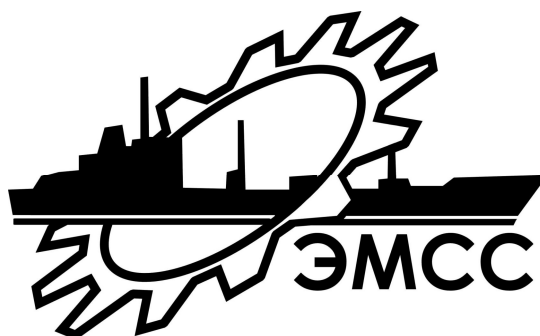




ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Методические указания
к проведению практического занятия №3
на компьютерном тренажере
со студентами дневной и заочной формы обучения
специальности «Эксплуатация СЭУ»
по дисциплине
«Судовые вспомогательные механизмы,
системы и их эксплуатация»



Севастополь
2010



Энергетические испытания центробежного насоса: Методические указания к проведению практического занятия №3 на компьютерном тренажере со студентами дневной и заочной формы обучения специальности «Эксплуатация СЭУ» по дисциплине «Судовые вспомогательные механизмы, системы и их эксплуатация» /Сост. С.Н. Ткач, Е.С. Ткач. - Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010.- 20с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» в приобретении навыков проведения энергетических испытаний центробежного насоса на имитационном компьютерном тренажере при изучении дисциплины «Судовые вспомогательные механизмы, системы и их эксплуатация», оформлении и защите протокола испытаний.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Энергоустановок морских судов и сооружений, протокол № 1 от 23.08.2010 г.

Рецензент: Гоголев Г.В., канд.техн.наук, доцент кафедры ЭМСС.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Цель работы.....	3
2. Теоретический раздел.....	3
3. Описание испытательного стенда.....	6
4. Порядок выполнения теоретических расчетов.....	7
5. Порядок проведения экспериментальных исследований.....	9
6. Основные требования к оформлению и защите отчета.....	11
7. Контрольные вопросы.....	11
Библиографический список.....	12
Приложение А. Виды ремонтов и зазоры в сопряжениях насоса.....	13
Приложение Б. Характеристики насоса K50-32-125.....	14
Приложение В. TEST RECORD OF AUX. COOL. S. W.....	15
Приложение Г. Справочные данные электронасосного агрегата.....	16
Приложение Д. Соотношения между единицами давления.....	16
Приложение Е. Основные неисправности центробежных насосов и способы их устранения.....	17

ВВЕДЕНИЕ

После среднего и капитального ремонта насосы подвергаются испытаниям на стенде для определения качества ремонта и сборки, а также сокращения объема швартовых и ходовых испытаний.

Практическое занятие, выполняемое на компьютерном тренажере, имитирует работу центробежного насоса в составе специального стендового оборудования, которое предназначено для проведения энергетических испытаний насосов.

В процессе испытаний заполняется протокол показаниями приборов при установившемся режиме. По результатам расчетов строится рабочая характеристика насоса. Насос считается прошедшим испытания, если параметры и характеристики, полученные при испытании, соответствуют техническим данным, заявленным в паспорте насоса.

Для сдачи работы необходимо предоставить полностью заполненный и подписанный студентом протокол испытаний насоса с построенными рабочими характеристиками и анализом технического состояния оборудования.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью практического занятия на компьютерном тренажере является: проведение энергетических испытаний насоса; построение рабочих характеристик центробежного насоса, т.е. зависимости напора H , потребляемой мощности N , КПД от подачи Q при постоянной частоте вращения $n = \text{const}$; анализ технического состояния электронасосного агрегата и выбор оптимального эксплуатационного режима.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Насосы центробежного типа применяют в различных общесудовых системах: противопожарной, балластной, осушительной, водотопливной, санитарной [1]. Их используют в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания, грузовых – на танкерах и т.д. Положительные качества: небольшие масса и габариты; возможность непосредственного соединения с электродвигателем, турбиной; простота конструкции; быстрый пуск и простое регулирование во время работы; равномерная подача жидкости; относительно малая чувствительность к загрязненной жидкости. К недостаткам относится неспособность к самовсасыванию, требующая заполнения насоса перед пуском.

На занятии проводятся испытания центробежного консольного насоса К50-32-125б. Продольный разрез насоса показан на рисунке 1. Насос имеет горизонтальное исполнение с рабочим колесом одностороннего входа и сальниковым уплотнением вала. Согласно стандарту ISO 2858: «К» - консольный; «50» - условный диаметр входного патрубка, мм; «32» - условный диаметр выходного патрубка, мм; «125» - номинальный диаметр рабочего колеса; «б» - уменьшенный диаметр рабочего колеса до 115 мм. Насос предназначен для

перекачивания воды (кроме морской), а также других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, с температурой от 0 до +85 °С, $pH = 6 \dots 9$, с содержанием твердых включений не более 1% по массе и размером не более 0,2 мм.

Корпус насоса 6 представляет собой чугунную отливку с внутренней полостью в виде спирали, переходящей в напорный патрубок. Напорный патрубок расположен под углом 90° к оси насоса и направлен вертикально вверх, но по условиям монтажа может быть повернут на 90, 180 и 270°. В самой верхней точке корпуса имеется закрытое пробкой отверстие для выпуска воздуха из корпуса насоса и всасывающего трубопровода при заливке насоса водой перед первоначальным пуском. При продолжительных остановках жидкость из насоса сливают через отверстие с пробкой 1, расположенное в нижней части корпуса. Крышка 5 корпуса чугунная, отлитая вместе с входным патрубком. Ротор насоса приводится во вращение электродвигателем, который вместе с насосом установлен на общей фундаментной плите и соединен между собой через упругую втулочно-пальцевую муфту, которая в целях безопасности ограждена защитным кожухом. Несоосность валов насоса и электродвигателя не должна превышать 0,3 мм, иначе эластичные пальцы полумуфты будут быстро изнашиваться. Рабочее колесо 2 литое чугунное состоит из двух дисков, соединенных между собой лопастями. Передний диск имеет входное отверстие. Вход жидкости в рабочее колесо осевой. Колесо закреплено на валу 12 с помощью шпонки и гайки 3.

