеспечивающий забор воды из источника орошения (обводнения), подъем и транспортировку ее к месту потребления (рис. 11.1).

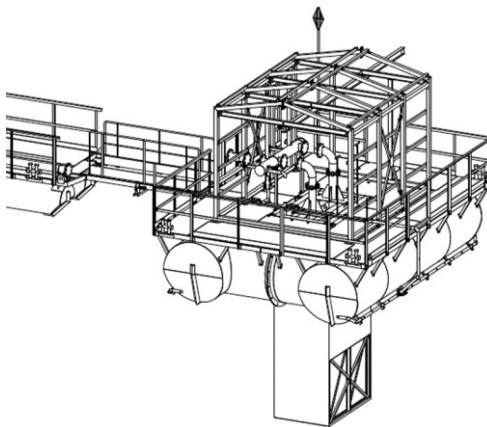


Рис. 11.1. Схема плавучей насосной станции

Составные части ПНС:

1. Корпус судна представляет собой главную конструктивную часть однопалубного стоечного судна (прямоугольный понтон) с симметричными обводами корпуса. Корпус судна состоит из обшивки и набора. Обшивку сваривают (склепывают) из стальных листов, согнутых в соответствии с требуемой формой обводов судна. Со стороны внутренней части обшивку и палубу (для поддержания прочности и формы корпуса) подкрепляют системой балок, располагающихся в поперечном и продольном направлениях. Совокупность этих балок является набором корпуса.

2. Якорное устройство расположено в носовой и кормовой частях ПНС. Кормовое якорное устройство по своим характеристикам и рас-

положению аналогично носовому якорному устройству. Каждое якорное устройство состоит из якоря, якорной цепи с распорками, якорного клюза, цепного ящика, устройства для крепления и отдачи коренного конца якорной цепи, стопора фрикционного, предназначенного для стоянки станции на якоре, стопора цепного, предназначенного также для стоянки станции на якоре и для крепления якоря «по-походному», палубного клюза и якорно-швартовного шпиля.

3. Швартовное устройство расположено в носовой и кормовой частях ПНС. Буксирное устройство в носовой части. Швартовное устройство состоит из швартовных стальных канатов, хранящихся на вьюшках, швартовных кнехтов, киповых планок с горизонтальными и вертикальными роульсами, швартовных бортовых клюзов, закрепленных на фальшборте и якорно-швартовных шпилей.

4. Буксирное устройство состоит из однотумбовых кнехтов и бортовых швартовных клюзов, укрепленных на фальшборте носовой части судна.

5. Грузовое устройство состоит из крана специального, подкранового пути, уложенного на главной палубе в районе шпангоутов, приводной цепи, по которой обкатывается звездочка механизма движения крана, лотков для питающего кабеля, носового и кормового упоров, ограничивающих движение крана в носу и корме станции.

6. Рыбозаградительное устройство состоит из жесткого каркаса, состоящего с комингсом и сплошным листом верхней части основную несущую конструкцию рыбозаградителя, в которой заключены промыватель, вращающийся в подшипниках, и сетка, подкрепленная ребрами жесткости. На верхней плоскости рыбозаградителя установлены пенопластовый поплавок, обеспечивающий поворот рыбозаградителя и прижатие его к днищу станции (установку в рабочее положение), а также опорноходовые узлы, осуществляющие транспортировку рыбозаградителя по направляющим. Герметичность в районе прилегания рыбозаградителя к опорной плоскости входного отверстия в водозаборный отсек создается резиновым уплотнением, расположенным на комингсе. Подача воды на промыватель производится с борта станции гибким шлангом (от системы технического водоснабжения), один конец которого болтами крепится к патрубку распределителя. На обшивке верхней части рыбозаградителя установлен датчик системы автоматического контроля вращения промывателя.

