

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

РЕМОНТ КРУПНЫХ ОСЕВЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

В.Л.Кузнецов И.В.Кузнецов
Р.А.Очилов

РЕМОНТ КРУПНЫХ ОСЕВЫХ И ЦЕНТРО- БЕЖНЫХ НАСОСОВ

СПРАВОЧНИК

В.Л.Кузнецов И.В.Кузнецов
Р.А.Очилов

РЕМОНТ КРУПНЫХ ОСЕВЫХ И ЦЕНТРО- БЕЖНЫХ НАСОСОВ

СПРАВОЧНИК



МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1996

ББК 31.56

К 89

УДК 621.67.004.6(03)

Кузнецов В.Л. и др.

К 89 Ремонт крупных осевых и центробежных насосов: Справочник/
В.Л. Кузнецов, И.В. Кузнецов, Р.А. Очилов. — М.: Энергоатомиз-
дат, 1996. — 240 с.: ил.

ISBN 5-283-00269-1

Приведены основные сведения о крупных осевых и центробежных насо-
сах, эксплуатируемых на оросительных системах, системах водоснабжения,
тепловых и атомных станциях. Указаны наиболее характерные износы и пов-
реждения деталей и сборочных единиц. Описана система технического обслу-
живания и ремонта насосов, предложены наиболее перспективные техноло-
гии восстановления деталей.

Для инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих,
занятых ремонтом и обслуживанием крупных насосов.

К 2303040000 — 006 Без объявл.
051(01) — 96

ББК 31.56

Справочное издание

Кузнецов Владимир Леонидович

Кузнецов Игорь Владимирович

Очилов Рустам Арамович

РЕМОНТ КРУПНЫХ ОСЕВЫХ И ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Редактор Н.Н. Сошникова

Художественный редактор В.А. Гозак-Хозак

Технический редактор Н.М. Брудная

Корректор Е.С. Арефьева

ИБ № 4004

ЛР № 010256 от 07.07.92.

Набор выполнен в издательстве. Подписано в печать с оригинал-макета 08.12.95.

Формат 60х88 1/16. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 14,70. Усл.

кр.-отт. 14,94. Уч.-изд. л. 15,56. Тираж 1120 экз. Заказ 1933. С006.

Энергоатомиздат. 113114, Москва М-114, Шлюзовая наб., 10.

Отпечатано в Московской типографии № 9 Комитета Российской Федерации по печати
109033, Москва, Волочаевская ул., 40.

ISBN 5-283-00269-1

© Авторы, 1996

ПРЕДИСЛОВИЕ

Крупные осевые и центробежные насосы широко применяются в энергетике и сельском хозяйстве. На тепловых и атомных электро-
станциях крупные насосы используются в системе технического во-
доснабжения (охлаждения конденсаторов, водоснабжения, подпит-
ки оборотного водоснабжения), на мелиоративных насосных стан-
циях — для орошения, осушения и сельскохозяйственного водо-
снабжения.

Из-за особенностей условий эксплуатации и уникальности совре-
менных крупных насосов (имеющих большие габариты и массы вра-
щающихся частей, значительные мощности) необходимо предъяв-
лять повышенные требования к организации их технического об-
служивания и ремонта.

В настоящее время сведения о проведении ремонтов насосного
оборудования рассредоточены по различным литературным источ-
никам, что представляет определенные трудности при их исполь-
зовании.

В этом справочнике обобщены и систематизированы материалы
по проведению ремонтов крупных насосов на различных предпри-
ятиях, опыт ремонта гидротурбинного оборудования, а также лич-
ный опыт авторов.

В справочнике приведены конструктивные особенности и техни-
ческие данные крупных осевых и центробежных насосов, а также
крупных вертикальных электродвигателей. Несколько глав посвя-
щено организации ремонтных работ и собственно технологии ре-
монта деталей и сборочных единиц, разборке, сборке и испытанию
насосных агрегатов. Значительное место в книге отведено сведе-
ниям о приспособлениях, оборудовании, инструментах, использу-
емых при ремонте насосов, а также основным требованиям по ор-
ганизации безопасных условий труда.

Авторы рассчитывают, что справочник окажет помощь специ-
алистам, занимающихся монтажом, ремонтом, наладкой и испыта-
ниями крупных насосных агрегатов.

Материалы книги могут быть использованы при обучении спе-
циалистов и при разработке руководств по технологическим про-
цессам проведения ремонтов насосов.

Все замечания и пожелания по книге просьба направлять по
адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Авторы

Глава первая

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НАСОСАХ, НАСОСНЫХ УСТАНОВКАХ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

1.1. ПОНЯТИЕ О НАСОСЕ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСОВ

Насос – это гидравлическая машина, в которой подводимая извне энергия (механическая, электрическая и др.) преобразуется в энергию потока жидкости, благодаря чему осуществляется ее переток. С помощью насоса жидкость можно поднять на определенную высоту или перемещать по какой-либо трубопроводной системе. Насосы являются одной из самых распространенных разновидностей машин. Их используют для различных целей: подачи воды для водоснабжения и на оросительные системы, для отвода воды из осушительных систем, в системе технического водоснабжения тепловых и атомных электростанций, в технологических процессах химической, нефтяной, бумажной и других отраслей промышленности.

Все типы насосов несмотря на многообразие их конструктивных форм можно разделить по принципу действия на две группы – динамические и объемные.

В динамических насосах жидкость приобретает энергию в результате силового воздействия на нее рабочего органа в рабочей камере, постоянно сообщаемой с их входом и выходом. К этой группе относятся следующие насосы: лопастные (центробежные, диагональные и осевые), вихревые, струйные, вибрационные, воздушные водоподъемники (эрлифты).

В лопастных насосах постоянное силовое воздействие на протекающую через него жидкость оказывают обтекаемые этой жидкостью лопасти вращающегося рабочего колеса, в вихревых – вихри, срывающиеся с канавок вращающегося рабочего колеса, в струйных – подводимая извне струя жидкости, пара или газа, обладающая высокой кинетической энергией, в вибрационных – клапан-поршень, совершающий высокочастотное возвратно-поступательное движение, в воз-

душных водоподъемниках постоянное силовое воздействие на водовоздушную смесь, образуемую в водоподъемной трубе в результате подачи в ее нижнюю часть сжатого воздуха, оказывает вода в скважине.

В объемных насосах жидкость приобретает энергию в результате воздействия на нее рабочего органа, периодически изменяющего вместимость рабочей камеры, попеременно сообщаемой с их входом и выходом. К этой группе относятся следующие насосы: поршневые и плунжерные, роторные, крыльчатые, гидротараны, ленточные и шнуровые водоподъемники.

В поршневых и плунжерных насосах периодическое силовое воздействие на протекающую через него жидкость оказывает поршень или плунжер, совершающий возвратно-поступательное движение в рабочей камере, в роторных – поверхности шестерен или винтовых канавок, расположенных на периферии вращающегося ротора, в крыльчатых – пластина, совершающая возвратно-поворотное движение в рабочей камере, в гидротаранах – гидравлический удар, возникающий в подводящем трубопроводе при резкой остановке жидкости в нем, в ленточных и шнуровых водоподъемниках силовое воздействие на жидкость в поверхностных капиллярах бесконечной ленты или шнура,двигающихся по двум шкивам, оказывает подъемная сила, возникающая в результате принудительного вращения одного из шкивов.

К группе объемных насосов можно отнести диафрагменные и шнековые насосы, черпаковые водоподъемники, водоподъемные колеса.

1.2. НАСОСНЫЕ УСТАНОВКИ, НАСОСНЫЕ АГРЕГАТЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосная установка – это устройство, перекачивающее жидкость от источника к потребителю с помощью насоса. Она включает в себя насос, двигатель, устройство для передачи мощности от двигателя к насосу, всасывающий и напорный трубопроводы, на которых расположены задвижки, обратные затворы, приборы контроля за работой (манометры, вакуумметры, расходомеры, электроизмерительные приборы и датчики).

Насос, двигатель и устройство для передачи мощности от двигателя к насосу, собранные в единый узел, называют насосным агрегатом.

Насосная станция – комплекс гидротехнических сооружений и оборудования, обеспечивающий бесперебойную подачу воды для орошения, водоснабжения, ее откачку из осушительной или канализационной системы. На насосной станции, как правило, размещают несколько

насосных установок, каждую из которых можно включить или отключить в зависимости от требуемой подачи воды.

Насосной станцией можно назвать также и единичную насосную установку, расположенную на подвижной платформе или плавучем понтоне и имеющую ряд дополнительных устройств для пуска и регулирования режима работы.

Насосные станции классифицируют по различным признакам: назначению, подаче, расположению относительно водоисточника (береговые, русловые, стационарные, передвижные), строительным особенностям сооружений (заглубленные, незаглубленные, с совмещенными и несовмещенными водозаборами и водовыпусками) и др.

Насосные станции мелиоративных и водохозяйственных систем подразделяют на оросительные, осушительные, сельскохозяйственного водоснабжения, канализационные, дренажные, перекачивающие стоки животноводческих комплексов.

1.3. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАСОСОВ

Осевые и центробежные насосы, рассматриваемые в настоящей книге, характеризуются следующими параметрами: объемной подачей, напором, мощностью, частотой вращения, коэффициентом полезного действия (КПД), кавитационным запасом, высотой всасывания.

Объемная подача Q , м³/с или м³/ч, представляет собой объем жидкости, подаваемой насосом в единицу времени.

Напором насоса H , м, называется приращение удельной энергии жидкости, получаемое на каждый килограмм массы жидкости, проходящей через насос, т.е. разность удельных энергий жидкости $E_H - E_B$ между нагнетательным и всасывающим патрубками насоса (рис. 1.1):

$$H = E_H - E_B = \frac{p_H - p_B}{\gamma} + \frac{v_H^2 - v_B^2}{2g} + (z_H - z_B),$$

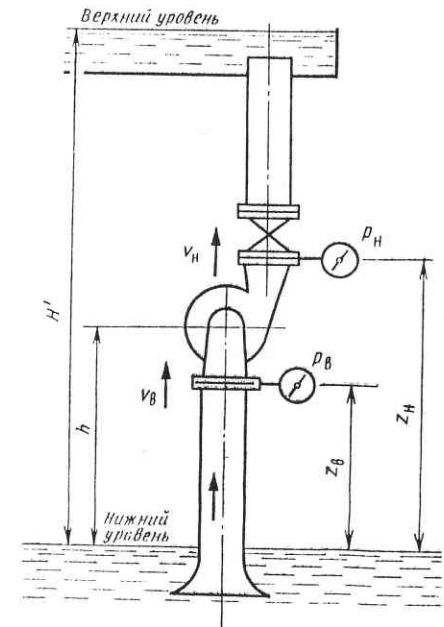
где p_H, p_B — давление жидкости на выходе из насоса и входе в него, Па; $\gamma = \rho g$ — удельный вес жидкости, Н/м³ (для воды $\gamma = 9806,65$ Н/м³); z_H, z_B — вертикальное расстояние от уровня воды в водоприемнике соответственно до выхода и входа насоса, м; v_H, v_B — средние скорости в сечениях на выходе из насоса и входе в него в точках присоединения приборов, м/с; ρ — плотность жидкости, кг/м³.

Напор может быть определен и по показаниям манометров:

$$H = M_{o_H} - M_{o_B} + (v_H^2 - v_B^2)/(2g),$$

где M_{o_H}, M_{o_B} — приведенные к оси рабочего колеса насоса показания манометров, м.

Рис. 1.1. Схема насосной установки



Частотой вращения насоса n , с⁻¹, называется число оборотов рабочего колеса в единицу времени. Частота вращения зависит от исполнения приводного двигателя.

Высотой всасывания называется разность отметок оси рабочего колеса и свободного уровня в резервуаре, из которого жидкость перекачивается насосом. Высота всасывания считается положительной, когда уровень жидкости в резервуаре расположен ниже оси рабочего колеса. Если рабочее колесо расположено ниже уровня жидкости в резервуаре, то высота всасывания становится отрицательной и называется подпором.

Мощность насоса — это мощность, потребляемая насосом, кВт. Полезная (гидравлическая) мощность насоса, кВт, определяется по формуле

$$N_p = \gamma Q H / 102.$$

Мощность насоса

$$N = \gamma Q H / (102 \eta_n),$$

где η_n — КПД насоса.

Основным качественным показателем насоса является КПД. Только часть мощности, приложенной к валу насоса, преобразуется в энергию потока жидкости. Это вызвано потерями внутри потока. Все виды потерь делятся на три группы: гидравлические, объемные и механические.

Гидравлические потери характеризуются потерей части энергии ΔH , получаемой потоком от рабочего колеса, на преодоление сопротивлений при движении потока внутри насоса:

$$\Delta H = H_t - H,$$

где H_t — теоретический напор, создаваемый рабочим колесом; H — действительный напор насоса.

Гидравлическое совершенство элементов проточной части насоса определяется значением гидравлического КПД:

$$\eta_r = H/H_r = 1 - (\Delta H/H_r).$$

Объемные потери характеризуются утечками внутри насоса в уплотнениях рабочего колеса и в некоторых случаях — в системе уравновешивания осевого давления. Объемные потери ΔQ ведут к уменьшению подачи насоса по сравнению с подачей рабочего колеса:

$$\Delta Q = Q_{p.k} - Q,$$

где $Q_{p.k}$, Q — подачи рабочего колеса и насоса.

При этом объемный КПД

$$\eta_{об} = Q/Q_{p.k} = 1 - (\Delta Q/Q_{p.k}).$$

Механические потери характеризуются потерей энергии на преодоление трений наружной поверхности рабочего колеса и других вращающихся деталей о жидкость, в подшипниках и сальниках:

$$\Delta N = N - N_r,$$

где N , N_r — мощности насоса на валу и гидравлическая. Здесь

$$N_r = \gamma Q_{p.k} H_r / 102.$$

Механический КПД

$$\eta_m = N/N_r = 1 - (\Delta N/N_r).$$

Полный КПД насоса $\eta = \eta_r \eta_{об} \eta_m$ или после подстановки значений составляющих

$$\eta = \gamma Q H / (102 N),$$

где $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Кавитационный запас Δh определяется как приведенный к оси насоса избыток удельной энергии на входе в него над упругостью паров воды.

При движении потока через рабочее колесо насоса в отдельных местах лопасти колеса ввиду уменьшения местного давления ниже давления насыщенных паров перекачиваемой среды начинается вскипание жидкости. Это явление называется кавитацией. Ограниченная (местная) кавитация проявляется характерным шумом, потрескиванием в области всасывания и ведет к разрушению проточной части

насоса. Развитая кавитация ведет к уменьшению подачи, напора, КПД и к полному срыву его работы.

С целью уменьшения кавитации до практически допустимого значения назначается допустимый кавитационный запас $\Delta h_{доп}$ или допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_{вак.д}$.

Кавитационный запас определяется по формуле

$$\Delta h = p_b / \gamma + v_b^2 / (2g) - p_n / \gamma.$$

Допустимый кавитационный запас должен обеспечивать нормальную работу насоса без влияния незначительной кавитации на характеристики насоса. Он определяется на основании первого критического (для осевых насосов) и второго критического (для центробежных насосов) режимов. Допустимый кавитационный запас вычисляется по формулам:

для осевых насосов

$$\Delta h_{доп} = \Delta h_I k;$$

для центробежных насосов

$$\Delta h_{доп} = \Delta h_{II} k;$$

где k — коэффициент запаса ($k = 1,05 \div 1,2$).

Критические кавитационные режимы определяются на основании кавитационных испытаний насосов. Допустимый кавитационный запас $\Delta h_{доп}$ наносится на рабочие характеристики насоса.

В каждом конкретном случае допустимая высота всасывания определяется по формуле

$$H_{вак.д} = \frac{p_b - p_n}{\gamma} + \frac{v_b^2}{2g} - h_{доп},$$

где p_b — барометрическое давление, Па; p_n — давление паров подаваемой жидкости, Па.