Направление вращения колеса насоса по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя. Вал насоса – стальной, вращается в подшипниковых опорах. Смазка подшипников 10, 13 консистентная, производится периодически через пресс-масленки в крышках подшипников. Насос имеет одинарное сальниковое уплотнение с наибольшим допускаемым давлением жидкости на входе в насос 3,5 кг/см². Вал насоса под уплотнением защищен от контакта с перекачиваемой жидкостью специальной втулкой 8.

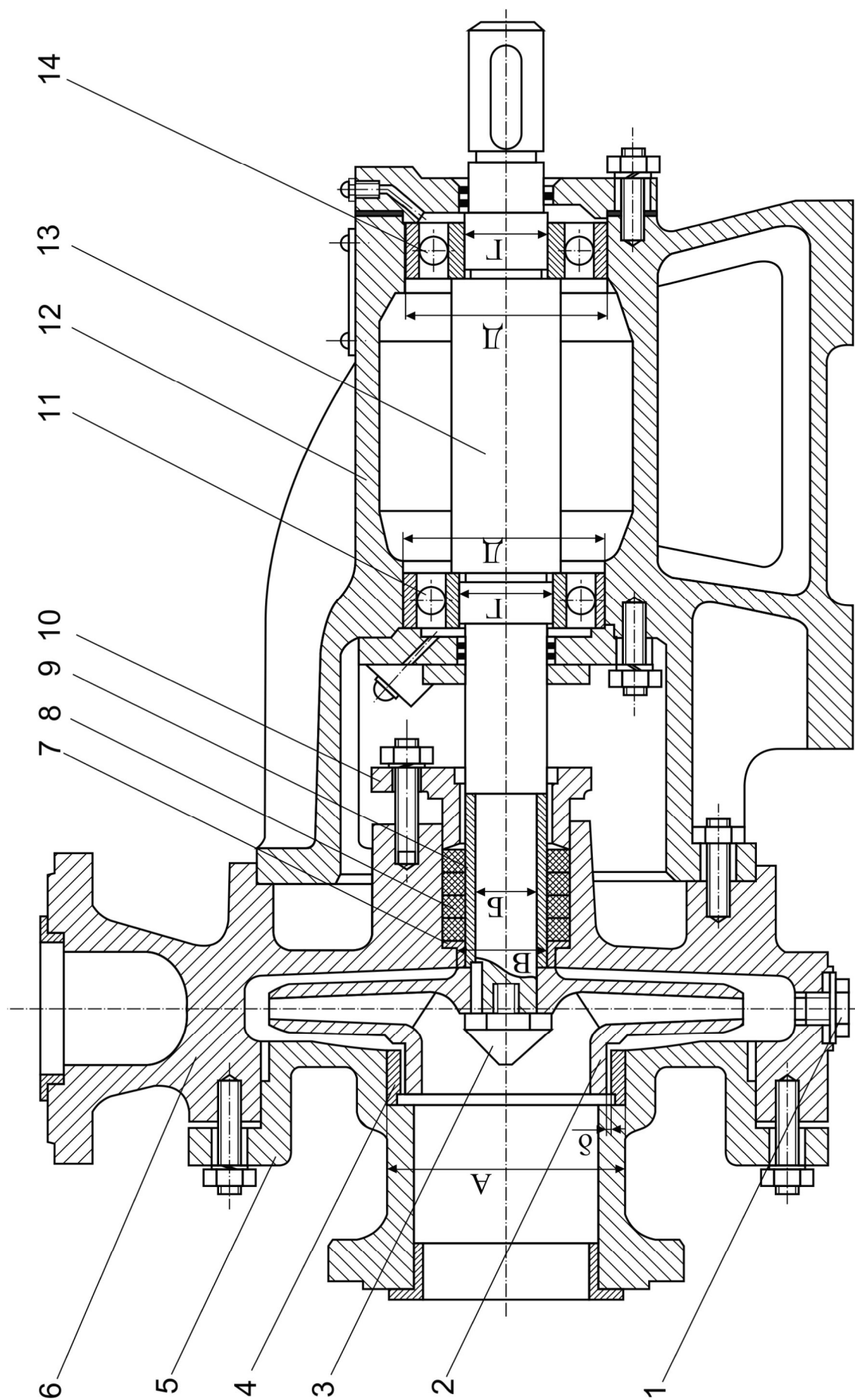
В качестве привода насоса выбран асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, как относительно дешевый и надежный в судовых условиях эксплуатации [2]. Характеристики электронасосного агрегата приведены в таблице В.1 и В.2 (Приложение В).

Виды ремонтов насоса описываются в Приложении А. Зазоры в сопряжениях исследуемого насоса в таблице А.1 этого приложения.

На рисунке Б.1 (в Приложении Б) представлены характеристики насоса К50-32-125б.). Работая на воде с температурой 20 °С и плотностью 1000 кг/м³ при частоте вращения 2900 об/мин, насос создает напор 16 м и обеспечивает производительность 10 м³/ч. Рабочая зона производительности находится в диапазоне 5...14 м³/ч.

В таблице Е.1 (Приложение Е) перечислены основные неисправности центробежных насосов, причины их возникновения и способы устранения [3].