7. Устройство закрытия водозаборных отсеков состоит из крышки, стропа подъемного, обуха, крюка с гайкой, направляющих. С помощью штатного грузового устройства ПНС крышки, подвешиваемые за строп, плавно опускаются под действием силы тяжести по направляющим до конечного положения, возникающая при этом сила прижимает крышки резиновым уплотнением к комингсу отверстия водозаборного отсека. Затем с помощью осушительной системы из отсека откачивается вода. По мере удаления воды понижается уровень воды в отсеке и на крышки начинает действовать растущая сила гидростатического давления, которая плотно прижимает их к комингсу. После откачки воды необходимо спуститься в отсек через горловину в палубе, завести крюки в петли крышек и завернуть гайки. Отсек при этом надежно закрыт от поступления воды.

8. Прием воды главными насосными агрегатами производится из водозаборных отсеков, расположенных по левому борту насосной станции. Количество отсеков – по числу насосных агрегатов.

В днищевой части каждого водозаборного отсека имеются вырезы, через которые вода поступает из водоема в отсек во время работы насосного агрегата. Вырезы оборудованы таким образом, что к ним примыкают рыбозаградители, которые предотвращают засасывание вместе с водой рыбы, рыбной молоди, икры. На зимний период, а также на случаи, когда необходимо осушить систему главного насосного агрегата, вырезы закрываются специальными крышками. Главное требование к воздушной полости водозаборного отсека – ее полная герметичность, что особенно важно для работы вакуум-системы в период заполнения водой главного насоса.

В продольной переборке каждого водозаборного отсека, обращенной в сторону насосного отделения, имеется вырез, в который вварен патрубок. С помощью сварного соединения к патрубку крепится конус-переход.

Всасывающий фланец насоса соединен с конусом-переходом трубой. Наличие скользящего фланца необходимо для облегчения монтажных и демонтажных работ, а также компенсации некоторой неточности при изготовлении элементов трубопровода. Насос установлен и закреплен на фундаменте болтами; для точной фиксации и предотвращения сдвига применены призонные болты. Напорный фланец насоса соединен фланцем с конусом-переходом, который вторым фланцем

скользящего типа соединен с задвижкой. Задвижка установлена на фундамент, приваренный к днищевому набору, и притянута к нему двумя полухомутами. Далее от задвижки отходит цилиндрическая утка, которая входит в воздушный отсек правого борта и присоединяется фланцем к шаровому шарниру, установленному на борту. Чаша шарнира центральным фланцем прикреплена к борту неподвижно, а шар, поворачивающийся в чаше в любую сторону от нейтрального положения, выходит за борт. Имеющимся фланцем шар присоединяется на месте установки станции к соединительному трубопроводу, который другим концом на берегу соединен с береговым трубопроводом с помощью такого же шарового шарнира.

Трубопровод выполнен из труб. Утка изготовлена сварной конструкцией. Патрубок, конус-переход изготовлены сварными из стального листа. Фланцы стальные приварные, уплотнительные прокладки из листовой резины. Трубы имеют каждая по одной опоре, к которой они притянуты полухомутами.

На корпусе насоса установлен приборный щиток, на котором размещены – вакуумметр для контроля разрежения во всасывающей магистрале и электроконтактный манометр для контроля напора в нагнетательной части трубопровода и для выдачи электрического импульса на открытие задвижки с электроприводом по достижении заданного давления. Перед вакуумметром и манометром установлены клапаны, позволяющие производить отключение приборов, продувку импульсных трубок и подключение контрольных приборов.

В каждом патрубке вакуум-системы, присоединенном к верхней части крышки насоса, установлен датчик электронного сигнализатора уровня, который выдает электрический импульс на включение главного насосного агрегата при заполнении насоса водой и достижении ее уровня датчика.

Пуск и остановка главного насосного агрегата как в ручном, так и в автоматическом режимах работы производится из операторской. Кроме этого, у главного насосного агрегата предусмотрен пост аварийного отключения электродвигателя.

Электропривод задвижки имеет управление (пуск и остановка) в автоматическом режиме работы из операторской; в ручном режиме – по месту установки задвижки. Контроль температуры подшипников насоса осуществляется визуально по термометрам. Датчики термомет-

ров смонтированы в корпусах подшипников, показывающие приборы установлены на корпусе электродвигателя. При достижении температуры подшипников верхнего допустимого предела питание электродвигателя автоматически отключается, а в операторской включаются световой и звуковой сигналы.