При заборе воды из открытых водоемов для средних и крупных насосов при $v_b = 0$ допустимая высота всасывания

$$H_{вак.д} = p_a / \gamma - \Delta h_{доп},$$

где $p_a / \gamma = (p_b - p_n) / \gamma$ — атмосферное давление, Па.

Высота всасывания, назначаемая при строительстве насосной станции, для обеспечения бескавитационной работы насоса должна быть не более допустимой высоты всасывания, определенной по формуле, приведенной выше.

Глава вторая ОСЕВЫЕ НАСОСЫ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЕВЫХ НАСОСОВ

В осевых насосах частицы жидкости движутся через проточную часть вдоль цилиндрических плоскостей, осью которых является ось вращения рабочего колеса. Конструктивно осевые насосы делятся на насосы с жесткозакрепленными и поворотными лопастями, с горизонтальным и вертикальным расположением вала. Принятая маркировка осевых насосов расшифровывается следующим образом: О – с жесткозакрепленными лопастями рабочего колеса; ОП – с поворотными лопастями рабочего колеса; В – с вертикальным расположением вала; Г – с горизонтальным расположением вала; К – с подводом камерного типа; МК – малогабаритный с камерным подводом; МБК – моноблочный с камерным подводом; Э – с электроприводом разворота лопастей; ЭГ – с электрогидроприводом разворота лопастей; КЭ – с подводом камерного типа и электроприводом поворота лопастей; цифрами 2, 3, 5, 6, 10, 11 и 16 обозначается номер модели типового колеса, а цифрами, стоящими после номера модели, – диаметр рабочего колеса, см.

Например, осевой вертикальный поворотно-лопастный насос модели 10 с рабочим колесом 260 см, с электрогидроприводом поворота лопастей и коленчатым подводом воды маркируется таким образом: ОПВ10-260ЭГ.

Горизонтальные осевые насосы имеют рабочие колеса с жестким креплением лопастей с диаметрами, равными 150, 250, 300, 420, 550 и 700 мм.

Вертикальные насосы имеют диаметры рабочих колес 470, 550, 700, 870, 1100, 1450, 1850, 2600 мм, а насосы с поворотными лопастями – 870 мм и более. Подача осевых насосов составляет от 0,072 до 40,5 м³/с, а напор – от 2,5 до 26 м. Они предназначены для подачи воды или других жидкостей, сходных с водой по вязкости и химической активности, с содержанием взвешенных частиц не более 3 г/л (в том числе абразивных частиц не более 2%) и температурой не более 35 °С.

Характерной особенностью средних и крупных осевых насосов является их тесная конструктивная связь со строительной частью здания насосной станции. На рис. 2.1 показана схема установки осевого вертикального насоса с диаметром рабочего колеса 2600 мм. Коленчатый подвод воды к насосу выполнен в бетонной части здания. Этот подвод на входе имеет прямоугольную форму, которая в дальнейшем

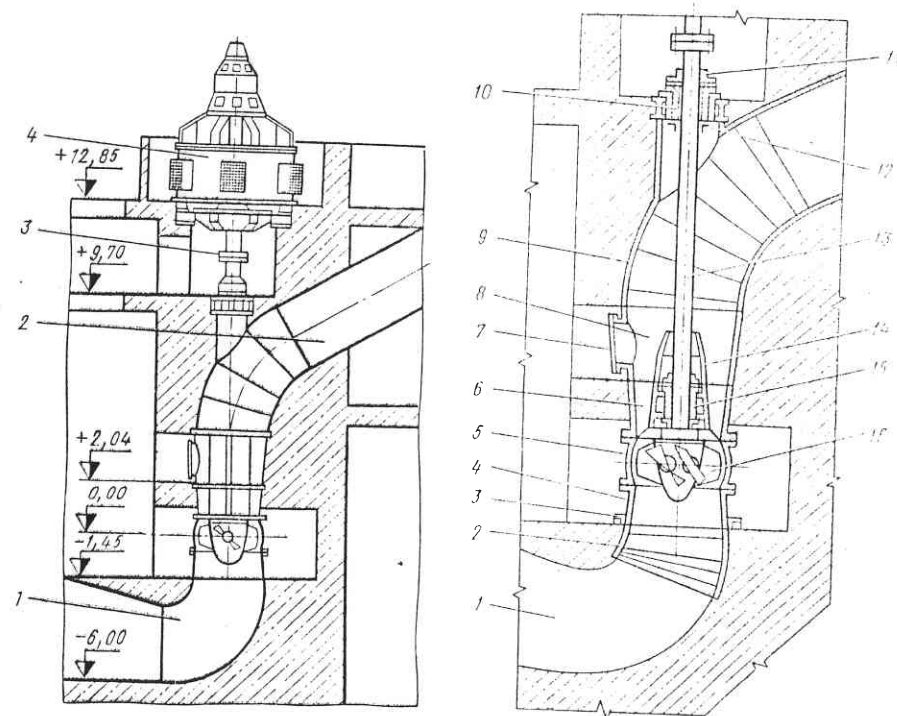


Рис. 2.1. Схема установки осевого насоса типа ОПВ-260:

1 – коленчатый подвод; 2 – напорный трубопровод; 3 – муфта; 4 – электродвигатель

Рис. 2.2. Схема осевого насоса типа ОПВ-260ЭГ:

1 – подвод; 2 – горловина; 3 – уплотнение; 4 – переходной конус; 5 – камера рабочего колеса; 6 – выправляющий аппарат; 7 – люк; 8 – диффузор; 9 – отвод; 10, 15 – верхний и нижний подшипники; 11, 12 – уплотнения вала; 13 – вал; 14 – обтекатель; 16 – рабочее колесо

переходит в круговую. Насос жестко соединен со строительной частью насосной станции, в которой выполнены проемы для демонтажа съемных частей. Коленчатый подвод и насос соединяются между собой герметично с помощью компенсирующего сальникового уплотнения. Отвод перекачиваемой воды от насоса осуществляется по стальному напорному трубопроводу, жестко соединенному с насосом. Привод насоса осуществляется вертикальным электродвигателем, валы насоса и электродвигателя жестко соединены фланцевой муфтой. Ротор насоса вращается против часовой стрелки (если смотреть сверху, со сто-

роны электродвигателя). В вертикальных насосах осевую нагрузку от реакции воды и массы вращающегося ротора воспринимает подпятник электродвигателя.

Компоновка основных узлов всех вертикальных осевых насосов идентична, их конструктивные отличия зависят от типоразмера. На рис. 2.2 представлена конструкция осевого насоса типа ОПВ-260ЭГ, состоящего из корпусных частей и ротора. Корпусные детали насоса образуют проточную часть и включают в себя компенсирующее сальниковое уплотнение, закрепленное на горловине подводящего колена, переходной конус, камеру рабочего колеса, выправляющий аппарат, диффузор с люком и отводящее колено. Ротор насоса состоит из вала и рабочего колеса, который установлен в верхнем и нижнем направляющих подшипниках скольжения с лигнофольевыми или резиновыми вкладышами. Смазка подшипников осуществляется перекачиваемой водой, содержащей менее $0,5 \text{ кг/м}^3$ взвешенных частиц. Если в перекачиваемой воде взвешенных частиц содержится более $0,5 \text{ кг/м}^3$, то ее предварительно очищают, а затем подают в подшипники под напором, превышающим на 7 м напор насоса. Расход воды на смазку каждого подшипника при диаметрах рабочего колеса $D < 1100 \text{ мм}$ составляет $0,5 \text{ л/с}$; при $D = 1450 \div 1850 \text{ мм}$ — 1 л/с ; при $D = 2600 \text{ мм}$ — 2 л/с . Уплотнения вала предотвращают попадание загрязненной перекачиваемой воды в зону подшипника.

При $D < 1450 \text{ мм}$ корпус насоса крепят к фундаменту на бетонных тумбах, при $D = 1850 \text{ мм}$ диффузор устанавливают опорным фланцем на промежуточном перекрытии и заливают бетоном и при $D = 2600 \text{ мм}$ корпусные части (кроме камеры и переходного конуса) заливают в бетон.

Насосы типа ОВ при $D < 870 \text{ мм}$ устанавливают с подводом камерного типа, при $D = 870 \div 1100 \text{ мм}$ — с изогнутой всасывающей трубой или подводом камерного типа, а при $D > 1100 \text{ мм}$ — только с изогнутой всасывающей трубой.

Осевые насосы изготавливают с коленчатым отводом, изогнутым под углом 60° к оси насоса, за исключением малогабаритных насосов, у которых отвод изогнут под углом 90° .

В насосах с поворотными лопастями рабочего колеса применяют механизм разворота двух типов: электромеханический (электропривод) и электрогидромеханический (электрогидропривод). Электропривод устанавливают в насосах с диаметрами рабочих колес до 1100 мм . При диаметре, равном 1450 мм , применяют электрические и электрогидравлические приводы, а при диаметрах, составляющих 1850 и 2600 мм , — только электрогидроприводы.

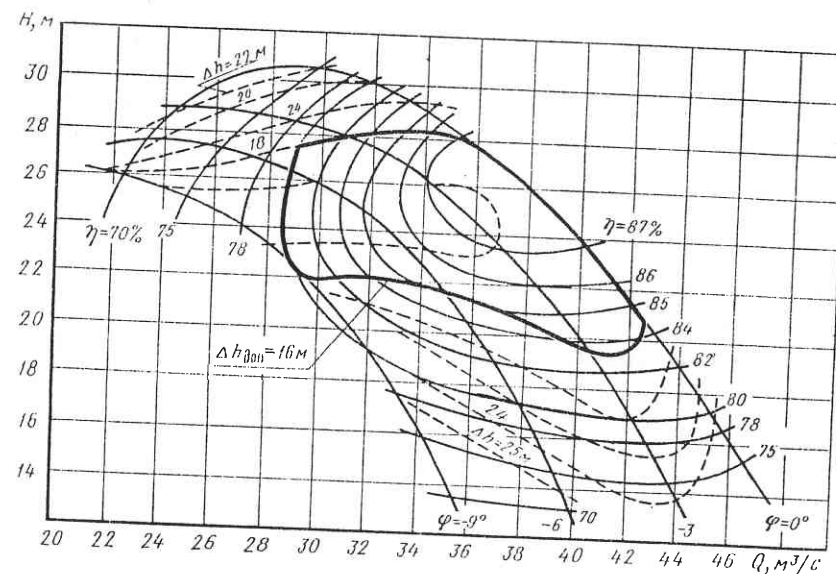


Рис. 2.3. Характеристика осевого насоса ОПВ10-260ЭГ

В осевом насосе вода из источника по подводящему колену и переходному конусу поступает на профилированные лопасти вращающегося рабочего колеса. В результате силового воздействия лопастей на жидкость создается движение потока. При этом силы давления лопастей на поток создают вынужденное вращательное и поступательное движение жидкости, увеличивая ее давление и скорость. Для устранения вращательного движения жидкости служит выправляющий аппарат, в лопатках которого тангенциальные скорости преобразуются в статическое давление и поток направляется параллельно оси насоса. Далее вода попадает через диффузор в отвод, где поток изменяет направление на 60° . Затем она подается в напорный трубопровод.

Работа насоса и насосной установки характеризуется рядом основных параметров: подачей Q , напором H , мощностью N , КПД η , кавитационным запасом Δh и частотой вращения n . Зависимости между основными параметрами насосов для различных режимов работы принято представлять в графической форме — в виде характеристик. Характеристикой насоса называют графики зависимости основных его параметров от подачи при постоянной частоте вращения ротора насосного агрегата. Характеристики насосов строят по результатам их испытаний, проводимых в лабораторных условиях, на специальных стендах. Кривая $H = f(Q)$, называемая напорной характеристикой, имеет особое значение при эксплуатации насосов. Кривые $H(Q)$, $N(Q)$ и $\eta(Q)$ представляют энергетические характеристики насоса. Кривая

Таблица 2.1. Техническая характеристика насосов типа ОПВ

Типоразмер	Подда- ча, м³/с	Напор, м	Частота враще- ния, мин⁻¹	КПД, %	Кавита- ционный запас, м	Электродвигатель	
						Тип	Мощ- ность, кВт
ОВ5-47К	0,7	4,5	730	85	5	АНЗ-55УЗ	55
	0,9	8	960		9	АНЗ-110УЗ	110
ОВ5-55К	1,45	11	960	85	10	АО104-6М302К	200
ОВ6-55К	0,94	4,5	730	84	7	АНЗ-75УЗ	75
	1,25	7,5	960		11	АО102-6М302К	125
ОПВ2-87	3	13,6	585	86	11,5	ВАН118-41-10УЗ	630
ОПВ3-87	3,25	21	730	86	12,5	ВАН118-51-8УЗ	1000
ОПВ5-87	3,2	9,7	585	85	10	ВАН118-41-10УЗ	630
ОПВ6-87	2,45	4,8	485	84	7,5	ВАН118/28-12УЗ	315
	2,95	6,8	585		9	ВАН118/23-10УЗ	
ОПВ2-110	5	15	485	86	12	ВАН143/51-12УЗ	1000
ОПВ3-110	5,2	22	585	86	13	АВ16-49-10	1600
ОПВ5-110	5,35	10,5	485	85	11	ВАН143/51-12УЗ	1000
ОПВ6-110	3,7	4,2	365	84	10	ВАН143/36-16УЗ	500
	5	7,5	485		11	ВАН118/51-12УЗ	630
ОПВ2-145	8,5	14,7	365	86	12	АВ17-49-16	1600
ОПВ5-145	9,3	10,5	365	85	11	АВ17-49-16	1600
ОПВ6-145	6,8	4,6	290	84	7	АВ16-41-16	800
	8,5	7,4	365		11,5	АВ17-31-16	1000
ОПВ10-145	9,3	17	365	86	12	АВ17-69-16	2500
ОПВ2-185	14	16,5	290	86	13	ВДС-325/44-20	4000
ОПВ6-185	12,2	5,5	250	84	10	ДВДА260/79-20-24	3200
ОПВ10-185	17,8	23	333	86	13	ВДС-325/44-18	5000
ОПВ11-185	18,8	18	333	86	15	ВДС-325/44-18	5000
ОПВ10-260	37	26	250	86	15	ВДС-375/130-24	12 500
ОПВ11-260	40,5	19,3	250	86	13	ВДС-375/130-24	12 500

$\Delta h(Q)$ дает представление о всасывающей способности насоса. На рис. 2.3 нанесен ряд напорных характеристик осевого насоса типа ОПВ10-260ЭГ при разных углах установки лопастей ($\varphi = 0; -3; -6; -9^\circ$). При этом за расчетный угол установки принимают угол, равный 0° .

По характеристике выделяют режимы:

оптимальный – режим работы насоса при наибольшем значении КПД ($\eta = 87\%$);

номинальный – режим, обеспечивающий заданные параметры насоса и находящийся в рабочей части характеристики. Рабочая часть характеристики – зона характеристики насоса, в пределах которой рекомендуется длительная его эксплуатация (на рисунке ограничена жирными линиями). Рабочая часть характеристики определяется допустимым снижением КПД на 2–3% максимального его значения.

В табл. 2.1 приведены основные параметры осевых насосов для оптимальных режимов.

2.2. РАБОЧИЕ КОЛЕСА

Рабочее колесо осевого насоса (рис. 2.4) является основной деталью, преобразующей механическую энергию электродвигателя в энергию перекачиваемой жидкости. Рабочие колеса представляют собой один из наиболее ответственных узлов, который состоит из большого числа сложных по форме и значительных по габаритам и массе деталей. Рабочее колесо имеет следующие основные части: втулку, в расточках которой установлены лопасти, верхний и нижний обтекатели.

Рабочие колеса имеют от трех до шести лопастей. Колеса у моделей 06 – трехлопастные, у моделей 05 и 11 – четырехлопастные, у моделей 02 – пятилопастные, а у моделей 03 и 10 – шестилопастные.