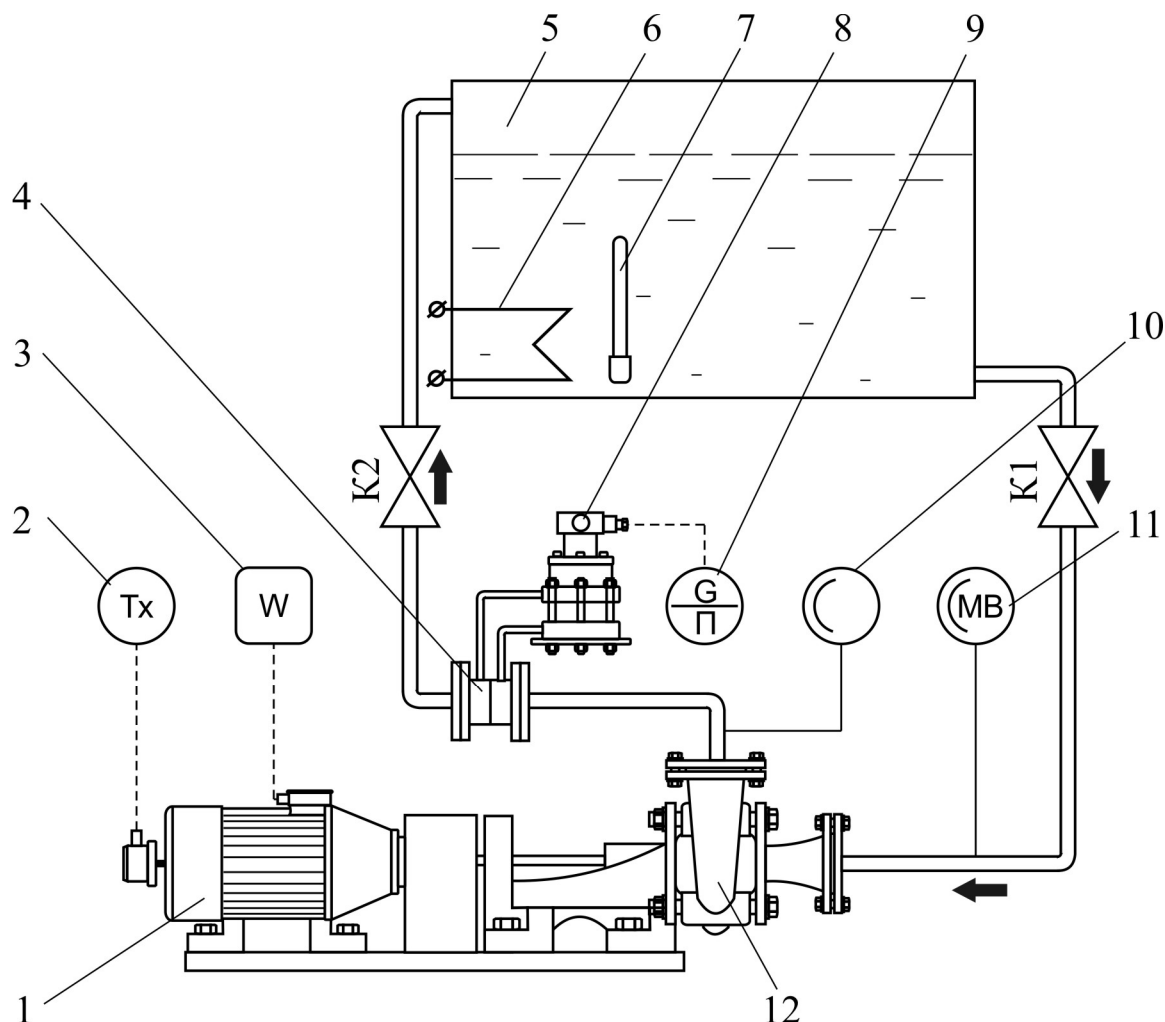


1 — пробка сливная; 2 — колесо рабочее; 3 — гайка рабочего колеса; 4 — кольцо уплотняющее; 5 — всасывающая крышка; 6 — корпус; 7 — втулка; 8 — набивка сальниковая; 8 — втулка защитная; 10 — крышка сальника; 11, 14 — шариковый подшипник; 12 — опорная стойка; 13 — вал

Рисунок 1 — Продольный разрез центробежного насоса К50-32-125б

3. ОПИСАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

Испытания центробежного насоса проводятся на стенде, принципиальная схема которого представлена на рисунке 2. Стенд включает: электронасосный агрегат; циркуляционный контур, заполненный пресной водой; комплектующее оборудование; контрольно-измерительные приборы. Электронасосный агрегат состоит из центробежного насоса 12 и приводного трехфазного электродвигателя 1 переменного тока с короткозамкнутым ротором.



1 - электродвигатель; 2 – тахометр; 3 – ваттметр; 4 – расходомерная диафрагма; 5 – расходный бак; 6 – электронагреватель; 7 – термометр; 8 – первичный прибор (измерительный); 9 – вторичный прибор (показывающий); 10 – манометр; 11 – мановакуумметр; 12 - центробежный насос; K1 – клапан на всасывающем участке трубопровода; K2 – клапан на нагнетательном участке трубопровода

Рисунок 2 – Принципиальная схема испытательного стенда

Контур циркуляции состоит из расходного бака 5, подводящего трубопровода с клапаном K1, отводящего трубопровода с клапаном K2. Комплектующее оборудование обеспечивает: изменение температуры воды в системе циркуляции с помощью трубчатого электронагревателя (ТЭН) 6, закрепленного в баке; определение величины перепада давлений воды на расходомерной

диафрагме 4 измерительным прибором 8. На стенде установлены следующие контрольно-измерительные приборы [4]:

- тахометр 2 для контроля частоты вращения вала насоса n ;
- ваттметр 3 для измерения мощности, потребляемой электродвигателем из сети;
- манометр 10 для измерения избыточного давления воды на выходе из насоса;
- мановакуумметр 11 для измерения избыточного и вакуумметрического давления воды на входе в насос;
- вторичный прибор 9 для контроля перепада давления на расходомерной диафрагме;
- термометр 7 для измерения температуры воды в контуре (закреплен на баке).

Вода из бака 5 по всасывающему трубопроводу через запорный клапан $K1$ поступает в насос 12, проходит через рабочее колесо и выбрасывается в напорный трубопровод, проходит через диафрагму 4, запорный клапан $K2$ и возвращается в расходный бак.

Перед пуском насоса клапан $K1$ должен находиться в открытом положении, $K2$ – полностью закрытом [5].

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

При проведении испытаний центробежного насоса определяют его подачу, напор, мощность и КПД при заданных постоянных оборотах двигателя [6].

Для определения производительности насоса Q , $\text{м}^3/\text{с}$ по величине перепада давления Δh на расходомерной диафрагме типа ДКС воспользуемся формулой

$$Q = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot K_t \cdot d^2 \cdot \sqrt{\frac{\Delta h}{\rho}},$$

где α — коэффициент расхода;

ε — поправочный множитель на расширение измеряемой среды;

K_t — поправочный множитель на расширение материала диафрагмы;

d — диаметр отверстия диафрагмы в мм, измеренный при температуре 20°C ;

ρ — плотность жидкости перед диафрагмой, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Δh — перепад давления на диафрагме, $\text{кгс}/\text{см}^2$.