Температура железа и обмоток статора также контролируется термометрами. Датчики установлены в сердечнике и обмотках, показывающий прибор с переключателем размещен в операторской.

На корпусе электродвигателя установлены термометры для контроля температуры воды до и после воздухоохладителя.

При заполнении насоса водой перед его запуском на блоке электронного сигнализатора уровня, установленного на корпусе насоса, включается световой сигнал (контроль при ручном режиме пуска насосного агрегата).

9. Вакуум-насосы расположены в помещении вспомогательных механизмов. Здесь же, на продольной переборке, расположена циркуляционная цистерна. В верхней части цистерны подсоединяются напорные трубы от вакуум-насосов, воздушной трубы и трубы подвода воды от цистерны заборной воды. В нижней части подсоединяются трубы подвода рабочей воды к вакуум-насосам. Цистерна оборудована спускной пробкой, горловиной, указателем уровня и переливной трубой.

В верхней части корпусов главных насосов установлены патрубки с отстойками, в которых закреплены датчики сигнализатора уровня.

От патрубка каждого насоса отходят вакуумные трубы с электромагнитными клапанами, которые объединяются в одну магистраль, идущую к приемным патрубкам вакуум-насосов. Перед насосами магистраль раздваивается на приемные трубы каждого вакуум-насоса. Приемные трубы оборудованы запорными клапанами, с помощью которых со стороны приемной части отключается резервный насос.

Нагнетательные трубы вакуум-насосов подсоединены к циркуляционной цистерне в верхней ее части. Эти трубы запорных устройств не имеют.

Рабочая вода для создания в камерах вакуум-насосов гидравлического затвора поступает к насосам от циркуляционной цистерны. От общей трубы с электромагнитным клапаном к каждому насосу подходят свои трубы, на которых имеются запорные клапаны. С помощью

этих клапанов со стороны подвода рабочей воды отключается резервный вакуум-насос.

Заполнение циркуляционной цистерны рабочей водой осуществляется от цистерны заборной воды системы бытового водоснабжения. С этой целью цистерна соединена трубой, на которой имеется запорный клапан.

Контроль за разрежением в вакуумной магистрали осуществляется по вакуумметрам, установленным на всасывающих магистралях каждого вакуум-насоса. Приборы установлены около насосов на переборке. Каждый вакуумметр оборудован клапаном для манометра.

Вакуум-насосы работают автоматически при запуске главных насосных агрегатов. После ввода в автоматический режим работы любого одного главного насосного агрегата и установки ключа в положение «Пуск» – включается рабочий вакуум-насос, открываются электромагнитные клапана (в зависимости от того, какой насосный агрегат запускается). При работе вакуум-насосов в автоматическом режиме запорный клапан рабочего вакуум-насоса всегда находится в открытом положении.

После заполнения водой корпуса главного насоса срабатывает сигнализатор уровня, электромагнитные клапаны закрываются, вакуум-насос отключается. Главный насосный агрегат по данному параметру (заполнение корпуса водой) готов к работе.

Работа вакуум-насосов возможна и при ручном управлении. При этом пуск и остановка насосов, открытие и закрытие электромагнитного клапана осуществляются вручную с места.

10. Система технического водоснабжения представляет собой несообщающиеся друг с другом системы, оборудованные каждая на своем насосном агрегате.

Вода от напорной магистрали насоса по основному трубопроводу с клинкетными задвижками и фильтром подводится к промывным устройствам обоих рыбозаградителей (приемный отсек каждого насосного агрегата оборудован двумя рыбозаградителями). Отростки к рыбозаградителям отходят от основных трубопроводов в водозаборных отсеках каждого главного насосного агрегата. С рукавами рыбозаградителей подводящие воду трубы соединяются с помощью фланцевых соединений.