В насосах с жесткозакрепленными лопастями рабочего колеса лопасти привариваются на заводе-изготовителе к втулке под определенным углом в соответствии с требуемой характеристикой. Рабочие ко-

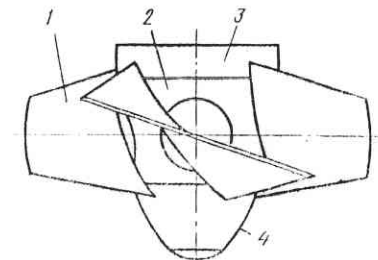


Рис. 2.4. Рабочее колесо осевого насоса:

1 – лопасть; 2 – втулка; 3, 4 – обтекатели
верхний и нижний

леса насосов типа ОПВ имеют поворотные лопасти и механизм для их разворота, размещенный внутри втулки.

Втулка рабочего колеса выполнена литой из углеродистой стали. Во втулке выполнены радиальные расточки, в которые запрессованы бронзовые втулки, являющиеся опорами для цапф лопастей. Внутри втулки имеются расточки для установки сопрягаемых деталей механизма поворота лопастей. Верхним фланцем втулка центрируется и прикрепляется к фланцу вала насоса, а к нижнему фланцу закрепляется обтекатель. Внутренняя плоскость втулки должна выдерживать гидравлические испытания с использованием масла под давлением не менее 0,5 МПа.

Лопасть рабочего колеса, передавая энергию потоку, находится под воздействием значительного гидравлического давления, поэтому ее форма и размеры должны быть хорошо обтекаемыми, обеспечивать оп-

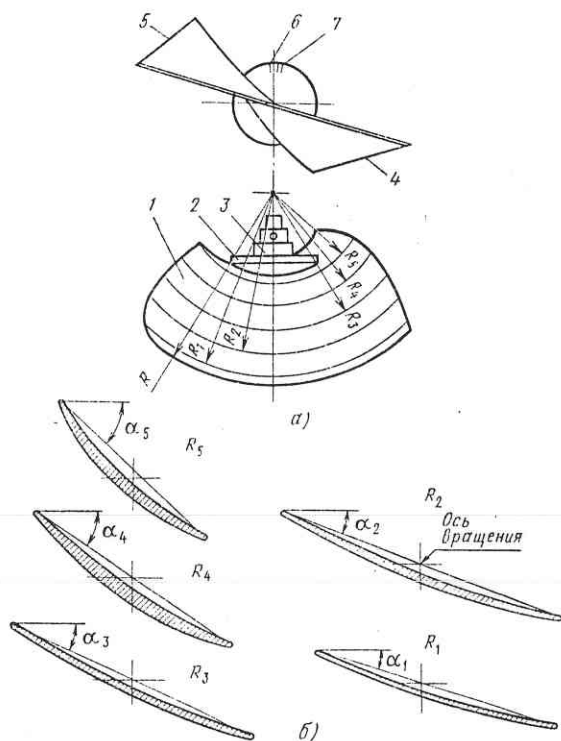


Рис. 2.5. Лопасть рабочего колеса (а) и сечения, выполненные на расчетных радиусах (б): 1 — перо; 2 — фланец; 3 — цапфа; 4, 5 — входная и выходная кромки; 6, 7 — максимальный и минимальный развороты

тимальные энергетические и кавитационные свойства и отвечать условиям прочности, что обеспечивает длительную и надежную работу насоса. Лопасть (рис. 2.5, а) выполнена литой из нержавеющей стали и состоит из пера, фланца и цапфы. Цапфа выполняется как единой с фланцем, так и разъемной. Фланец представляет собой массивный диск, плавно переходящий в перо лопасти. На фланце нанесены метки, соответствующие максимальному, оптимальному и минимальному углам установки лопасти. Разъемная цапфа крепится к фланцу болтами, воспринимающими растягивающие усилия.

Перо лопасти в плане имеет вид части кольца, поверхность которого слабо изогнута. Поверхность пера задается цилиндрическими сечениями, выполненными на расчетных радиусах $R_1 - R_5$ (рис. 2.5, б). Расчетные сечения определяют форму, профиль и кривизну пера лопасти, координаты ее вращения и положение пера лопасти относительно фланца. Для проверки профиля лопасти применяют специальные пространственные шаблоны. Профили входных и выходных кромок лопасти проверяют плоскими шаблонами.

В поворотно-лопастных рабочих колесах наибольшее распространение получили кривошипно-шатунный и кулисный механизмы поворота лопастей с ручным, электромеханическим и электрогидравлическим приводами.

На рис. 2.6 представлена широко распространенная конструкция кривошипно-шатунного механизма поворота лопастей, расположенного во внутренней полости втулки. Лопасти устанавливаются на подшипниках скольжения, состоящих из передней 5 и задней 8 бронзовых втулок.

Рычаги механизма поворота закрепляются на лопастях неподвижно с помощью конических штифтов и удерживают своей боковой поверхностью лопасти от осевого перемещения. Соединительные планки связывают рычаги с проушинами через пальцы, запрессованные в них совместно с шарнирными подшипниками. Крестовина с помощью болта и шпонки жестко соединена со штоком механизма привода.

Для смазки деталей механизма внутренняя полость втулки рабочего колеса и обтекателя заполняется консервационной смазкой. Место сопряжения лопасти и втулки рабочего колеса уплотняется резиновой манжетой.

Соединение рабочего колеса с валом насоса — фланцевое при помощи шпилек и цилиндрических шпонок. Место соединения уплотняется резиновым кольцом.

При развороте лопастей ручным или электромеханическим приводом его шток совместно с крестовиной совершает поступательное

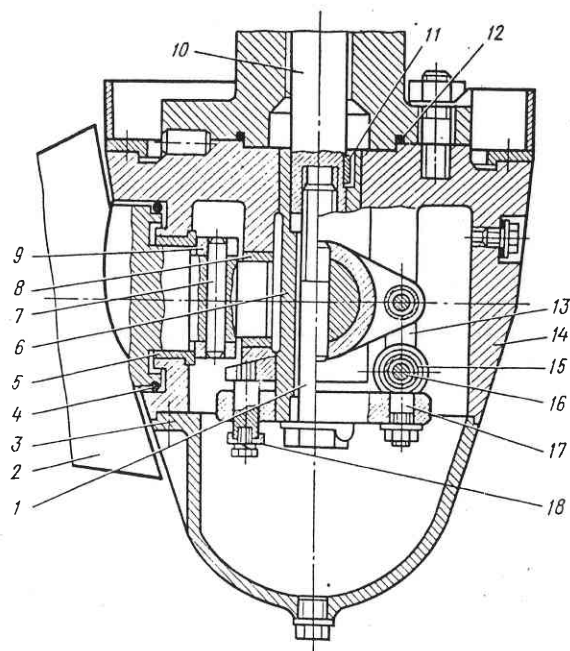


Рис. 2.6. Схема рабочего колеса с кривошипно-шатунным механизмом разворота лопастей:

1 — болт; 2 — лопасть; 3 — обтекатель; 4 — манжета; 5, 8 — втулки; 6 — крестовина; 7 — штифт; 9 — рычаг; 10 — шток насоса; 11 — шпонка; 12 — кольцо; 13 — планка; 14 — втулка; 15 — подшипник; 16 — палец; 17 — проушина; 18 — ограничительная шайба

движение вверх или вниз. При этом крестовина через проушину и соединительные планки воздействует на рычаг, который, поворачиваясь, разворачивает лопасть рабочего колеса.

В рабочем колесе предусмотрен ограничитель разворота лопастей в конечных положениях. При полном закрытии лопастей крестовина упирается в нижний торец втулки рабочего колеса, при развороте на открытие — в ограничительную шайбу.

На рис. 2.7 показана схема рабочего колеса с кулисно-клиновым механизмом разворота лопастей. Лопасты укреплены в расточках втулки рабочего колеса 13 на направляющих втулках. Втулка 12 бронзовая, втулки 9 и 10 выполнены из легированной стали.

Шток ручного или электромеханического привода механизма разворота лопастей при помощи болта соединен с ползуном, число граней которого равно числу лопастей рабочего колеса. На гранях ползуна имеются наклонные пазы Б а сам ползун установлен в бронзовых втулках 20 и 22.

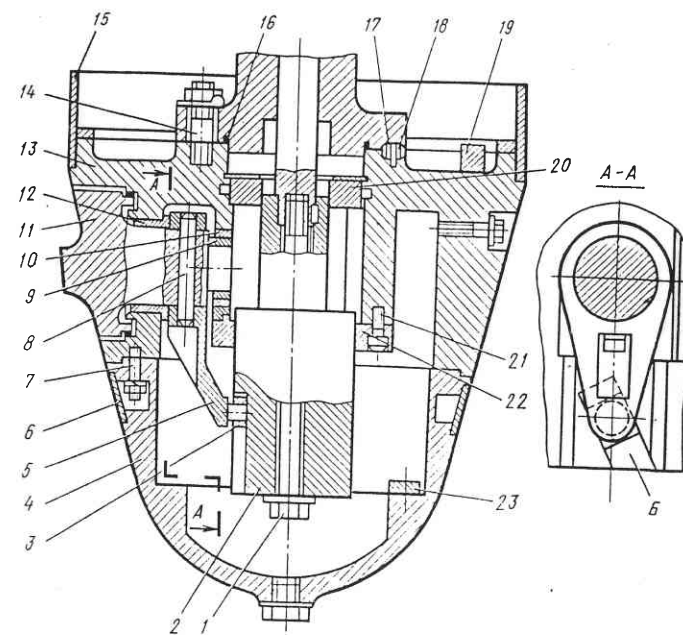


Рис. 2.7. Схема рабочего колеса с кулисно-клиновым механизмом разворота лопастей:

1 — болт; 2 — ползун; 3 — втулка-камень; 4 — обтекатель; 5 — рычаг; 6 — кожух; 7, 14 — шпильки; 8, 17, 18 — штифты; 9, 10, 12 — втулки цапфы; 11 — лопасть; 13 — втулка рабочего колеса; 15 — верхний обтекатель; 16 — кольцо; 19, 23 — балансирующие грузы; 20, 22 — втулки ползуна; 21 — винт

Рычаг жестко соединен с лопастью посредством конического штифта 8. На палец рычага надевается бронзовая прямоугольная втулка-камень. Палец рычага вместе с камнем располагается в пазу ползуна. При работе привода механизма разворота шток с ползуном совершают возвратно-поступательное движение и благодаря наклону паза рычаг поворачивает лопасть на требуемый угол вокруг своей оси в пределах диапазона регулирования.

К нижнему торцу втулки 13 шпильками 7 крепится нижний литой обтекатель рабочего колеса. Для устранения кавитационного разрушения шпилек выемки в обтекателе закрываются облицовкой. Сверху к втулке 13 крепится верхний обтекатель, который служит для предотвращения срыва потока. Он выполнен сварным из двух полуколец и в случае необходимости легко разбирается и снимается, открывая доступ к крепежному соединению 14 вала с втулкой рабочего колеса. Это позволяет отделить рабочее колесо от вала, произвести осмотр, необходимый ремонт и замену изношенных деталей рабочего колеса.

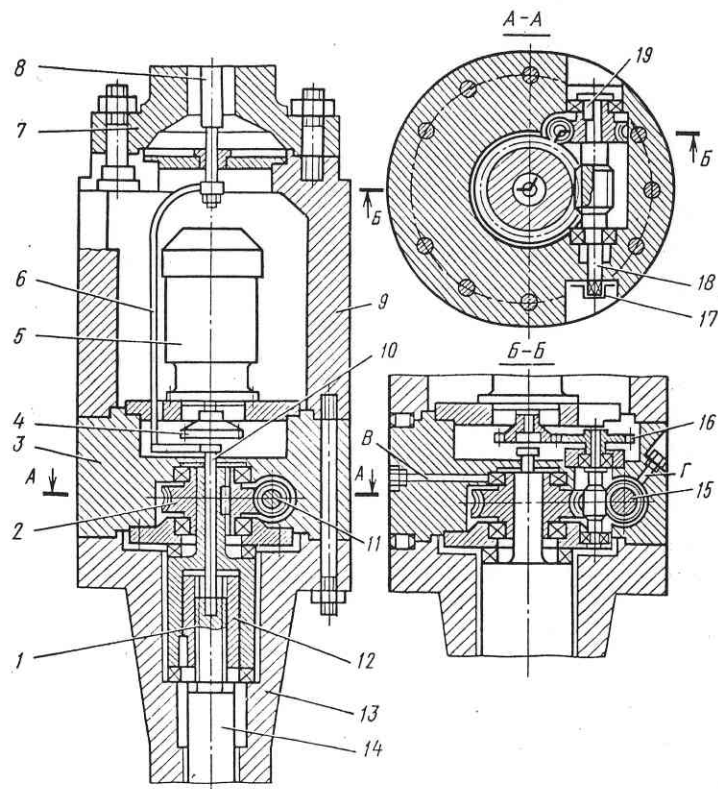


Рис. 2.9. Схема электромеханического привода механизма разворота лопастей:

1 – винтовая передача; 2, 4 – шестерни; 3 – редуктор; 5 – электродвигатель; 6 – стойка; 7 – вал двигателя; 8, 14 – штоки; 9 – проставок; 10 – тяга; 11, 15 – червячная передача; 12 – втулка; 13 – вал насоса; 16 – зубчатая передача; 17 – заглушка; 18 – вал червячный; 19 – фиксатор

ется питание электродвигателя, вращение от которого передается зубчатой цилиндрической паре, а затем через первую и вторую червячные передачи – на винтовую пару, где оно преобразуется в возвратно-поступательное движение штока насоса. Винтовая передача располагается в полном валу насоса. Передача состоит из резьбовой втулки, жестко связанной с шестерней второй червячной ступени, и штока насоса, имеющего трапецеидальную резьбу.

Электромеханический привод позволяет производить разворот лопастей на заданный угол с пульта управления как на ходу, так и при остановленном насосе. Конструкция привода позволяет производить и ручной разворот лопастей при остановленном насосе. С этой целью в

конструкции предусмотрен фиксатор, позволяющий выводить из зацепления силовую передачу редуктора. С помощью торцевого ключа червячный вал 18 при снятых заглушке и фиксаторе приводится во вращение, которое передается резьбовой втулке 12 винтовой передачи, а затем преобразуется в возвратно-поступательное движение штока насоса.

Для дистанционного управления и контроля за положением лопастей рабочего колеса применяются две схемы контроля: сельсинная и импульсная. В датчике осевое перемещение штока преобразуется в электрический сигнал, который передается на вторичный показывающий прибор, установленный на щите управления.

Схема ручного привода разворота лопастей представлена на рис. 2.10. Корпус привода располагается между фланцами валов насоса и электродвигателя. Привод состоит из двух передач: червячной и винтовой. Червячная шестерня, закрепленная на валу насоса с помощью подшипника скольжения, имеет внутреннюю трапецеидальную резьбу и является одновременно элементом винтовой передачи. При вращении торцевым ключом червяка вращается червячное колесо, которое своей внутренней винтовой нарезкой воздействует на шток насоса, заставляя его совершать поступательное движение вверх или вниз в зависимости от направления вращения колеса.

Угол установки лопастей в рабочем колесе контролируется с помощью подвижной шкалы, закрепленной на червячном валу. Разворот лопастей ручным приводом осуществляется только при остановленном насосе.

Гидравлический привод разворота лопастей рабочего колеса предназначен для подачи масла под давлением в сервомотор рабочего колеса. Электрогидравлический привод (рис. 2.11) включает в себя гидравлическую и электрическую системы, а также механизм обратной связи. Конструктивно привод можно разделить на подвижную и неподвижную части. Подвижная часть устанавливается на верхний торец вала приводного электродвигателя и включает в себя корпус, трехшестеренный реверсивный масляный насос с электродвигателем, запорные клапаны, золотник-размыкатель, регулируемые предохранительные клапаны, рукава и детали, передающие возвратно-поступательное движение от поршня сервомотора к сельсину-датчику (кронштейн, толкатель, шарик, шток). Неподвижная часть крепится к крышке двигателя и включает в себя кожух, маслоприемник, сельсин-датчик и щеткодержатель.