Так как в условиях проведения испытания температура перекачиваемой воды близка к 20°C и колебания ее во время испытания незначительны, то коэффициент диафрагмы

$$K = 3,39 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot K_t \cdot d^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho}}$$

можно считать постоянной величиной $K = 5,02 \cdot 10^{-3}$, а подачу насоса Q , м³/с определить по формуле $Q = K \cdot \sqrt{\Delta h}$.

Полный напор H , Дж/кг, создаваемый насосом, представляет собой приращение удельной энергии жидкости при прохождении ее через рабочие органы насоса и вычисляется по формуле

$$H = \frac{P_{\text{н}} - P_{\text{вс}}}{\rho} + \frac{\omega_{\text{н}}^2 - \omega_{\text{вс}}^2}{2} + g \cdot z_0,$$

где $P_{\text{н}}$ — давление в нагнетательном трубопроводе на выходе из насоса, Па;

$P_{\text{вс}}$ — давление во всасывающем трубопроводе на входе жидкости в насос, Па;

ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

z_0 — расстояние по вертикали между точками измерения давлений $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{вс}}$, м;

$\omega_{\text{н}}$ — скорость жидкости в нагнетательном трубопроводе в месте замера давления, м/с;

$\omega_{\text{вс}}$ — скорость жидкости во всасывающем трубопроводе в месте замера давления, м/с.

Равенство диаметров трубопровода на всасывающем и нагнетательном участке циркуляционного контура приводит к равенству скоростей $\omega_{\text{н}}^2 - \omega_{\text{вс}}^2$ и обнуляет динамическую составляющую напора $\frac{\omega_{\text{н}}^2 - \omega_{\text{вс}}^2}{2} = 0$. Если не учитывать геометрическую составляющую напора z_0 , из-за ее незначительного вклада (как на нашем стенде $z_0 = 0,3$ м), то напор H , Дж/кг можно найти по упрощенной формуле

$$H \approx \frac{P_{\text{н}} - P_{\text{вс}}}{\rho}.$$

Различают абсолютное, избыточное и вакуумметрическое давление. Абсолютное давление есть полное давление, испытываемое жидкостью, равное сумме избыточного и атмосферного давлений $P_{\text{абс}} = P_{\text{изб}} + P_{\text{атм}}$. Если абсолютное давление меньше атмосферного, то такое давление называется вакуумметрическим: $P_{\text{вак}} = P_{\text{атм}} - P$.

Абсолютное давление жидкости на выходе из насоса определяется из выражения $p_{\text{н}} = (p_{\text{м}} + 1) \cdot 10^5$, где $p_{\text{м}}$ — избыточное давление на манометре, кгс/см². Вакуумметрическое давление жидкости на входе в насос из выражения $p_{\text{вс}} = (1 - p_{\text{мв}}) \cdot 10^5$, Па, если мановакуумметр показывает давление меньше атмосферного или $p_{\text{вс}} = (1 + p_{\text{мв}}) \cdot 10^5$ при избыточном давлении на мановакуумметре. Соотношения между единицами давления приводятся в таблице Д.1 (Приложение Д).

Полезная мощность насоса, Вт, сообщаемая перекачиваемой воде вычисляется по формуле

$$N_{\text{пол}} = \rho \cdot Q \cdot H,$$

где Q — объемная производительность насоса, м³/с;

H — напор, развиваемый насосом, Дж/кг;

ρ — плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³.

Мощность W , Вт, потребляемая из электрической сети электродвигателем насоса, определяется по показанию ваттметра. Мощность, потребляемая насосом, будет меньше мощности W на величину мощности, теряемой в электродвигателе в виде механических, электрических, тепловых и др. потерь, которые оцениваются КПД электродвигателя. Тогда

$$N_{\text{потр}} = W \cdot \eta_{\text{эд}},$$

где W — показания ваттметра, Вт;

$\eta_{\text{эд}}$ — КПД приводного электродвигателя насоса, который находится из таблицы Г.2 (Приложение Г), содержащей технические характеристики электродвигателя АИР80А2.

При работе насоса большая часть мощности, потребляемая от электродвигателя, преобразуется в насосе в полезную мощность $N_{\text{пол}}$, а также расходуется в виде теряемой мощности, оцениваемой механическими, гидравлическими и объемными потерями. Тогда общий КПД насоса η будет равен

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{потр}}}.$$

По результатам расчетов строятся рабочие характеристики насоса, т.е. графические зависимости основных технических показателей H , $N_{\text{потр}}$, η от подачи Q при постоянных значениях частоты вращения $n = \text{const}$.

Характеристики, полученные при испытании насоса, являются основным техническим документом, определяющим эксплуатационные свойства насоса. Они прилагаются к техническому паспорту насоса. Имея характеристики насоса при данной частоте вращения и пользуясь уравнениями пропорциональности, можно построить его характеристики при любой частоте вращения, а также при изменении его размеров (моделировании).

5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приготовление и пуск насоса

1. Открыть полностью клапан $K1$ и оставить закрытым клапан $K2$ (рисунок 2) на подводящем и отводящем трубопроводах. Насос заполняется водой. Необходимо учесть, что пусковой момент электродвигателя имеет пиковое значение. Чтобы не допустить перегрузки электродвигателя его пуск должен

производиться при полностью закрытом клапане $K2$. При этом мощность, потребляемая насосом, будет наименьшей, а производительность $Q = 0$.

2. Подвести питание к стенду.

3. Установить параметры трубопровода и значение температуры воды согласно заданию преподавателя.

4. Пустить насос, наблюдая за показаниями ваттметра, амперметра, тахометра. Значение пускового тока $I_{\text{пуск}}$ записать.

Обслуживание в работе

По истечении 2 минут можно считать пусковой период законченным, а режим работы насоса установившимся.

Во время работы насоса наблюдать за показаниями приборов: манометра, мановакуумметра, вторичного прибора, амперметра, вольтметра и тахометра. Резкие изменения показаний приборов свидетельствуют о ненормальной работе насоса.

Выполнение замеров

1. Первый замер снять при закрытом клапане $K2$, при этом $Q = 0$.

2. Последующие замеры снять при нескольких промежуточных положениях клапана $K2$. При полностью открытом клапане $K2$ снимают последний замер. Общее количество замеров должно быть 5...10.