От основного трубопровода отходит труба, разделяющая на две ветки: одна для подвода воды к воздухоохладителям, вторая – к подшипникам насосов и электродвигателей.

На трубе, подводящей воду к воздухоохладителю и подшипникам, имеется запорный и предохранительный клапаны, перепускающие воду в трубу обратной воды из воздухоохладителя при превышении установленного давления в трубе подвода воды к воздухоохладителю. Труба обратной воды из воздухоохладителя подсоединяется к приемной магистрали главного насоса. В месте подсоединения на трубе обратной воды имеется невозвратно-запорный клапан.

От трубы, подводящей воду к подшипникам, отходят отрезки с кранами на охлаждение подшипников насосов и на охлаждение подшипников электродвигателей. Охлаждающая вода после подшипников насосов и электродвигателей собирается в одну трубу, которая подсоединяется к трубе обратной воды от воздухоохладителя. Система выполнена из стальных и водопроводных труб. Соединения труб фланцевые на прокладках и муфтовые. В местах возможного застоя воды установлены спускные пробки.

Контроль за давлением в трубопроводе системы осуществляется по манометрам, установленным после фильтров. Один манометр установлен после клинкетной задвижки (контроль давления воды к рыбозаградителям), второй манометр установлен после клапана (контроль давления воды к воздухоохладителю и к подшипникам). Манометры насосных агрегатов установлены на продольной переборке в районе приемных патрубков насосов. Манометры насосов установлены на щитках, закрепленных на корпусах насосов.

Управление работой системы ручное с места. Ввод системы в действие осуществляется для каждого насосного агрегата открытием клинкетных задвижек, клапанов и кранов после ввода в работу насосных агрегатов.

11. Сушительный насос установлен в помещении вспомогательных механизмов. Там же, на продольной переборке, установлена невозвратно-запорная фланцевая коробка с клапанами.

Через клапан коробки осушается форпик, воздушный отсек, также через клапаны осушаются помещения мастерской и вспомогательных механизмов, и вода принимается от приемных сеток, расположенных в носовой части насосного отделения.

В насосном отделении на переборке установлена также невозвратно-запорная фланцевая коробка с клапанами.

Через клапаны коробки осушаются помещения трансформаторной и ахтерпик, вода принимается от приемных сеток, расположенных в кормовой части насосного отделения, и приемной сетки, расположенной в кормовой части воздушного отсека.

Клапанные коробки соединены между собой трубопроводом, к которому через запорные клапаны подсоединяются патрубки из водозаборных отсеков левого борта, через которые производится осушение и наполнение этих отсеков.

Приемный патрубок осушительного насоса соединяется трубой с коробкой. На этой трубе около коробки имеется запорный клапан, а между клапаном и насосом грязевая коробка.

От напорной (нагнетательной) магистрали насоса отходит труба с запорным клапаном, которая выходит на палубу и заканчивается рукавной палубной втулкой.

Удаление воды за борт из отсеков, обслуживаемых системой осушения, осуществляется через невозвратно-запорный клапан, установленный на продольной переборке помещения вспомогательных механизмов. Через рукавную палубную втулку возможно удаление воды из осушаемых отсеков на берег или плавучий сборщик.

Балластная система через клапан соединяется с напорным трубопроводом пожарно-балластного насоса, которым производят заполнение балластных цистерн.

Через клапана заполняется носовая балластная цистерна левого борта и правого.

Заполнение кормовых балластных цистерн производится через магистральный осушительный трубопровод и клапан – цистерну левого и правого борта.

Осушение балластных цистерн производится через те же клапана и далее к осушительному насосу.

Выброс воды за борт производится через невозвратно-запорный клапан.

Контроль за работой осушительного насоса осуществляется по манометру и вакуумметру, установленным соответственно на нагнетательной и всасывающей магистралях насоса, приборы установлены

около насоса на переборке. Управление работой насоса ручное. Пуск, остановка и контроль за работой насоса осуществляется с места.

12. Пожарно-балластный насос установлен в помещении вспомогательных механизмов. Прием воды насосом производится от днищевого кингстона через фильтр.