Гидросистема состоит из масляного насоса, запорно-регулирующей аппаратуры, рукавов, маслопроводов и сервомотора в рабочем колесе.

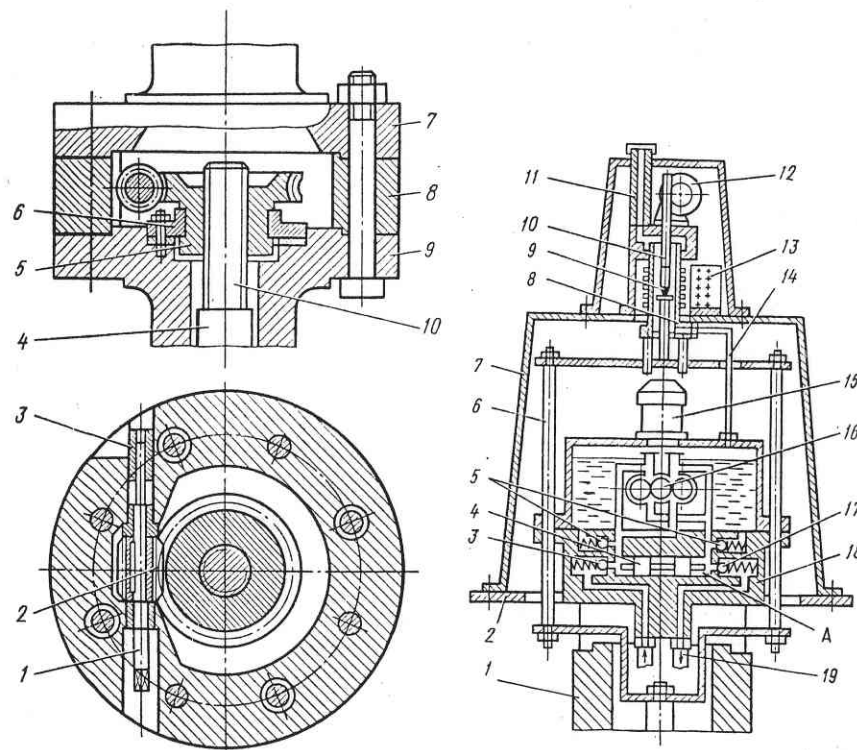


Рис. 2.10. Схема ручного привода механизма разворота лопастей:

1 — червяк; 2 — червячная передача; 3 — шкала; 4 — шток; 5 — червячное колесо; 6 — подшипник; 7 — вал электродвигателя; 8 — корпус; 9 — вал насоса; 10 — винтовая передача

Рис. 2.11. Схема гидравлического привода механизма разворота лопастей:

1 — вал электродвигателя; 2 — крышка двигателя; 3, 17 — запорные клапаны; 4 — золотник; 5 — предохранительные клапаны; 6 — кронштейн; 7 — кожух; 8 — толкатель; 9 — шарик; 10 — шток; 11 — маслоприемник; 12 — сельсин-приемник; 13 — щеткодержатель; 14 — шланг; 15 — электродвигатель; 16 — масляный насос; 18 — корпус; 19 — рукав

Маслонасос имеет одну ведущую шестерню и две ведомые, что обеспечивает две всасывающие и две напорные полости, меняющиеся при изменении направления вращения электродвигателя. Запорная аппаратура запирает полости сервомотора, что предотвращает произвольный поворот лопастей. Гибкие рукава соединяют маслопровод с корпусом гидропривода, позволяя маслопроводу совершать поступательное движение вверх-вниз. По маслопроводам масло подводится к полости сервомотора. Маслопровод состоит из нижней и верхней штанг, размещенных в центральной расточке вала агрегата.

Гидросистема начинает работу с включения электродвигателя и приведения в действие маслонасоса, который от двух напорных полостей подает масло в полость А гидрозамка. Масло под давлением перемещает золотник 4 влево, запорный клапан 17 вправо и поступает в рукав, а затем по маслопроводу в напорную полость сервомотора. Перемещаясь, золотник открывает запорный клапан 3 и соединяет сливную полость сервомотора с всасывающей полостью насоса. После окончания процесса регулирования оба клапана под действием пружин автоматически закрывают полости сервомотора. Два предохранительных клапана поддерживают в системе рабочее давление масла и предохраняют ее от избыточного давления путем сброса масла в масляный бак. Для контроля за уровнем масла во вращающемся корпусе предусмотрена трубка, соединенная с масломерным устройством. При необходимости масло может быть долито через маслоприемник без остановки насосного агрегата.

Механизм обратной связи предназначен для контроля угла установки лопастей. Шестеренка, находящаяся на валу сельсина-датчика, входит в зубчатое зацепление со штоком. Шток через шарик, толкатель и кронштейн соединен с маслопроводом, поступательное движение которого синхронно с движением поршня сервомотора. Таким образом, движение поршня сервомотора передается на ротор сельсина-датчика, поворачивая его на определенный угол. На пульте управления установлен сельсин-приемник, по шкале которого определяется угол разворота лопастей.

2.4. КОРПУСНЫЕ ЧАСТИ

Корпусные детали образуют проточную часть осевого насоса. Они предназначены для формирования и направления потока жидкости, а также для размещения и закрепления опорных элементов насоса. По своей конструкции корпусные части (рис. 2.12) осевых насосов идентичны и отличаются лишь геометрическими размерами и исполнением проточной части выправляющего аппарата.

Переходной конус литой однофланцевой конструкции осуществляет подвод потока от горловины всасывающей трубы к рабочему колесу насоса. Фланцем конус крепится к камере рабочего колеса. Другой его конец свободен, что позволяет компенсировать суммарную погрешность в линейных размерах корпусных частей при их сборке. В месте сопряжения с горловиной всасывающей трубы конус герметизируется компенсационным уплотнением, состоящим из нажимного кольца и уплотняющего элемента. Уплотнение позволяет демонтировать

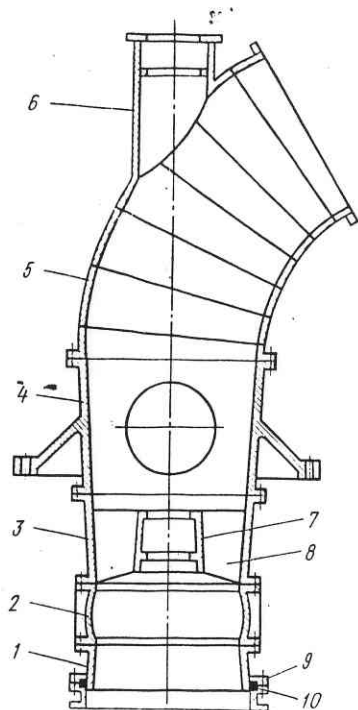


Рис. 2.12. Схема корпусных частей осевого насоса:

1 — переходной конус; 2 — камера рабочего колеса; 3 — выправляющий аппарат; 4 — диффузор; 5 — отвод; 6 — горловина отвода; 7 — втулка; 8 — лопасть; 9 — нажимное кольцо; 10 — уплотнение

вать переходной конус и камеру рабочего колеса, что открывает доступ к рабочему колесу для его ревизии и ремонта.

В камере 2 помещается рабочее колесо насоса и происходит преобразование механической энергии вращения ротора в гидравлическую энергию потока воды. Камера рабочего колеса выполнена из углеродистой или нержавеющей стали. Она состоит из двух литых половин. Верхним фланцем камера крепится к выправляющему аппарату, а к нижнему фланцу присоединяется переходной конус. Внут-

ренняя рабочая поверхность камеры в поворотно-лопастных насосах выполнена сферической, а в жестколопастных — цилиндрической. Для уменьшения протечек воды зазоры между стенкой камеры и наружными кромками лопастей не должны превышать 0,001 диаметра рабочего колеса при любом его положении. Разъемная конструкция камеры позволяет производить осмотр и демонтаж рабочего колеса без разборки насоса.

Выправляющий аппарат предназначен для раскрутки вращающегося потока на выходе из рабочего колеса и придания ему осевого движения, при этом кинетическая энергия вращательного движения преобразуется в давление. Выправляющий аппарат выполнен литым из стали 25Л и состоит из наружного корпуса с двумя фланцами и внутренней втулки, которые соединяются между собой радиальными профилирующими лопатками. Во внутренней втулке имеется расточка, в которую устанавливается нижний направляющий подшипник насоса, а к верхнему торцу прикрепляется обтекатель, обеспечивающий плавность схода потока с втулки.

На выправляющем аппарате размещен диффузор сварной конструкции. На диффузоре установлен люк для осмотра проточной части, мон-

тажа и демонтажа нижнего подшипника и обтекателя выправляющего аппарата. К диффузору крепятся лапы, которыми он опирается на фундаментные плиты.

Отвод сварной или литой конструкции поворачивает поток воды на 60° относительно оси агрегата и направляет его в напорный трубопровод насосной станции. В расточке горловины отвода устанавливается верхний направляющий подшипник насоса.

При сборке корпусных частей между сопрягаемыми фланцами для их герметизации устанавливают прокладки. Для предотвращения смещения в процессе эксплуатации корпусных частей относительно друг друга производят их штифтовку между собой.

2.5. ВАЛ НАСОСА

Вал — одна из наиболее ответственных деталей насоса. Он передает крутящий момент от вала электродвигателя рабочему колесу, воспринимает осевые и радиальные усилия, а в нестационарных режимах — и знакопеременные нагрузки. Вал насоса (см. рис. 2.2) представляет собой цилиндрическую поковку из углеродистой стали с двумя фланцами на концах и сквозным центральным отверстием, через которое проходят шток или маслопроводящие штанги привода механизма разворота лопастей. Одним фланцем вал присоединяется болтами к фланцу вала электродвигателя, а другим фланцем с помощью шпилек и радиальных шпонок — к рабочему колесу. В зоне сопряжения с направляющими подшипниками и уплотнениями вал наплавлен нержавеющей сталью. На торце верхнего фланца выполнено центрирующее отверстие, а на нижнем фланце — центрирующий выступ.

Несмотря на большие длины и диаметры валов к точности их изготовления предъявляются высокие требования. Торцевое биение фланцев не должно превышать 0,02 мм, а радиальное биение шеек вала — 0,03 мм.

2.6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ ПОДШИПНИКИ НАСОСА

Направляющие подшипники насоса предназначены для фиксации вала в заданном положении и восприятия радиальных нагрузок от механических, гидравлических и электрических усилий на ротор агрегата, в том числе от остаточного и возникающего небаланса.

В осевых насосах типа ОПВ в качестве верхнего и нижнего направляющих подшипников используются подшипники скольжения на водяной смазке. Верхний направляющий подшипник устанавливается в горловине отводящего колена, а нижний — во внутренней втулке вып-

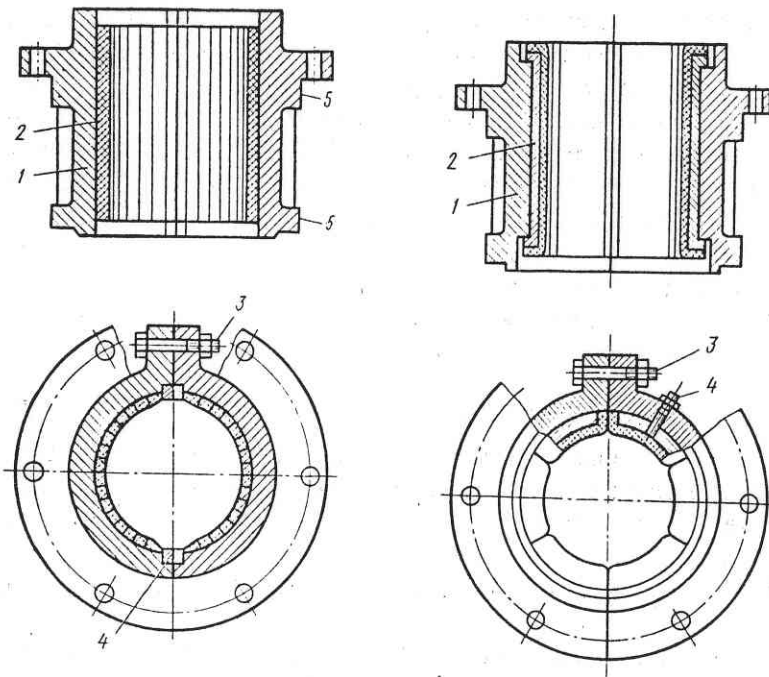


Рис. 2.13. Направляющий подшипник с лигнофолиевыми вкладышами:

1 — разъемный корпус; 2 — лигнофолиевые вкладыши; 3 — болт; 4 — упорная планка; 5 — посадочные пояски

Рис. 2.14. Схема направляющего подшипника насоса с обрезиненными вкладышами:

1 — разъемный корпус; 2 — обрезиненные вкладыши; 3 — болт; 4 — шпилька

руляющего аппарата. Зона трения подшипников отделяется от перекачиваемой воды уплотнительными устройствами. Верхний и нижний подшипники выполнены взаимозаменяемыми.

В качестве поверхностей скольжения в подшипниках используются лигнофолиевые и обрезиненные вкладыши. Направляющий подшипник с лигнофолиевыми вкладышами (рис. 2.13) состоит из литого, чугунного или стального, разъемного корпуса, по внутреннему диаметру которого напрессованы лигнофолиевые вкладыши. Вкладыши от смещения и выпадения удерживаются упорными металлическими планками. Для изготовления вкладышей применяют древесно-слоистый пластик марок ДСП-А или ДСП-Б-10. Корпус подшипника выполнен из двух половин, соединенных между собой болтами. На наружной поверхности корпуса имеются фланец и посадочные пояски, с помощью которых он центрируется и закрепляется в корпусных частях насоса.

Направляющий подшипник с обрезиненными вкладышами (рис. 2.14) состоит из литого разъемного корпуса, к внутренней поверхности которого шпильками крепятся секторы обрезиненного вкладыша, представляющие собой части стального цилиндра с привулканизированной по внутреннему диаметру резиной. На обрезиненной поверхности выполнены продольные канавки, по которым во время работы насоса протекает вода, смазывающая и охлаждающая подшипник. Между секторами вкладыша и корпуса подшипника по поверхности прилегания устанавливаются металлические прокладки, которыми регулируется зазор между подшипником и валом.

2.7. УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА НАСОСА

Уплотнения предназначены для предотвращения попадания перекачиваемой воды в зону трения направляющих подшипников и сокращения утечки технической воды, применяемой для смазки и охлаждения подшипников. В осевых насосах наибольшее распространение получили сальниковые, воротниковые и торцевые резиновые уплотнения.

Конструкция сальникового уплотнения показана на рис. 2.15. В расточку корпуса направляющего подшипника устанавливается и закрепляется корпус уплотнения, состоящий из двух половин. Во внутреннюю проточку корпуса установлены сальниковая набивка и фланцевое кольцо, к которому через отверстие А подводится вода из системы технического водоснабжения под давлением, превышающим давление перекачиваемой жидкости на 0,05–0,1 МПа.

Сальниковая набивка выполняется из отдельных колец прямоугольного сечения с прямым или под углом 45° срезом в стыке. Кольца устанавливаются со смещением разрезов на 120° при нечетном и 180° при четном числе колец набивки. В качестве материала применяется плетеный асбестовый или хлопчатобумажный шнур, пропитанный жировым антифрикционным составом.