3. Во время каждого замера следует записать показания приборов:

- давление перед насосом $P_{\text{вс}}$ по мановакуумметру 11 (рисунок 2);
- давление за насосом $P_{\text{н}}$ по манометру 10;
- перепад давлений на расходомерной диафрагме Δh по показывающему прибору 9;
- мощность на валу электродвигателя W по ваттметру 3;
- частоту вращения вала двигателя n по тахометру 2.

4. Показания приборов, снятые во время опыта занести в протокол испытаний для насоса К50-32-125б. Образец заполнения протокола представлен в Приложении Б на примере протокола испытаний центробежного насоса типа FEV-150E.

Остановка насоса

1. Полностью закрыть клапан $K2$.
2. Остановить насос.
3. Полностью закрыть клапан $K1$.
4. Обесточить стенд.

Обработка результатов испытания

1. Заполнить протокол испытаний, производя вычисления по формулам, приведенным и описанным выше.

2. Построить характеристики насоса $H = f(Q)$, $N_{\text{потр}} = f(Q)$, $\eta = f(Q)$ при заданной $n = \text{const}$, для чего воспользоваться уравнениями пропорциональности [7] $Q_i = Q \cdot n_i / n$, $H_i = H \cdot (n_i / n)^2$, $N_i = N \cdot (n_i / n)^3$. Они позволяют

определить для данного насоса подачу Q_i , напор H_i и мощность N_i для частоты вращения n_i по уже известным значениям Q , H , N и n .

3. Определить оптимальный режим работы насоса и выписать соответствующие ему значения Q , η , $N_{\text{потр}}$, H .

4. Сравнить полученные характеристики насоса с характеристиками, приведенными в Приложении Б для насоса К50-32-125б. Сформулировать и записать выводы в протокол испытаний.

6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ И ЗАЩИТЕ ОТЧЕТА

Отчет выполняется в виде протокола испытаний центробежного насоса, который должен содержать:

1. Полностью заполненный протокол испытаний с показаниями приборов, снятых во время опыта и результатами вычислений.

2. Построенные характеристики насоса и определенные оптимальные параметры его работы.

3. Выполненный анализ технического состояния насоса с рекомендациями по выбору оптимального эксплуатационного режима его работы.

Работа считается принятой, если студент:

1. Понимает физику исследуемых процессов, размерность исследуемых параметров. Разбирается в конструкции и принципе действия центробежного насоса. Владеет правилами технической эксплуатации электронасоса.

2. Выполнил тестирующую программу с процентом правильных ответов не ниже 80%;

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип действия и устройство центробежного насоса.

2. Какими приборами и устройствами оборудован стенд для определения производительности насоса?

3. Какова необходимость проведения энергетических испытаний центробежного насоса?

4. Что называется рабочими характеристиками насоса?

5. Каковы условия пуска центробежного насоса?

6. Что характеризует объемный КПД?

7. Каков порядок подготовки установки к пуску?

8. Как влияет частота вращения вала насоса на его характеристику?

9. Что означает работа насоса с подпором?

10. Как определить оптимальный режим работы насоса?

11. Какое влияние оказывает изменение напряжения питающей сети на характеристики насоса и электродвигателя?

12. Каким способом регулируется подача центробежного насоса?

13. Как в работе определяется напор, создаваемый насосом?

14. По каким причинам возникает вибрация насоса?
15. От чего зависит величина объемных потерь насоса?
16. Что учитывает гидравлический КПД насоса?
17. От каких факторов зависит механический КПД насоса?
18. Каковы причины возникновения гидравлического удара в трубопроводе?
19. Почему не допускается длительная работа насоса при закрытом клапане на нагнетательном трубопроводе?
20. Каковы конструктивные особенности насоса К50-32-125б?
21. Каковы причины срыва подачи насоса?
22. Какие требования предъявляют к жидкостям, перекачиваемым центробежными насосами?
23. Объясните причины нагрева вала и подшипников насоса.
24. Перечислите возможные причины перегрузки электродвигателя.
25. Что такое геометрическая высота всасывания насоса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чиняев И.А. Судовые вспомогательные механизмы. Учебник для вузов водн. трансп. / И.А. Чиняев.-М.:Транспорт, 1989.-295с.
2. Кузнецов Б.В. Выбор электродвигателей к производственным механизмам /Б.В. Кузнецов.-Мн.:Беларусь, 1984.-80с.
3. Будов В.М. Судовые насосы: Справочник/ В.М. Будов.-Л.:Судостроение, 1988.-432с.
4. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. Учебник для теплоэнергетических специальностей вузов.- 2-е изд., перераб. и доп./ В.М. Черкасский.-М.:Энергоатомиздат, 1984.-416с.
5. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Вспомогательные судовые технические средства. КНД 31.2.002.08-96.-Министерство транспорта Украины, 1996.- 45с.
6. Чиняев И.А. Эксплуатация насосов судовых систем и гидроприводов./ И.А. Чиняев.-М.:Транспорт, 1975.-160с.
7. Андриященко Р.С. Судовое вспомогательное энергетическое оборудование: Учебник/ Р.С. Андриященко, В.Д. Шилов, Б.Г. Дементьев. - Л.:Судостроение, 1991.-392с.
8. Насосы центробежные. Технические условия на текущий, средний и капитальный ремонты. 466-233.007 УР. - Севастополь.: ЦПКТБ «Азчеррыба», 1987.- 95с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Виды ремонтов и зазоры в сопряжениях насоса

В зависимости от степени повреждений и износа составных частей центробежных насосов необходимо производить следующие виды ремонта [8]:

— текущий ремонт – минимальный по объему вид ремонта, который должен обеспечить нормальную эксплуатацию насоса до очередного планового ремонта. Устраняются неисправности заменой или восстановлением отдельных составных частей (быстроизнашивающихся деталей), выполняются регулировочные работы. Ремонт выполняется силами судового экипажа на месте эксплуатации насоса;

— средний ремонт заключается в демонтаже, разборке, дефектации насоса и в восстановлении эксплуатационных характеристик ремонтом или заменой только изношенных или поврежденных составных частей. Техническое состояние остальных составных частей подлежит обязательной проверке, обнаруженные неисправности – устранению. При среднем ремонте допускается капитальный ремонт отдельных основных составных частей.