Нагнетательная пожарная магистраль насоса под подволоком вдоль продольной переборки проходит в насосное отделение, далее над главной палубой (у кормовой стенки надстройки) заканчивается пожарным рожком. Два пожарных рожка установлены на отростках, отходящих от пожарной магистрали. Один – на переборке, второй – на другой переборке. Еще два пожарных рожка установлены на главной палубе. В помещения вспомогательных механизмов от нагнетательной магистрали отходит еще один отросток, который проходит через переборку в форпик, и далее через главную палубу вдоль носовой переборки надстройки, где заканчивается пожарным рожком.

От пожарного трубопровода в помещении вспомогательных механизмов отходит отросток на систему бытового водоснабжения (заполнение цистерны забортной воды), а в форпике – на сточно-фановую систему (на эжектор и промывку фекальной цистерны).

От нагнетательной магистрали отходит отросток и на продувку кингстона. На этом отростке, около кингстона, имеется невозвратно-запорный клапан.

Пожарные рожки оборудованы пожарными шлангами. Пожарные шланги вместе со стволами хранятся в специальных шкафчиках, расположенных вблизи рожков.

Противопожарная система выполнена из труб. Соединения труб фланцевые (пожарный трубопровод) на резиновых прокладках и штуцерные (труба кингстона). На концах труб в отсеках имеются раструбы. В местах возможного застоя воды установлены спускные пробки.

Контроль за работой пожарно-балластного насоса осуществляется по манометру и вакуумметру, установленным соответственно на нагнетательной и всасывающей магистралях насоса. Приборы установлены на продольной переборке около насоса. Управление работой насоса ручное. Пуск, остановка и контроль за его работой осуществляется с места.

13. Искусственной вентиляцией оборудованы насосное отделение, помещение вспомогательных механизмов, помещение распределен-

тельных устройств, мастерская, трансформаторная, помещение ТВУ, операторская и помещения жилого блока (каюты, камбуз, душевая, умывальная и туалет).

Вопросы для самоконтроля

1. Какими достоинствами обладают плавучие насосные станции?
2. Из чего состоят плавучие насосные станции?
3. С помощью каких приборов осуществляется контроль за давлением?
4. Зачем необходима система технического водоснабжения?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. И с а е в, А. П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов: учеб. пособие / А. П. Исаев, Б. И. Сергеев, В. А. Дидур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 400 с.
2. М е д в е д е в, В. Ф. Гидравлика и гидравлические машины: учеб. пособие / В. Ф. Медведев. – Минск: Высш. шк., 1998. – 311 с.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник / Т. М. Башта [и др]. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.
4. В а с и л ь е в, Б. А. Гидравлические машины: учеб. пособие / Б. А. Васильев, Н. А. Грецов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 272 с.
5. Насосы и насосные станции: учебник / В. Ф. Чебаевский [и др.]. – М: Агропромиздат, 1989. – 416 с.
6. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер [и др.]. – Минск: Высш. шк., 1985. – 382 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа 1. Параметры насосной установки и правила ее эксплуатации.....	4
Лабораторная работа 2. Изучение конструкций насосов.....	9
Лабораторная работа 3. Испытание насосной установки с центробежным насосом.....	20
Лабораторная работа 4. Параллельная работа центробежных насосов на один трубопровод.....	23
Лабораторная работа 5. Последовательная работа центробежных насосов на один трубопровод.....	27
Лабораторная работа 6. Кавитационные испытания центробежного насоса.....	31
Лабораторная работа 7. Изучение конструкции и определение объемного коэффициента полезного действия поршневого насоса.....	35
Лабораторная работа 8. Изучение конструкции и принципа действия гидравлического тарана.....	39
Лабораторная работа 9. Конструкция и принцип действия прочих типов насосов.....	42
Лабораторная работа 10. Изучение конструкций передвижных насосных станций.....	48
Лабораторная работа 11. Изучение конструкций плавучих насосных станций.....	56
Библиографический список.....	69