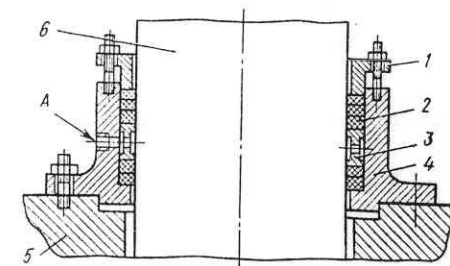


Рис. 2.15. Сальниковое уплотнение вала насоса:

1 — гильза; 2 — сальниковая набивка; 3 — фланцевое кольцо; 4, 5 — корпус уплотнения и подшипника; 6 — вал насоса

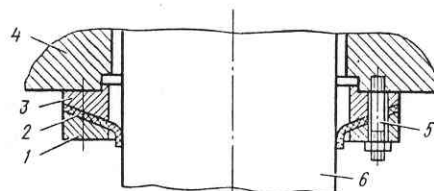


Рис. 2.16. Воротниковое уплотнение вала насоса:

1, 3 — кольца; 2 — резиновое кольцо;
4 — корпус подшипника; 5 — шпилька;
6 — вал насоса

Герметизация контакта вращающегося вала и сальниковой набивки производится ее поджатием грундбуксой. Грундбукса в подтянутом состоянии должна входить в корпус не более чем на 0,3 своей рабочей длины, но не менее чем на 2 мм. Во время эксплуатации из набивки выделяются жировые и другие наполнители, она уплотняется и теряет герметичность. Периодически производится подтяжка набивки для обеспечения герметичности уплотнения. При этом следят, чтобы фонарное кольцо не перекрывало отверстие А.

Сальниковые уплотнения применяются для уплотнения верхнего направляющего подшипника, в котором рабочей средой является техническая или перекачиваемая вода, а окружающей — воздух.

Для уплотнения нижнего направляющего подшипника применяются воротниковые уплотнения (рис. 2.16). В качестве герметизирующего элемента используется резиновое кольцо — воротник, которое с помощью колец 1, 3 и шпилек 5 закрепляется к корпусу направляющего подшипника. Заготовка для манжеты вырезается из листовой резины толщиной 4–6 мм. Манжета может состоять из двух полуколец, которые затем склеиваются между собой на валу насоса с таким расчетом, чтобы ее внутренний диаметр был на 6% меньше диаметра вала насоса. В таком виде резиновое кольцо образует на валу воротниковую манжету с кромкой, отогнутой навстречу давлению уплотняемой воды. На поверхности воротника, прилегающей к валу, напильником насекают канавки глубиной до 1 мм для прохода смазочной воды и предупреждения подгорания резины.

Сальниковые и воротниковые уплотнения просты по конструкции и обеспечивают быструю замену изношенного герметизирующего элемента без разборки насоса. Одним из существенных недостатков этих уплотнений является износ вала в месте контакта с сальниковой набивкой или манжетой.

Стремление к устранению износа вала привело к применению в насосах торцевого резинового уплотнения (рис. 2.17), у которого трение происходит между плоским резиновым кольцом и диском, закрепленным на валу насоса.

На валу насоса жестко закрепляется разъемный вращающийся диск, выполненный из нержавеющей стали. Зазор между валом и диском уп-

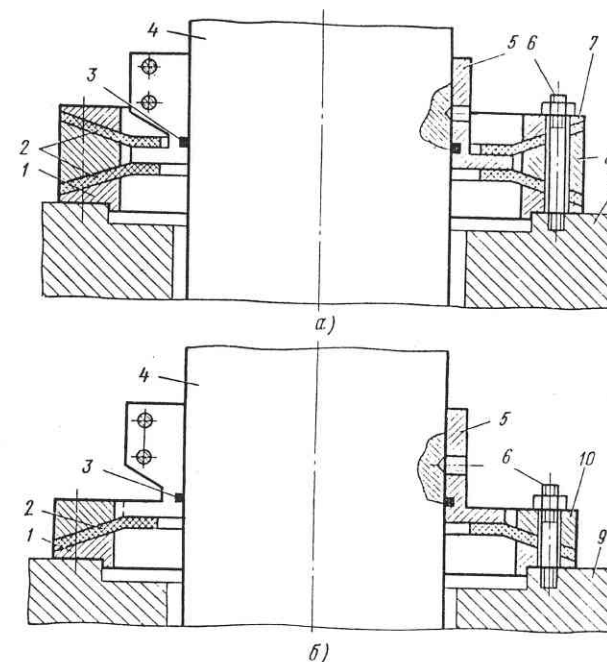


Рис. 2.17. Торцевое резиновое уплотнение вала насоса:

а — двойное; б — одинарное; 1 — корпус; 2 — резиновое кольцо; 3 — шнур; 4 — вал насоса; 5 — вращающийся диск; 6 — шпилька; 7, 8, 10 — кольца; 9 — направляющий подшипник

лотняется резиновым шнуром. Плоское резиновое кольцо совместно с корпусом 1 и кольцами 7, 8, 10 с помощью шпилек жестко крепится к корпусу направляющего подшипника. Благодаря установке резинового кольца на коническую поверхность в корпусе и кольцах создается его предварительный натяг в месте контакта с рабочей торцевой поверхностью вращающегося диска. Во время работы резиновое кольцо давлением уплотняемой воды и предварительным натягом прижимается к вращающемуся диску, надежно герметизируя вал насоса.

Резиновое кольцо изготавливается из маслостойкой листовой резины толщиной 5–6 мм. На рабочей поверхности кольца выполнены канавки глубиной до 1 мм для протечки воды на охлаждение и смазку.

На рис. 2.17, а представлено двойное уплотнение, которое применяется в условиях, когда уплотняемой средой является техническая вода, а окружающей — перекачиваемая.

На рис. 2.17, б показана конструкция одинарного уплотнения, которое применяется в тех же условиях, что и сальниковое уплотнение.

Глава третья

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

В центробежных насосах жидкость от всасывающего патрубка к центральной части рабочего колеса движется в осевом направлении. В рабочем колесе поток поворачивается на 90° и растекается по каналам вращающегося колеса. Передача энергии перекачиваемой жидкости осуществляется при взаимодействии лопаток рабочего колеса с потоком, в результате чего частицы жидкости под действием центробежных сил отбрасываются от центра рабочего колеса к его периферии. При этом на входе в рабочее колесо образуется разрежение и перекачиваемая жидкость по всасывающему трубопроводу движется к рабочему колесу за счет разности давлений. Из рабочего колеса поток жидкости поступает в корпус насоса со спиральным отводом и коническим диффузором, где ее кинетическая энергия преобразуется в потенциальную.

Центробежные насосы сравнительно просты по конструкции, надежны в эксплуатации и получили широкое применение в народном хозяйстве.

Центробежные вертикальные насосы предназначены для подачи при температуре до 35°C воды и других жидкостей, по вязкости и химической активности аналогичных воде и содержащих взвешенных частиц размером до $0,1\text{ мм}$ не более $0,3\%$ массы, из них абразивных частиц — не более 2% . Подача их может составлять $1\text{--}35\text{ м}^3/\text{с}$, а напоры $15\text{--}110\text{ м}$. При обозначении типоразмера вертикального центробежного насоса цифры перед буквой означают диаметр напорного патрубка, мм; буква В — вертикальный, цифра в числителе — подачу перекачиваемой жидкости, $\text{м}^3/\text{с}$, в знаменателе — напор, м. При применении в насосе обточенного базового рабочего колеса в обозначение типоразмера насоса дополнительно вводят римские цифры I и II. При применении в насосе рабочих колес, отличных от базового, в обозначение насоса вводят букву А. В обозначение насоса с частотой вращения, отличной от номинальной, вводят букву О, а насоса с двухскоростным электродвигателем — букву М. В обозначение регулируемого центробежного насоса после буквы В вводят букву Р.

Например, центробежный насос с базовым рабочим колесом, подачей $16\text{ м}^3/\text{с}$, напором 63 м и диаметром напорного патрубка 1200 мм условно обозначается 1200В-16/63; с обточенным базовым рабочим колесом — 1200В-16/63-I; с колесом, отличным от базового — 1200В-16/63-А;

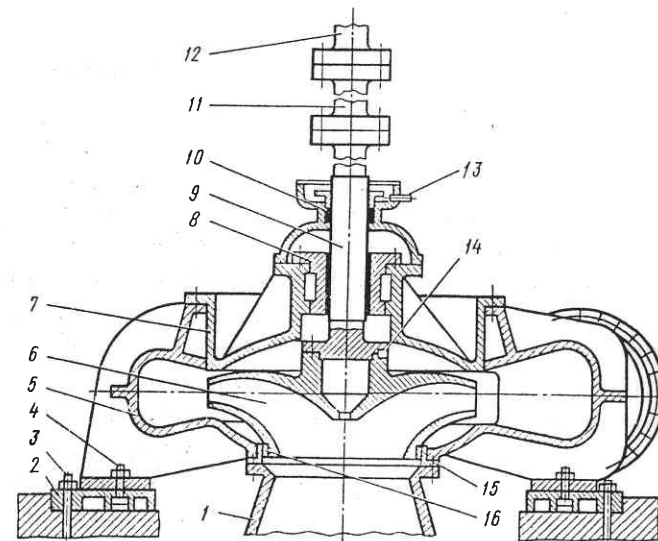


Рис. 3.1. Схема центробежного насоса типа В:

1 — конус; 2 — плита; 3, 4 — болты; 5 — корпус; 6 — рабочее колесо; 7 — крышка; 8 — подшипник; 9 — вал насоса; 10 — уплотнение; 11 — вал-проставок; 12 — вал двигателя; 13 — отвод; 14 — штифт; 15 — кольцо уплотнительное; 16 — кольцо защитное

для двухскоростных двигателей — 1200В-16/63-М; с частотой вращения, отличной от номинальной, — 1200В-16/63-О; регулируемый насос с обточенным базовым рабочим колесом — 1200ВР-16/63-I.

На рис. 3.1 представлена схема конструкции насосов типов 600В-1,6/100А, 800В-2,5/100А, 800В-2,5/400, 1000В-4/63, 1000В-4/40, открытые корпуса которых установлены на фундаментные плиты. Перекачиваемая вода от всасывающего колена через переходной конус подводится к рабочему колесу, из которого поступает в корпус насоса и отводится по напорному патрубку. Корпус насоса имеет две лапы, которыми он устанавливается на фундаментные плиты и закрепляется к ним болтами. Для исключения смещения корпуса насоса в процессе эксплуатации его лапы заштифованы цилиндрическими штифтами относительно фундаментной плиты, которая закреплена болтами и залита бетоном.

В корпусе устанавливается ротор насоса, состоящий из рабочего колеса и вала насоса. Рабочее колесо одностороннего входа соединяется с валом при помощи шпилек и цилиндрических штифтов. Перетекание перекачиваемой жидкости из зоны высокого давления в зону низкого предотвращается уплотнением рабочего колеса щелевого

типа, образованного уплотнительным кольцом, закрепленным в корпусе насоса, и защитным кольцом, закрепленным на рабочем колесе.

Опорой вала насоса служит направляющий подшипник скольжения, установленный и закрепленный в крышке насоса. Смазка подшипника осуществляется перекачиваемой жидкостью. На крышке насоса установлено уплотнение вала, в корпусе которого предусмотрено отверстие для отвода протечек воды. Вал насоса соединяется с валом электродвигателя через вал-проставок.

Осевая нагрузка, создаваемая массой ротора и гидравлическими силами, воспринимается подпятником электродвигателя.

Насосы типов 1200В-6,3/100А, 1200В-6,3/63, 1200В-6,3/40, 1600В-10/40, 1600В-10/63 конструктивно аналогичны вышеописанным. Различие лишь в том, что их корпуса залиты бетоном.

На рис. 3.2 показана конструкция центробежного насоса типа 2000В-16/63, предназначенного для перекачивания жидкости с большим содержанием взвешенных частиц. Конструктивной особенностью этого насоса является то, что его направляющий подшипник работает на масляной смазке и вынесен из проточной части.

Корпусные части насоса, включающие корпус, верхний 3 и нижний 15 проставки, соединены с горловиной всасывающей трубы с помощью уплотнения, состоящего из корпуса, нажимной крышки и уплотнительного кольца. Корпусные части образуют проточный тракт насоса. В верхнем проставке всасывающей трубы имеется люк, через который производится осмотр внутренних поверхностей насоса и рабочего колеса. Конструкция уплотнения и нижней проставки позволяют опускать проставки вниз для демонтажа верхнего проставки.

Корпус насоса является основанием, на котором размещены все узлы и детали насоса. Внутренние поверхности корпуса профилированы и являются каналом, по которому движется перекачиваемая вода. Корпус жестко связан с арматурой здания насосной станции и залит бетоном. В корпусе устанавливаются и закрепляются верхнее 10 и нижнее 13 уплотнительные кольца щелевого уплотнения рабочего колеса. Сверху корпус насоса закрыт крышкой, к которой крепятся направляющий подшипник с опорой и уплотнение вала.

Ротор насоса образуют жестко соединенные между собой вал и рабочее колесо. На рабочем колесе закреплены верхнее и нижнее защитные кольца щелевого уплотнения.

Работа центробежных насосов, как и осевых, характеризуется графическими зависимостями напора, мощности, КПД и кавитационного запаса от подачи при постоянной частоте вращения ротора и температуре рабочей жидкости. Эти зависимости, называемые характери-

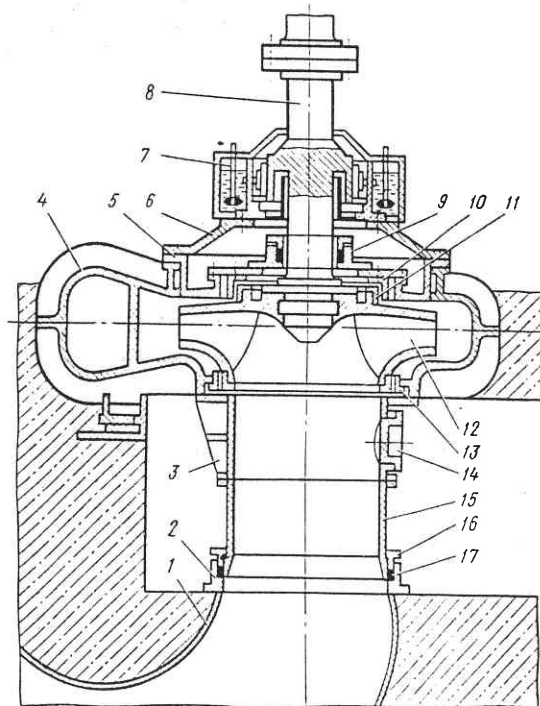


Рис. 3.2. Схема центробежного насоса типа 2000В-16/63:

1 — колено; 2 — корпус уплотнения; 3, 15 — проставки; 4 — корпус насоса; 5 — крышка; 6 — опора; 7 — направляющий подшипник; 8 — вал насоса; 9 — уплотнение вала; 10, 13 — уплотняющие кольца; 11 — защитное кольцо; 12 — рабочее кольцо; 14 — люк; 16 — крышка; 17 — кольцо

кой насоса, определяют экспериментально в результате испытания модели насоса на специальном стенде или реального насоса в месте его эксплуатации. На рис. 3.3 приведена характеристика центробежного насоса типа 1200В-6,3/63 с частотой вращения ротора $n = 6,25 \text{ с}^{-1}$. Основной кривой, характеризующей работу насоса, является кривая зависимости напора от подачи $H(Q)$, называемая напорной характеристикой. Характеристика $H(Q)$ существенно зависит от диаметра рабочего колеса. На характеристике представлены зависимости для базового рабочего колеса с $D = 1850 \text{ мм}$ и для обточенных рабочих колес с $D_I = 1805 \text{ мм}$ и $D_{II} = 1709 \text{ мм}$.