— капитальный ремонт заключается в демонтаже, полной разборке, дефектации насоса и замене или ремонте всех составных частей, в том числе и базовых, с восстановлением построечных размеров и зазоров.

Средний и капитальный ремонты выполняются ремонтными предприятиями.

Таблица А.1 – Зазоры в сопряжениях центробежного насоса

Со- еди- не- ние	Позиция охватываю- щей и охватываемой деталей (рисунок 1)	Зазор, натяг (-), мм				
		по черте- жу	допустимый после			предельно до- пустимый при эксплуатации
			текуще- го ре- монта	сред- него ремон- та	капиталь- ного ре- монта	
А	$\frac{5}{4}$	-0,089 -0,013	-	-	-0,089 -0,013	-
Б	$\frac{9}{13}$	-0,014 +0,017	-	-	-0,014 +0,017	-
В	$\frac{7}{13}$	-0,068 -0,004	-	-	-0,068 -0,004	-
Г	$\frac{11}{13}$	-0,003 -0,032	-	-0,003 -0,032	-0,003 -0,032	-
Д	$\frac{12}{13}$	-0,012 +0,038	-	-0,012 +0,038	-0,012 +0,038	-
2δ	$\frac{4}{2}$	+0,20 +0,30	+0,20 +0,45	+0,20 +0,30	+0,20 +0,30	+1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Характеристики насоса К50-32-125

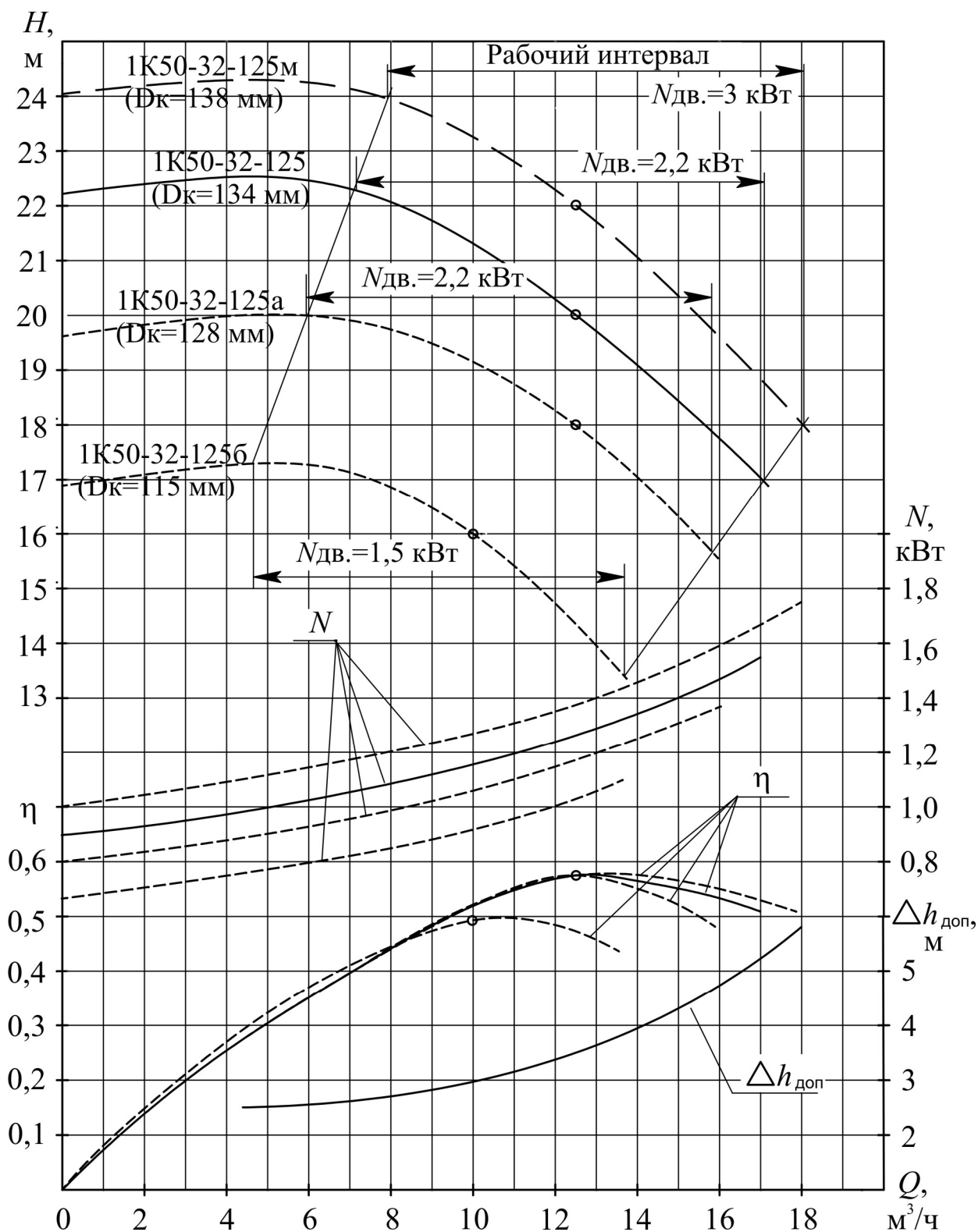


Рисунок Б.1 – Характеристики центробежного насоса К50-32-125 при частоте вращения – 48 с^{-1} (2900 об/мин), жидкость – вода $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