Характеристики центробежных насосов имеют несколько отличительных точек или областей. Начальная точка характеристики соответствует работе насоса при закрытой задвижке на напорном трубо-

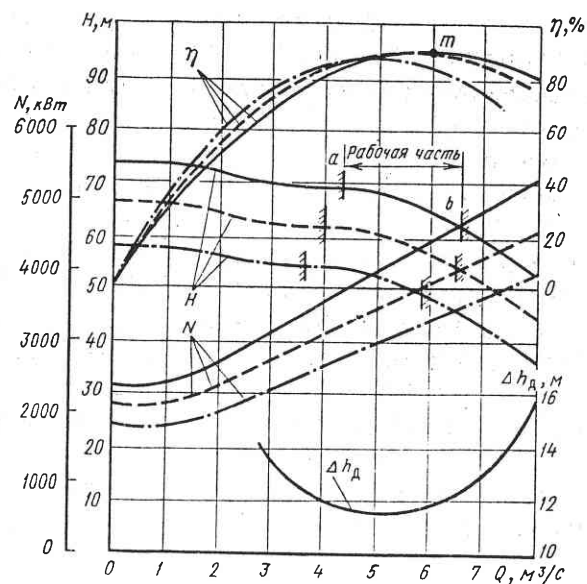


Рис. 3.3. Характеристика центробежного насоса типа 1200B-6,3/63 ($n = 6,25 \text{ с}^{-1}$):
—, — — —, — · — — — — при D , соответственно равном 1850, 1805 и 1709 мм

Таблица 3.1. Техническая характеристика насосов типа В

Типоразмер	Подача, $\text{м}^3/\text{с}$	Напор, м	КПД, %	Мощность, кВт	Допустимый кавитацион- ный запас, м	Частота враще- ния, мин^{-1}	Масса, кг
600B-1,6/100A	1,52	90	88	1900	14	750	8450
800B-2,5/100A	2,39	90	88	2950	14	600	11 000
800B-2,5/40	2,62	40	87	1190	12,4	600	13 800
800B-2,5/63	2,5	63	88	1950	11,5	600	13 600
1000B-4,0/100	4	100	88	4500	14	500	14 600
1000B-4,0/63	4	63	88	2900	11,5	500	12 800
1000B-4,0/40	4	40	87	1850	12,5	500	14 600
1200B-6,3/100	6,3	100	88	7500	14	375	34 900
1200B-6,3/63	6,3	63	89	7900	11,5	375	24 000
1200B-6,3/40	6,3	40	87	2900	13,5	375	32 000
1600B-10/100	10	100	88	11 700	14	300	—
1600B-10/63	10	63	89	7900	14	300	—
1600B-10/40	10	40	88	4600	13,5	300	34 100
2000B-16/100	16	100	88	19 000	14	250	—
2000B-16/63	16	63	89	12 400	12,5	250	110 000
2000B-16/40	16	40	88	7500	13,5	250	110 000
2400B-25/100	25	100	88	30 000	14	214	—
2400B-25/63	25	63	89	21 800	12,5	214	—
2400B-25/40	25	40	87	11 800	13,5	214	118 000

проводе ($Q = 0$). В этом случае насос развивает максимальный напор H_0 и потребляет мощность $N_0 = (0,4 \div 0,6) N_{\text{опт}}$, поэтому для уменьшения пусковых моментов на электродвигателе запуск в работу центробежных насосов целесообразно производить при закрытой задвижке на напорном трубопроводе.

Оптимальная точка m соответствует режиму работы при максимальном КПД ($\eta = 90\%$). Так как кривая $\eta(Q)$ имеет в зоне оптимальной точки пологий характер, то на практике пользуются рабочей частью характеристики насоса (зона между точками a и b), в пределах которой допускается длительная эксплуатация насоса. В рабочей части допускается, чтобы значение КПД находилось в пределах от $0,9 \eta_{\text{опт}}$ до $\eta_{\text{опт}}$.

Кривая $\Delta h_{\text{доп}}(Q)$ дает значения допустимой высоты всасывания в зависимости от подачи насоса. Этой кривой пользуются при проектировании насосных установок и насосных станций.

В табл. 3.1 приведена техническая характеристика вертикальных центробежных насосов.

3.2. РАБОЧИЕ КОЛЕСА

Основным рабочим органом вертикального центробежного насоса является консольно расположенное и свободно вращающееся внутри корпуса рабочее колесо одностороннего входа, в котором механическая энергия привода преобразуется в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости. Рабочее колесо (рис. 3.4) состоит из основного диска со ступицей и покрывающего диска, которые соединены лопастями. Лопасты и диски образуют межлопастные каналы диффузорного типа, по которым протекает жидкость от центра к периферии.

Лопасты плавно отогнуты в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса, они могут иметь цилиндрическую или пространственную форму.

Основной диск имеет ступицу для крепления рабочего колеса к валу насоса. Рабочее колесо крепится к фланцу вала при помощи шпилек, ввернутых в резьбовые отверстия ступицы. Крутящий момент передается радиальными цилиндрическими штифтами, установленными между фланцами вала и ступицы. Для улучшения обтекания рабочего колеса водяным потоком снизу к основному диску крепится обтекатель.

Покрывающий диск имеет центральное отверстие для подвода жидкости к лопастям и цилиндрическую проточку, в которой устанавливается и закрепляется защитное кольцо щелевого уплотнения рабочего колеса.

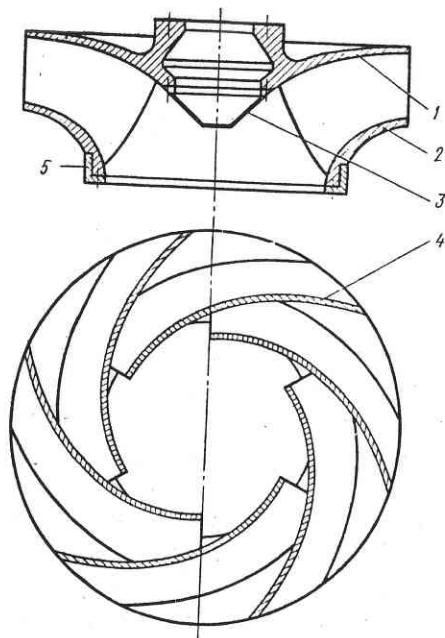


Рис. 3.4. Схема рабочего колеса центробежного насоса типа В:

1, 2 — основной и покрывающий диски; 3 — обтекатель; 4 — лопасть; 5 — защитное кольцо

В высоконапорных насосах на рабочее колесо действует значительная гидравлическая осевая сила, превышающая несущую способность подпятника электродвигателя, воспринимающего осевую нагрузку от ротора насосного агрегата. Для ее снижения используется способ выравнивания давления на основной и покрывающий диски. Достигается это за счет того, что над основным диском располагают щелевое уплотнение, а в ступице делают отверстия, соединяющие полость над диском с входной воронкой. Площадь этих отверстий принимают примерно в 4 раза больше площади зазора в щелевом уплотнении. Таким образом, давление в камере над ступицей уравнивается с давлением при входе в колесо.

Гидравлический способ уравнивания высоконапорных рабочих колес имеет недостатки, заключающиеся в уменьшении КПД насоса, так как при этом утечка происходит с двух сторон колеса и объемные потери удваиваются.

Литые рабочие колеса изготавливают из углеродистой стали марки 25Л или из коррозионно-стойкой и износостойкой стали марки 12Х18Н10ТЛ. Основная часть профиля проточной части колеса образуется при отливке. Посадочные поверхности для соединения с валом и установки защитных колец обрабатывают на токарно-карусельных станках.

3.3. КОРПУС НАСОСА

Корпус насоса является основанием, на котором размещены все узлы и детали насоса. Внутренние поверхности корпуса профилированы и образуют каналы подвода жидкости к рабочему колесу и отвода от него. Каналы корпуса должны обеспечить осесимметричный поток до и после колеса для установившегося относительного движения в области колеса и преобразовать кинетическую энергию потока, выходящего из колеса, в давление.

Крупные центробежные насосы (рис. 3.5) состоят из спирального корпуса, диффузорного патрубка, рассекателя и двух лап. Спиральный корпус представляет собой сложную деталь и предназначен для сбора и отвода жидкости от рабочего колеса со скоростью, обеспечивающей минимальные потери на гидравлические сопротивления. Проточная полость выполняется непосредственно в отливке корпуса и представляет собой спиральный канал с постоянно нарастающими радиальными сечениями прямоугольной или трапецеидальной формы. Спиральный отвод может обеспечить осесимметричный поток лишь при расчетном (оптимальном) режиме. На режимах, отличных от оптимального, нарушается симметрия в распределении давления по периферии рабочего колеса и возникает радиальная составляющая сил давления, действующая на рабочее колесо. Эта сила увеличивает нагрузку на вал и опоры, ухудшает вибрационное состояние насоса.

Уравновешивание радиальных сил в крупных насосах осуществляется применением двух спиральных отводов, каждый из которых охватывает дугу, равную 180° , на выходе потока из колеса. Сдваивание спиральной камеры производится установкой перегородки, которая делит поток на две части. Поток из первой спиральной камеры проходит по каналу с постоянным поперечным сечением дугу в 180° и сли-

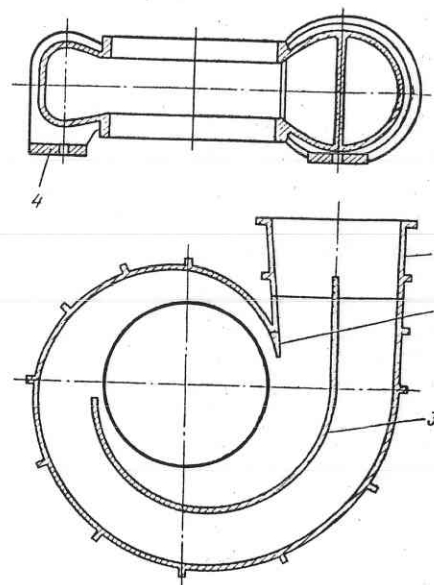


Рис. 3.5. Схема корпуса центробежного насоса:

1 — диффузорный патрубок; 2 — рассекатель (язык); 3 — перегородка; 4 — лапа

вается с потоком второй спиральной камеры в горле диффузорного патрубка.

Преобразование кинетической энергии в энергию давления в основном осуществляется в диффузоре, угол расширения которого находится в пределах 6–8°. В диффузорном патрубке происходит также переход трапецевидной или прямоугольной формы сечения спирали в круглую форму напорного патрубка.

Корпуса крупных насосов, учитывая условия транспортирования железнодорожным и автомобильным транспортом, выполняются разъемными, из нескольких частей, которые свариваются по разъемам при монтаже на насосной станции. Корпуса отливаются из конструкционной углеродистой стали марки 25Л, обладающей хорошей свариваемостью.

3.4. УПЛОТНЕНИЕ РАБОЧЕГО КОЛЕСА

Уплотнение рабочего колеса центробежного насоса служит для уменьшения объемных потерь и увеличения КПД путем снижения протечек воды из напорной части во всасывающую через зазор между ротором и статором. В качестве уплотнения рабочего колеса применяются бесконтактные уплотнения щелевого типа. Их уплотняющий эффект основан на использовании гидравлического сопротивления кольцевых дросселей с малым радиальным зазором. Радиальный зазор принимают минимальным при условии обеспечения надежной сборки и работы без металлического контакта вращающихся и неподвижных элементов насоса.

На рис. 3.6 показаны схемы щелевых уплотнений, применяемых в центробежных насосах. Щелевое уплотнение состоит из уплотнительного и защитного колец, закрепленных соответственно в корпусе насоса и на рабочем колесе. Кольца запрессовываются или крепятся винтами таким образом, что между их уплотнительными поверхностями образуется щель с зазором. На выбор значения зазора влияют следующие факторы: точность изготовления и принятые допуски в конструкции насоса – прогиб ротора, вызывающий необходимость увеличения зазора, и радиальные силы, действующие на ротор насоса из-за несимметрии потока в спиральных отводах. Для крупных насосов значение первоначального зазора принимается не более

$$c = 0,001 D_y,$$

где c – радиальный зазор в щелевом уплотнении, мм; D_y – диаметр уплотнения.

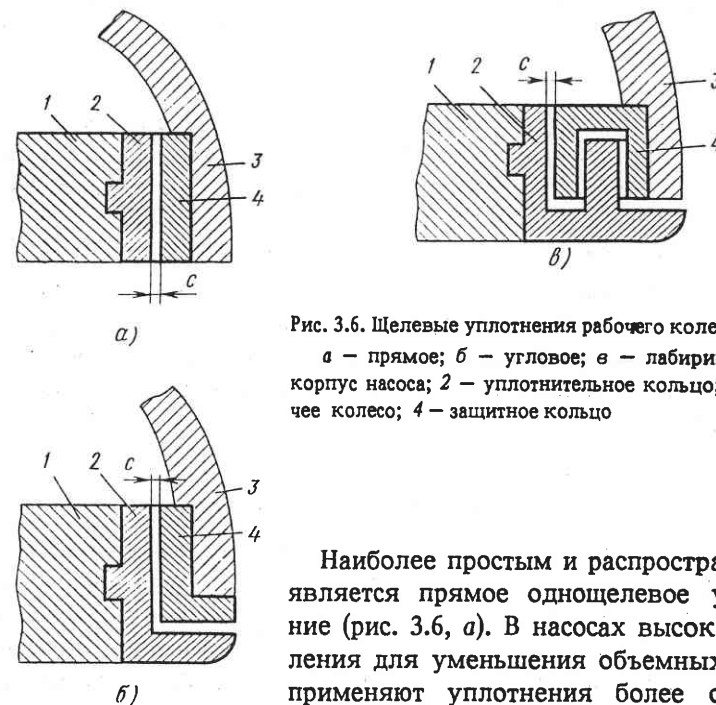


Рис. 3.6. Щелевые уплотнения рабочего колеса:

а – прямое; б – угловое; в – лабиринтное; 1 – корпус насоса; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – рабочее колесо; 4 – защитное кольцо

Наиболее простым и распространенным является прямое однощелевое уплотнение (рис. 3.6, а). В насосах высокого давления для уменьшения объемных потерь применяют уплотнения более сложных конструкций.

Угловое уплотнение (рис. 3.6, б) повышает коэффициент сопротивления щели и обеспечивает меньшее возмущение основного потока на входе в рабочее колесо. Несмотря на более высокую сложность изготовления в насосах применяются лабиринтные уплотнения (рис. 3.6, в), которые обеспечивают более высокий коэффициент сопротивления, но при определенных условиях могут служить источником дополнительной вибрации ротора.

Иногда для увеличения коэффициента сопротивления на уплотняющие поверхности наносят кольцевые или винтовые канавки. Сопротивление щели в этом случае увеличивается на 30%.

Материал уплотнительных и защитных колец должен обладать хорошей износостойкостью, эрозионной и коррозионной стойкостью, а также стойкостью против задирання при возможном соприкосновении вращающихся и неподвижных поверхностей или попадания в щель металлических включений. В зависимости от конкретных условий эксплуатации уплотнительные и защитные кольца изготавливаются из чугуна марки С418-36, из термообработанной стали марок 20Х13, Х17Н2 или 35ХНВФЛ. Разность твердости сопрягаемых поверхностей колец должна быть около НВ 50.

3.5. ВАЛ НАСОСА

Вал насоса является базовой деталью ротора насосного агрегата, передающей крутящий момент от электродвигателя к рабочему колесу. Вал крупного вертикального центробежного насоса представляет собой цилиндрическую поковку из стали 35 с двумя фланцами на концах. Одним фланцем он жестко соединяется с рабочим колесом, а другим, в зависимости от конструкции насоса, соединяется с валом электродвигателя или с промежуточным валом-проставком. Нижний фланец вала крепится к рабочему колесу с помощью шпилек, а крутящий момент передается радиальными цилиндрическими штифтами. Крепление и передача крутящего момента в верхнем фланце осуществляется припасованными болтами, работающими на растяжение и срез.

В насосах с водяной смазкой направляющего подшипника (см. рис. 3.1) вал в месте соприкосновения с подшипником и уплотнением имеет облицовку из нержавеющей стали марки 10X10H9T, получаемую путем электронаплавки нержавеющей стали электродами.