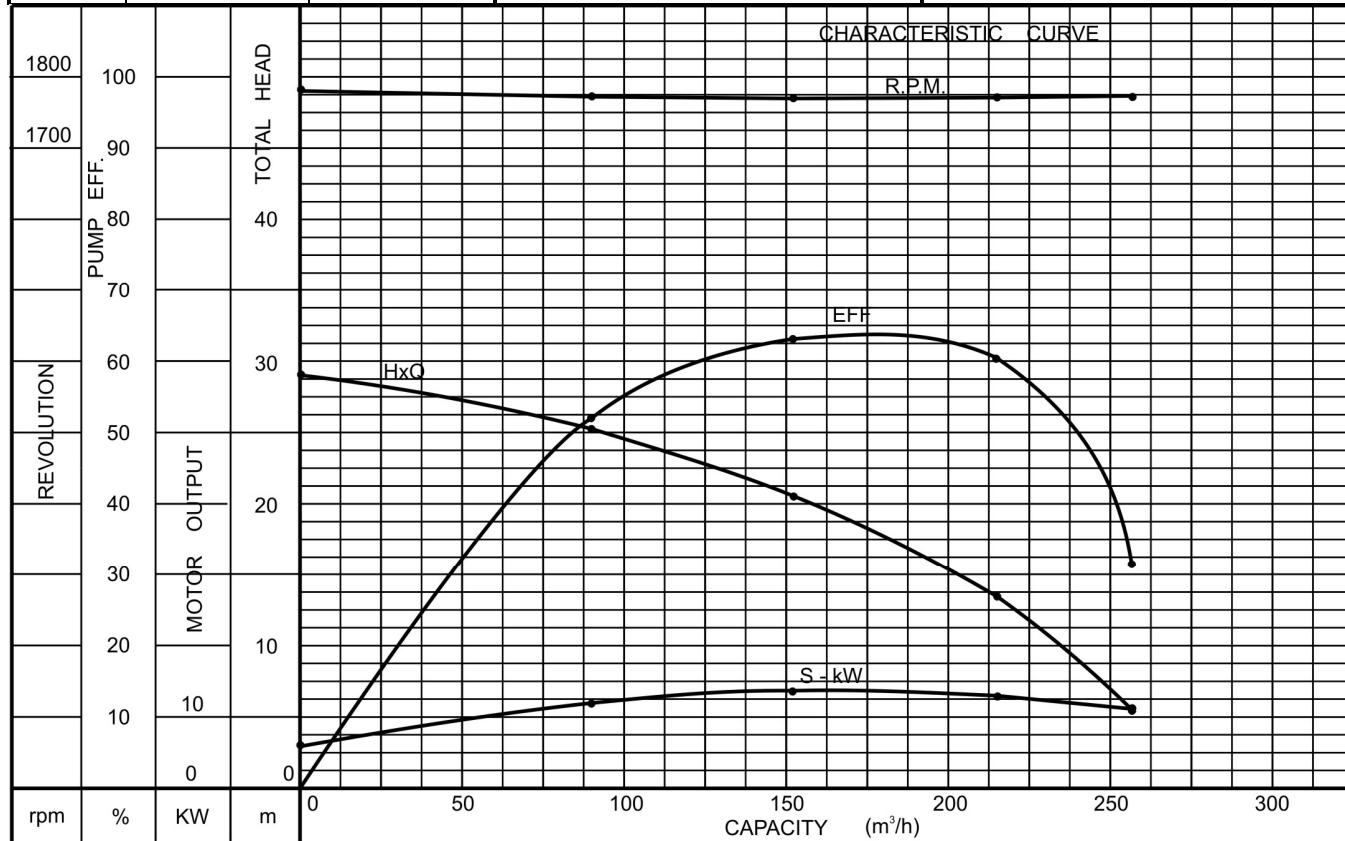
(справочное)

TEST RECORD OF AUX. COOL. S. W.

Customer:	OSHIMA SHIPBUILDING CO., LTD.										Date: 7-Apr-98				
Project:	10229 Mach. No. 96-1334										Tested by: M.Yamahaura				
Type of Pump	FEV-150E										Inspected by:				
Size:	150 mm										Motor Inspection:				
Capacity:	150 m ³ /h, Total Head: 20 m 1750 rpm										Weir:				
Motor	TAIYO ELECTRIC CO., LTD Mach. No. GX1361														
Out Put	15 kw, 1740 rpm														
	60 Hz, 440 V, 24 A,														

№	Discharge		Head				W (kw)	MOTOR						Pump Eff (%)
	Over Weir (mm)	m ³ /h	Delivery m	Suction m	Gauge Height	Total m		V	A	Input (kw)	Eff (%)	Speed rpm	S (kw)	
1	0	0	27	-2,0		29,0	0	440	12,6	6,88	91,5	1783	6,30	0
2	60	89,6	23	-2,3		25,3	6,17	440	19,6	12,99	91,5	1773	11,89	51,9
3	85	151,5	18	-2,7		20,7	8,54	440	21,8	14,69	91,5	1770	13,44	63,5
4	107	215,1	10	-3,4		13,4	7,85	440	21,1	14,21	91,5	1771	13,00	60,4
5	120	256,5	1	-4,1		5,1	3,56	440	19,1	12,48	91,5	1774	11,42	31,2
6														
7														
8														
9														
10														

Liquid Temp.		13 °C	W.T.P.	4 Kgf/cm ²	Remarks:
Room Temp.		12 °C	Test Liquid	F.W.	
Bearing Temp.	Motor Side	- °C	Density		
	Outer Side	- °C			



ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(справочное)
Справочные данные электронасосного агрегата

Таблица Г.1 – Технические характеристики центробежного насоса К50-32-125б

Напор H , м	Подача Q , м ³ /ч	Наружный диаметр колеса D_k , мм	Допускаемый кавитационный запас Δh_d , м	Частота вращения n , об/мин	Утечка через сальниковое уплотнение $Q_{ут}$, л/ч	КПД общий η	Мощность насоса $N_{потр}$, кВт
16	10	115	3,0	2900	0,3...1,0	0,5	0,9

Таблица Г.2 – Технические характеристики электродвигателя АИР80А2

$N_{ном}$, кВт	$I_{ном}$, А (380 В)	КПД	$\cos\varphi$	$n_{синхр}$, об/мин	Номинальное скольжение, %	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{п}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{min}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
1,5	3,22	0,81	0,85	3000	7,0 %	2,2	1,8	1,6	7,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(справочное)
Соотношения между единицами давления

Таблица Д.1 – Единицы измерения давления

Единица давления	Па	атм. (кгс/см ²)	мм вод. ст.	мм рт. ст.
1 Па	1	$0,10197 \cdot 10^{-4}$	0,10197	$7,5006 \cdot 10^{-3}$
1 кгс/см ²	$9,80665 \cdot 10^4$	1	10^4	735,56
1 мм вод. ст.	9,80665	10^{-4}	1	$73,56 \cdot 10^{-3}$
1 мм рт. ст.	133,322	$13,595 \cdot 10^{-4}$	13,595	1



ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное)

Основные неисправности центробежных насосов и способы их устранения

Таблица Е.1 – Неисправности центробежных насосов

№	Причины неисправности	Способы устранения
1	2	3
Перегрузка двигателя насоса		
1	Пуск при открытой задвижке на линии нагнетания или отсутствие противодействия в линии	Пустить насос в ход при закрытой задвижке, постепенно открывая ее после того, как будет достигнута нормальная частота вращения
2	Большое неуравновешенное осевое давление, осевой сдвиг ротора, неправильная работа разгрузочного диска	Обеспечить свободный отвод воды из камеры разгрузки в приемный патрубок насоса, устранить перекос деталей, отрегулировать осевые зазоры
3	Загрязнение проточной части насоса	Промыть и прочистить проточную часть
4	Перекачивание вязкой жидкости	Увеличить подогрев перекачиваемой жидкости
5	Неправильная центровка ротора: задевание его о корпус, заедание уплотнительных колец	Отцентровать ротор насоса, пришабровать уплотнительные кольца
6	Механические повреждения (шейки вала и др.)	Провести ревизию насоса, устранить механические повреждения
Прекращена подача перекачиваемой жидкости		
1	Большая высота всасывания или высокая температура перекачиваемой жидкости	Уменьшить высоту всасывания и снизить температуру перекачиваемой жидкости
2	Недостаточно залит всасывающий трубопровод, перекрыты приемные клапаны или клинкетты	Проверить открытие кингстонов и клинкетов на всасывании, заполнить всасывающий трубопровод
3	Повышенное гидравлическое сопротивление на нагнетании, характеристика насоса не соответствует характеристике сети	Открыть клапаны на нагнетании, заменить клапаны малого проходного сечения, произвести поверочный гидравлический расчет системы

1	2	3
4	Неплотности в приемном трубопроводе, клапане приемной сети, сальнике на стороне всасывания и в корпусе насоса, через которые проникает значительное количество воздуха	Устранить неплотности (обжать фланцы, нажимные втулки, сменить прокладки, набивку сальников и т.п.)
5	Неправильное направление вращения насоса, недостаточная частота вращения	Изменить направление вращения насоса, увеличить частоту вращения
Недостаточная подача		
1	Засорен кингстон или фильтр на приемном трубопроводе, заедает приемный клапан	Продуть кингстон, очистить фильтр, перебрать приемный клапан
2	Неплотности в приемном трубопроводе	Устранить неплотности
3	Загрязнение проточной части насоса	Разобрать и очистить насос
4	Частота вращения ниже нормальной	Повысить частоту вращения до нормы
5	Повышенное гидравлическое сопротивление сети	Открыть клапаны на нагнетании, устранить неисправность арматуры
6	Изношены лопасти рабочего колеса и направляющего аппарата, уплотнительные кольца и др.	Разобрать и отремонтировать насос, заменить изношенные детали
7	Имеет место кавитационный режим (срывные характеристики)	Снизить частоту вращения, увеличить подпор
Срыв подачи насоса		
1	Повреждены лопасти рабочих колес	Разобрать и отремонтировать насос
2	Кавитационный режим работы насоса	Снизить частоту вращения, увеличить подпор
3	Подсос большого количества воздуха из приемной линии	Устранить неплотности, переключить циркуляционный насос при качке на донный кингстон
4	Поломка приемных клапанов	Заменить клапаны
5	Осевой сдвиг ротора, снижение частоты вращения	Устранить осевой сдвиг, довести частоту вращения до нормы

Продолжение таблицы Е.1		
1	2	3
Вибрация насоса		
1	Неудовлетворительная балансировка ротора, якоря электродвигателя, соединительной муфты; их расцентровка, прогиб и проседание вала	Проверить установку, произвести балансировку, рихтовку вала, перезаливку подшипников
2	Неправильная сборка соединительной муфты	Проверить посадку и центровку муфты
3	Имеют место режимы помпажа или кавитации	Уменьшить гидравлическое сопротивление на нагнетании, снизить частоту вращения
4	Наличие «воздушных мешков» в трубопроводе	Устранить неплотности в трубопроводе и обеспечить отвод воздуха через воздушные краны
5	Ослабление фундаментных болтов или недостаточная жесткость корпуса фундамента	Подтянуть болты, усилить корпус фундамента
Гидравлические удары		
1	«Воздушные мешки» в трубопроводе	Выпустить воздух (через воздушные краны), устранить причины образования «воздушных мешков» и захвата воздуха
Нагревание корпуса насоса		
1	Длительная работа с закрытым клапаном на нагнетании	Не допускать работу (при пуске) с закрытым клапаном свыше 10 мин
2	Высокая температура перекачиваемой жидкости	Снизить температуру перекачиваемой жидкости
Нагревание вала и подшипников		
1	Чрезмерно или неравномерно зажаты сальники, затвердела набивка	Ослабить затяжку сальников (до просачивания воды и охлаждения сальника), заменить набивку
2	Неправильная установка и сборка подшипников	Произвести ревизию подшипников
3	Изношены вкладыши подшипников	Подшипники перезалить или заменить запасными

Продолжение таблицы Е.1

1	2	3
4	Неудовлетворительная смазка подшипников: а) загрязнение или плохое качество смазочного масла б) низкий уровень масла в картерах подшипников в) неправильная центровка валов	а) слить грязное или плохое масло, промыть керосином и маслом подшипники, залить их свежим маслом необходимого качества б) долить масло до нормального уровня, устранить неплотности и утечки в) отцентрировать насос с двигателем
Нагрев сальников и усиленный износ набивки		
1	Чрезмерно или неравномерно обжата сальниковая набивка	Ослабить затяжку сальников и равномерно обжать до просачивания капель воды
2	Недостаточный зазор между валом и нажимной втулкой сальника	Расточить, расшарбить втулку (втулка должна войти в расточку корпуса с зазором 0,2...0,3 мм на диаметр и иметь по отношению к валу зазор 0,5...0,6 мм)
3	Низкое качество набивки	Для водяных насосов применять набивку из квадратного плетеного хлопчатобумажного шнура, проваренного в техническом говяжьем сале с чесночатым графитом; шнур должен уплотняться отдельными кольцами с зазором в стыках, смещенных на 120° один относительно другого

Заказ № _____ от « _____ » _____ 20 ____ . Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