На рис. 3.7 приведена конструкция вала центробежного насоса с масляной смазкой направляющего подшипника (см. рис. 3.2). Вал длиной H выполнен кованным из стали марки 35 с двумя фланцами на концах и направляющим поясом диаметром d_3 , который служит для направления вала в подшипнике. В месте соприкосновения с уплотнением на валу жестко закреплена съемная защитная втулка из нержавеющей стали диаметром d_2 . Для центрирования с сопрягаемыми деталями на торцах фланцев выполнены центрирующие поверхности:

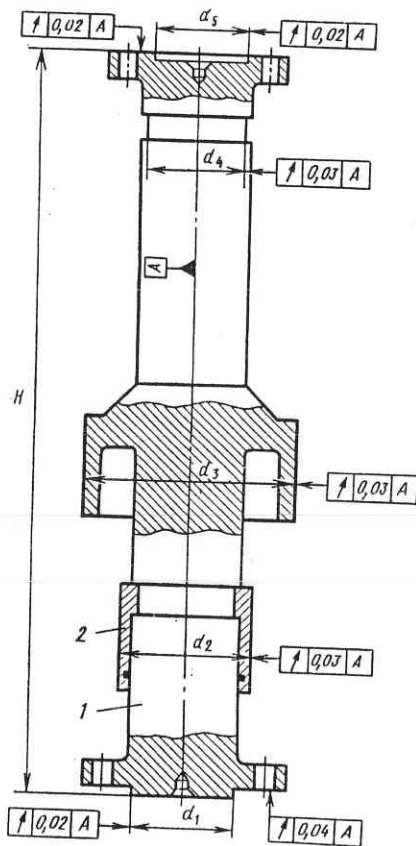


Рис. 3.7. Схема вала центробежного насоса:
1 — вал; 2 — защитная втулка

на нижнем фланце — в виде выступа диаметром d_1 , а на верхнем — в виде проточки диаметром d_5 . Под верхним фланцем проточена контрольная шейка диаметром d_4 .

Несмотря на большие размеры и массу вала к точности обработки сопрягаемых поверхностей предъявляются высокие требования. Радиальное биение относительно оси вала центрирующих поверхностей с диаметрами d_1 и d_5 не должно превышать 0,02 мм, а шеек с диаметрами $d_2 - d_4 - 0,03$ мм. Торцевое биение верхнего фланца допускается не более 0,02 мм, а нижнего — не более 0,04 мм.

На торцах вала выполнены технологические центровочные отверстия для обработки на токарном станке.

Конструкцию и размеры вала выбирают так, чтобы обеспечить прочность, жесткость и динамическую устойчивость при различных режимах работы насосного агрегата.

3.6. НАПРАВЛЯЮЩИЕ ПОДШИПНИКИ

Направляющий подшипник вертикального центробежного насоса обеспечивает вертикальное положение вала, воспринимает радиальные силы, вызванные несимметричностью подвода воды к рабочему колесу и отвода от него в спиральном корпусе, недостаточной точной балансировкой рабочего колеса, отклонениями при монтаже, износом трущихся поверхностей и аварийными ситуациями в процессе эксплуатации.

В центробежных насосах применяются направляющие подшипники скольжения на водяной и масляной смазке. Подшипник в насосах с водяной смазкой (см. рис. 3.1) расположен на крышке насоса, и его смазка осуществляется перекачиваемой жидкостью. В качестве поверхности трения скольжения в подшипниках применяются лигнофольевые или резиновые вкладыши. Конструкция этих подшипников аналогична конструкции подшипников, применяемых в осевых насосах (см. гл. 2).

Конструкция подшипника на масляной смазке приведена на рис. 3.8. Подшипник включает в себя корпус, в котором установлены направляющие сегменты с упорами и регулировочными болтами, охватывающие направляющий пояс вала. Сегменты расположены в масляной ванне, образованной резервуаром, корпусом и выгородкой. Подшипник закреплен на стойке, которая с помощью шпилек и штифтов фиксируется и крепится к крышке насоса.

Сегмент направляющего подшипника выполнен самоустанавливающимся и состоит из стального основания, рабочая поверхность кото-

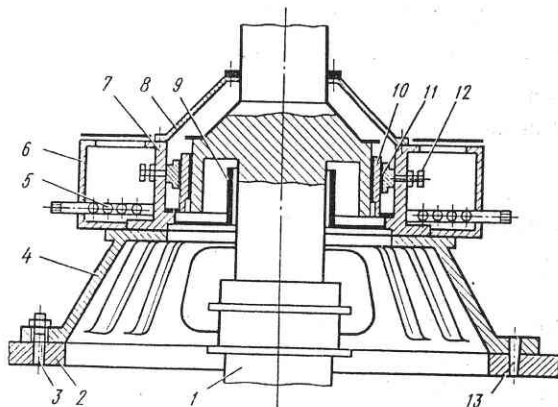


Рис. 3.8. Схема направляющего подшипника на масляной смазке:

1 — вал; 2 — крышка насоса; 3 — шпилька; 4 — опора; 5 — маслоохладитель; 6 — резервуар; 7 — корпус; 8 — крышка; 9 — выгородка; 10 — сегмент; 11 — упор; 12 — регулировочный болт; 13 — штифт

рого залита баббитом. Для контроля температуры баббитовой заливки в основании сегмента устанавливаются термометр сопротивления и датчик автоматического термосигнализатора, ввинчиваемые в специально предусмотренные отверстия.

Установка необходимого зазора между сегментом и цапфой вала производится с помощью регулировочных болтов путем установки стальных прокладок между сегментом и упором. Среднее значение одностороннего зазора принимается обычно 0,1–0,2 мм.

Смазка подшипника осуществляется погружением сегментов в масло на глубину от 1/3 до 1/2 высоты сегмента. За счет системы смазочных каналов масло распределяется по всей трущейся поверхности сегмента, образуя надежный клиновидный слой смазки.

Охлаждение подшипника производится за счет циркуляции масла в маслованне благодаря центробежному эффекту. Утечка масла из маслованны предотвращается уплотнением, расположенным на крышке 8.

Охлаждение масла выполняется с помощью встроенного в маслованну трубчатого кольцевого маслоохладителя, в котором циркулирует вода из системы технического водоснабжения.

Направляющие подшипники на масляной смазке применяются обычно в насосах, перекачивающих жидкости с повышенным содержанием абразивных частиц (более 0,1 кг/м³). Они обладают большими надежностью, долговечностью и ремонтпригодностью, удобны при монтаже и эксплуатации.

3.7. УПЛОТНЕНИЯ ВАЛА НАСОСА

Для уплотнения вала центробежного насоса в месте выхода его из корпуса предусмотрено концевое уплотнение, которое предотвращает утечку перекачиваемой жидкости из насоса. Концевое уплотнение является одним из важнейших узлов центробежного насоса, характеризующих надежность его работы. В зависимости от условий работы к нему предъявляются следующие требования: надежность и долговечность при различных параметрах и условиях эксплуатации насоса; коррозионная и эрозионная стойкость по отношению к рабочей среде; удобство сборки и разборки; простота и дешевизна обслуживания и изготовления. Этим требованиям в крупных центробежных насосах в большей степени отвечают сальниковые и торцевые уплотнения.

Сальниковые уплотнения наиболее распространены из-за простого конструктивного исполнения и обслуживания. Они надежно работают при давлении перед сальником до 1 МПа и окружной скорости вращения вала до 20 м/с. На осевых и центробежных насосах применяют аналогичные конструкции сальникового уплотнения (см. рис. 2.15). Герметизация вала осуществляется за счет контактного давления сальниковой набивки на шейку вала при осевом сжатии набивки.

При нормальной работе сальника через него должна протекать тонкая струйка жидкости для отвода теплоты трения и смазки трущихся поверхностей. При обеспечении требуемой герметичности нажимное усилие на сальник должно быть минимальным.

Наличие абразивных примесей в перекачиваемой воде заметно снижает срок службы сальниковой набивки. В мутной воде по сравнению с чистой набивка изнашивается в 2–2,5 раза быстрее. Но еще более интенсивное истирающее воздействие оказывает сама набивка на шейку вала или его облицовку, для восстановления которых требуются трудоемкие операции.

На рис. 3.9 показана схема сальникового уплотнения с подвижным корпусом, получившего распространение в крупных насосах из-за повышенной износостойкости и герметичности уплотнительного узла. Сальниковая набивка и фонарное кольцо установлены в подвижном корпусе между крышкой и неподвижным корпусом, который закрепляется на корпусе насоса. Подвижный корпус с помощью шпилек и гаек имеет возможность осевого перемещения относительно неподвижного корпуса. Место их сопряжения герметизируется резиновым кольцом. В подвижном корпусе через трубу 6 предусмотрен подвод под избыточным давлением запирающей жидкости из системы технического водоснабжения. Для предохранения вала от износа в месте контакта с сальниковой набивкой на нем установлена защитная втулка из нержавеющей стали.

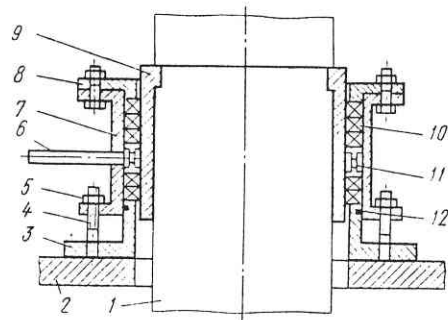


Рис. 3.9. Сальниковое уплотнение с подвижным корпусом:

1 — вал; 2 — корпус насоса; 3 — неподвижный корпус; 4 — шпилька; 5 — гайка; 6 — труба; 7 — подвижный корпус; 8 — крышка; 9 — защитная втулка; 10 — кольцо набивки; 11 — фонарное кольцо; 12 — резиновое кольцо

Подтяжку сальниковой набивки выполняют путем осевого перемещения подвижного корпуса относительно неподвижного. При этом наибольшему прижатию к валу подвержены кольца сальниковой набивки, расположенные ближе к уплотняемой полости. Это позволяет за счет улучшения смазки и уменьшения неравномерности контактных давлений по всей длине пакета набивки повысить износостойкость и герметичность уплотнения.

В настоящее время получили широкое распространение торцевые уплотнения благодаря таким важным качествам, как герметичность и долговечность. По сравнению с сальниковыми торцевые уплотнения имеют следующие преимущества: нормально работают при повышенной вибрации, имеют большую долговечность и более широкую зону работы по давлению и окружной скорости, исключают износ шейки вала в зоне уплотнения, практически не требуют ухода в процессе эксплуатации.

Конструкция торцевого уплотнения для крупных насосов приведена на рис. 3.10. Основным элементом уплотнения являются уплотнительные кольца пары трения, изготовленные из износостойкого материала и вклеенные в гнезда вращающегося и невращающегося колец. Вращающееся кольцо жестко соединено с валом насоса, а невращающееся установлено в корпусе с возможностью осевого перемещения. Зазор между корпусом 3 и кольцом 9 герметизируется резино-

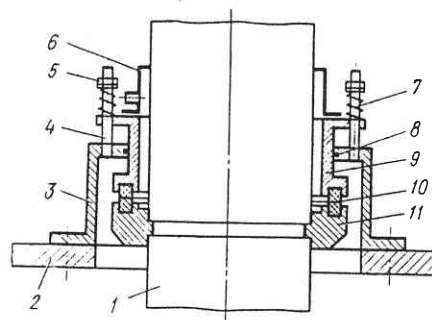


Рис. 3.10. Торцевое уплотнение вала насоса:

1 — вал; 2 — корпус насоса; 3 — корпус уплотнения; 4 — шпилька; 5 — гайка; 6 — кожух; 7 — пружина; 8 — резиновое кольцо; 9, 11 — кольца невращающиеся и вращающиеся; 10 — пара трения

вым кольцом 8. Корпус уплотнения фиксируется и закрепляется на корпусе насоса.

Герметизация осуществляется за счет сжатия торцевых поверхностей уплотнительных колец пары трения. Предварительное контактное давление между кольцами обеспечивается силой сжатия пружин, а затем увеличивается за счет силы давления уплотняемой жидкости. Сила сжатия пружин регулируется шпильками и гайками. При работе насоса через уплотнение протекает некоторое количество жидкости. Утечка изменяется со временем и зависит от многих факторов: давления перекачиваемой жидкости, давления на уплотнительных кольцах, степени разгрузки, окружной скорости, материала пары трения, биеения, вибрации и др. Утечки собираются в кожухе и с помощью гибкого шланга отводятся от уплотнения. Работу торцевого уплотнения крупного центробежного насоса можно считать удовлетворительной, если утечка жидкости составляет не более $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

В процессе эксплуатации контактные поверхности уплотнительных колец изнашиваются. Обеспечение постоянного надежного контакта и компенсация износа осуществляется перемещением кольца 9 в осевом направлении.

Материалы для уплотнительных колец подбирают с учетом условий эксплуатации торцевого уплотнения, а также технологичности и экономичности изготовления.

Для уплотнений, работающих при малом рабочем давлении, используют твердые пластмассы на основе фенольной смолы с различными наполнителями.

При высоком рабочем давлении применяют кольца из углеродных материалов: углеродные обожженные с пропиткой, графитированные с пропиткой, графитофторопластовые и силицированные графиты.

В качестве материала пар трения используют также сталь марки 95X12, закаленную до твердости HRC 55, хромистый чугун, твердые сплавы на основе карбида вольфрама и минералокерамику.

Глава четвертая

КРУПНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В качестве привода крупных вертикальных осевых и центробежных насосов применяются вертикальные асинхронные электродвигатели серий АВ, ВАН, ВДА, ДВДА и синхронные электродвигатели серий ВДС, ВСДН переменного тока напряжением 6 и 10 кВ и мощностью от 0,03 до 25 МВт.

Принятая заводом-изготовителем маркировка вертикальных электродвигателей расшифровывается следующим образом: А – асинхронный; Д – двигатель, вторая буква Д – двухскоростной и третья – с двойной беличьей клеткой; С – синхронный; В – вертикальный; Н – наружной установки; О – обдуваемый; первой группой цифр обозначается длина наружного диаметра сердечника, см, второй группой цифр – длина сердечника, см, третьей группой – число полюсов, последними буквами и цифрами – климатическое исполнение и категория размещения.

Примеры обозначения электродвигателей: ВАН 143/36-16УЗ – вертикальный асинхронный нормального исполнения, имеющий наружный диаметр сердечника статора 143 см, длину сердечника 36 см, число полюсов 16, для районов с умеренным климатом (У), с установкой в закрытом помещении с естественной циркуляцией воздуха (З); ВДС-325/49-18У4 – вертикальный синхронный серии 2, имеющий диаметр сердечника статора 325 см, длину сердечника 49 см, число полюсов 18, для районов с умеренным климатом с установкой в помещениях с искусственно регулируемые климатическими условиями (4).

Асинхронные двигатели по конструкции проще синхронных. Простота конструкции и схемы управления обеспечивают им высокую надежность, дешевизну установки и простоту эксплуатации.

Синхронные электродвигатели с энергетической точки зрения лучше асинхронных. Так как их КПД выше, они генерируют в сеть реактивный ток и тем улучшают характеристику сети. При падении напряжения в сети синхронные электродвигатели обладают большей устойчивостью, чем асинхронные. Схемы пуска и защиты синхронных электродвигателей в настоящее время сильно упрощены и практически равнозначны асинхронным.

Особенностями электродвигателей для привода насосов являются обеспечение пуска под нагрузкой и вращения в обратную сторону с повышенной частотой при остановке насосного агрегата.

Для привода насосов, имеющих гидравлический или электромеханический механизм привода разворота лопастей во время работы, электродвигатели выполняются с полым валом и снабжаются контактными кольцами и токосъемниками для питания механизма разворота. Нижний конец вала электродвигателя выполнен в виде фланца для соединения с фланцем вала насоса.

4.2. КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ ВДС

Синхронные электродвигатели серии ВДС (рис. 4.1) имеют вертикальное исполнение подвесного типа, в котором подпятник расположен в верхней части ротора. Основными составными частями двигателя являются: ротор, включающий в себя вал, остов с полюсами и вентиляторами; статор, состоящий из корпуса, сердечника с обмоткой, нижних и верхних вентиляторных щитов, воздухоохладителей; нижняя крестовина с гидравлическими домкратами и фундаментными плитами; верхняя крестовина; возбуждатель (у двигателей с электромашиным возбуждением).

На вал ротора двигателя насажены с натягом втулки остова с двумя фланцами, подпятника и нижнего подшипника. Остов имеет сварную конструкцию и выполнен в виде двух стальных рам круглой формы с приваренными поперечными стержнями и вертикальными ребрами. Остов прикрепляется к фланцам центральной втулки посредством пригнанных конусных шпилек. На остов насажен с натягом обод многогранной формы с числом граней, равным числу полюсов ротора. На каждой грани имеется паз Т-образной формы. Полюсы состоят из штампованных листов, уложенных в монолитные пакеты, стягиваемые с помощью стальных щек и шпилек. Крепление полюсов к остову ротора производится Т-образными хвостовиками и парными тангенциальными клиньями или болтами.

Обмотка возбуждения синхронных электродвигателей собирается из отдельных полюсных катушек, соединенных последовательно. Катушка изготавливается из шинной меди прямоугольного или специального профиля и изолируется от остова ротора.

К нижнему и верхнему торцам обода крепятся болтами вентиляторы, состоящие из двух дисков и прикрепленных между ними лопастей.

Статор является конструктивной частью, на которой крепятся основные составные части электродвигателя.

Корпус статора имеет круглую форму и выполняется сварным из листовой стали. Он состоит из горизонтально расположенных круглых фланцев, промежуточных рам, распорных ребер и цилиндрической

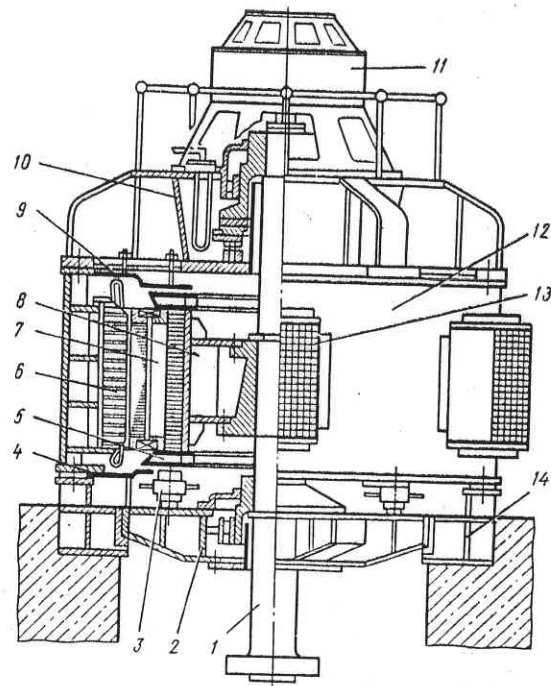


Рис. 4.1. Схема синхронного электродвигателя серии ВДС:

1 — вал; 2 — нижняя крестовина; 3 — гидравлический домкрат; 4, 9 — вентиляторные щиты; 5 — вентилятор; 6 — сердечник статора; 7 — полюс; 8 — осто́в ротора; 10 — верхняя крестовина; 11 — возбуди́тель; 12 — корпус статора; 13 — воздухоохладитель; 14 — фунда-ментная плита

обшивки с отверстиями для выхода нагретого воздуха. Нижняя торцевая рама является опорной поверхностью. Статор устанавливается на фундаментные плиты. На верхней части корпуса закрепляется грузонесущая верхняя крестовина. К торцам корпуса статора прикрепляются верхние и нижние вентиляторные щиты, а к средней части — сердечник статора, состоящий из штампованных сегментов с пазами на внутренней поверхности для катушек обмотки. Сегменты собраны в пакеты и стянуты нажимными фланцами и шпильками. Сердечник в корпусе статора удерживается шпильками, пропущенными через полузакрытые круглые пазы в спинке сегментов и через отверстия во фланцах корпуса статора.

Вертикальные синхронные и асинхронные двигатели выполняются с катушечными петлевыми двухслойными обмотками с укороченным шагом. Катушки состоят из ряда витков обмоточной меди с двухслой-

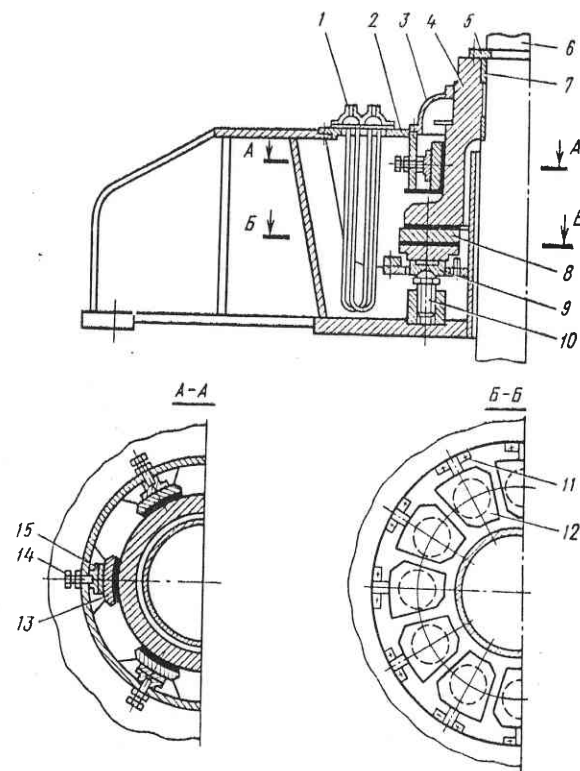


Рис. 4.2. Схема верхней крестовины электродвигателя:

1 — маслоохладитель; 2 — гнездо подшипника; 3 — крышка; 4 — втулка подпятника; 5 — стопор; 6 — вал; 7 — втулка; 8 — тарелка; 9 — выгородка; 10 — опорный болт; 11 — упор; 12, 13 — сегменты подпятника и подшипника; 14 — регулировочный винт; 15 — башмак

ной изоляцией или медного проводника с усиленной изоляцией. Каждый виток состоит из одного или нескольких проводников.

После укладки катушек в пазы сердечника и заклинивания их стеклотекстолитовыми клиньями статор пропитывается под вакуумом эпоксидным компаундом. Межкатушечные и межполюсные соединения пропаиваются припоем и покрываются изоляцией.

Для охлаждения воздуха в двигателях с замкнутым циклом вентиляции применяются водяные воздухоохладители, состоящие из рамы, двух трубных досок с трубками двух крышек. Увеличение площади поверхности трубок достигается за счет оребрения их или навивки и припайки медных проволочных спиралей. Концы трубок развальцованы в стальных трубных досках.

Нагретый воздух омывает наружную поверхность оребренных трубок, по которым циркулирует охлаждающая вода. Он попадает на воздухоохладитель со стороны корпуса статора и выходит с противоположной стороны охлажденным. Воздухоохладитель уплотняется на корпусе статора резиновыми шайбами.

Верхняя крестовина (рис. 4.2) является грузонесущей, она принимает осевую нагрузку от ротора насосного агрегата и передает ее на статор двигателя. Крестовина лучевого типа сварной конструкции состоит из центральной части и приваренных к ней лап. Центральная часть включает в себя внутренний цилиндр (выгородку), внешнюю коническую обечайку, верхний и нижний фланцы основных и промежуточных ребер, герметично сваренных между собой. Центральная часть крестовины является масляной ванной, в которой расположены маслоохладители, подпятник и верхний направляющий подшипник.

Маслоохладители выполняются из U-образных латунных трубок, концы которых развальцованы в трубных досках. Внутри трубок протекает вода, охлаждая масло, омывающее трубки с наружной стороны.

Подпятник является торцевым подшипником скольжения, обеспечивающим жидкостное трение при различных режимах работы: пуске электродвигателя, работе при номинальной частоте вращения, работе при вращении в обратную сторону с угонной частотой во время останова насосного агрегата.

Втулка подпятника, жестко закрепленная на валу, и диск с полированной (зеркальной) рабочей поверхностью, прикрепленный к втулке, являются вращающимися деталями подпятника. Вращающийся диск своей зеркальной поверхностью опирается на ряд расположенных по кольцу сегментов. Сегменты через опорные тарелки опираются на сферические поверхности головок опорных болтов. Тарелка вместе с сегментом может поворачиваться на головке опорного болта и создавать необходимый рабочий наклон сегмента. Опорные болты ввернуты в стаканы на днище крестовины. Ввертыванием или вывертыванием опорных болтов регулируется высотное положение сегментов, что позволяет равномерно распределить нагрузку на них. От сдвигов по окружности сегменты удерживаются упорами.

Посадка втулки подпятника на вал осуществляется через медные втулки 7. Это позволяет повысить плотность посадки и уменьшить контактную коррозию. От осевого смещения втулку подпятника предохраняет стопорное кольцо.

Вращающийся диск крепится к втулке подпятника болтами и штифтами. Для предотвращения протекания через поверхности трения подшипниковых токов между диском и втулкой устанавливается изоля-

ционная прокладка из калиброванного по толщине гетинакса, изолируются также болты и штифты.

Сегменты представляют собой кольцевые секторы, изготовленные из листовой стали. Рабочая поверхность сегментов облицовывается баббитом марки Б-83 путем наплавки или заливки.

Опорная тарелка представляет собой диск с кольцевым выступом по краю, на который ложится сегмент. С нижней стороны опорной тарелки имеется гнездо для сопряжения с головкой опорного болта.

Опорные тарелки в подпятнике выполняют две основные функции: служат упругими элементами, воспринимающими и сглаживающими пульсации, вызванные биением зеркальной поверхности диска, а также компенсирующими неравномерное распределение нагрузки между сегментами; уменьшают деформации сегментов. Расположение тарелки на опорном болте при небольших нагрузках осуществляется по схеме "сфера по сфере", а при больших нагрузках — по схеме "сфера на плоскость".

Опорные болты обеспечивают регулировку высотного положения сегментов, т.е. нагрузки на них. Для точности регулировки резьба болта делается мелкой. Опорная поверхность головки болта выполняется по сфере большого радиуса. Поверхность сферы шлифованная, ее твердость превышает твердость опорной тарелки.

В верхней крестовине вокруг цилиндрической поверхности втулки подпятника расположен сегментный самоустанавливающийся верхний направляющий подшипник электродвигателя. Сегменты подшипника выполнены по типу сегментов подпятника, но с цилиндрическим профилем рабочей поверхности. Сегмент направляющего подшипника, рабочая поверхность которого облицована баббитом, вырезается из стального кольца. К сегменту крепится болтами башмак. Между сегментом и башмаком устанавливаются металлические прокладки, изменением толщины которых регулируют зазор между сегментом и цапфой вала. Регулировку зазора производят с помощью регулировочных винтов, которые одновременно препятствуют тангенциальному смещению сегментов.

Комплект сегментов устанавливается в гнездо верхнего направляющего подшипника, которое крепится болтами в расточке верхнего фланца крестовины. Для предохранения от подшипниковых токов между сегментами и башмаками устанавливаются изоляционные прокладки. Болты, крепящие башмак к сегменту, изолируются втулками и шайбами.

Для смазки подпятника и направляющего подшипника применяется замкнутая внутри масляной ванны система смазки. Весь подпят-

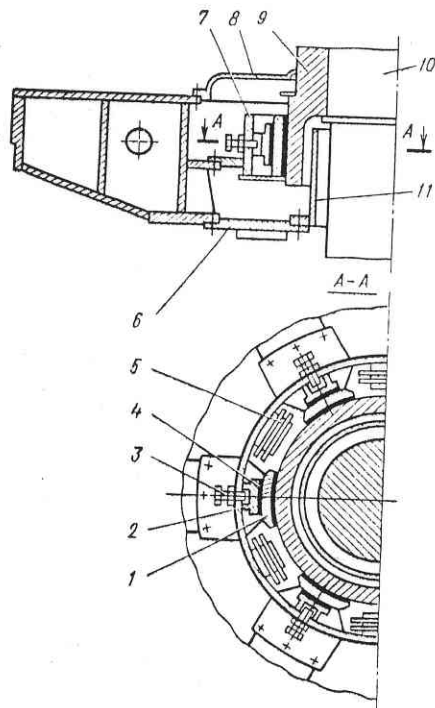


Рис. 4.3. Схема нижней крестовины электродвигателя:

1 — сегмент подшипника; 2 — башмак; 3 — регулировочный винт; 4 — прокладка; 5 — маслоохладитель; 6 — днище; 7 — гнездо; 8 — крышка; 9 — втулка; 10 — вал; 11 — выгородка

ник полностью погружен в масло, а сегменты подшипника погружены на $1/3 - 1/2$ их высоты. За счет системы смазочных каналов масло распределяется по всей трущейся поверхности сегмента, образуя надежный клиновидный слой смазки. Масло в ванне циркулирует за счет насосного эффекта вращающегося диска, обеспечивая смазку и охлаждение сегментов подпятника. Масло в масляной ван-

не охлаждается с помощью маслоохладителей. Утечка масла из маслованны предотвращается крышкой 3 с уплотнением.

Нижняя крестовина (рис. 4.3) электродвигателей обычно выполняется сварной конструкции из литой стали лучевого типа с четырьмя или шестью лапами, с помощью которых она устанавливается, центрируется и закрепляется к фундаментным плитам.

Центральная часть крестовины является масляной ванной, в которой размещены маслоохладители и нижний направляющий подшипник. Снизу к масляной ванне прикрепляется днище с выгородкой.

Нижний направляющий подшипник по конструкции аналогичен верхнему. Взаимозаменяемые сегменты с башмаками и прокладками расположены вокруг втулки, напрессованной на вал двигателя. Комплект сегментов устанавливается в гнездо с регулировочными винтами, которое крепится болтами к фланцу крестовины.

В нижней крестовине маслоохладители выполняются из прямых или U-образных латунных либо медных (в виде змеевика) трубок.

На лапах нижней крестовины располагаются гидравлические домкраты для поддержания ротора и регулировки его по высоте при сборке и разборке электродвигателя. Домкрат состоит из цилиндра с порш-

Таблица 4.1. Технические характеристики электродвигателей серий ВДС 325 и ВДС 375

Тип	Мощность, кВт	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹	КПД, %	Нагрузка на подпятник, кН	Масса, кг
ВДС 325/44-16	5000	6000	565	375	95,5	650	53 000
ВДС 325/49-16	5000	10 000	340	375	94,8	750	61 000
ВДС 325/69-16	8000	10 000	540	375	95,8	1250	70 000
ВДС 325/44-18	5000	6000	566	333	95,3	650	54 000
ВДС 325/49-18	5000	10 000	340	333	95,3	700	60 000
ВДС 325/44-20	4000	6000	450	300	95,5	650	53 000
ВДС 325/29-24	2000	10 000	139	250	93,7	600	37 000
ВДС 325/59-24	5000	6000	560	250	95,6	650	62 000
ВДС 375/105-24	10 000	10 000	664	250	96,5	2300	155 000
ВДС 375/130-24	12 500	10 000	825	250	97,0	2650	180 000

нем, на котором укреплен круглая упорная пластина. Для подъема ротора в цилиндр от специальной маслonaпорной установки подается масло под давлением 7–10 МПа. Высотное положение домкрата фиксируется навинчиванием вручную специальной гайки, размещенной на корпусе цилиндра, после чего масляное давление может быть снято.

При исполнении электродвигателей серии ВДС с машинными возбудителями последние устанавливаются на верхней крестовине. Конструкция возбудителя не отличается от обычной конструкции вертикальной машины постоянного тока. Якорь возбудителя выполняется с собственным валом, имеющим фланец для присоединения к валу электродвигателя.

Для удобства обслуживания контактные кольца ротора электродвигателя насажены на вал возбудителя под коллектором.

Пуск электродвигателей серии ВДС 325 — прямой асинхронный от сети, имеющей полное напряжение. Электродвигатели ВДС 325 имеют реакторный пуск от сети с пониженным напряжением.

Основные технические характеристики электродвигателей серий ВДС 325 и ВДС 375 приведены в табл. 4.1.

4.3. КОНСТРУКЦИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕРИИ ВАН

Вертикальные асинхронные электродвигатели выполняются с короткозамкнутыми роторами. Электродвигатели серии ВАН (рис. 4.4) изготавливают в вертикальном подвесном исполнении с подпятником,

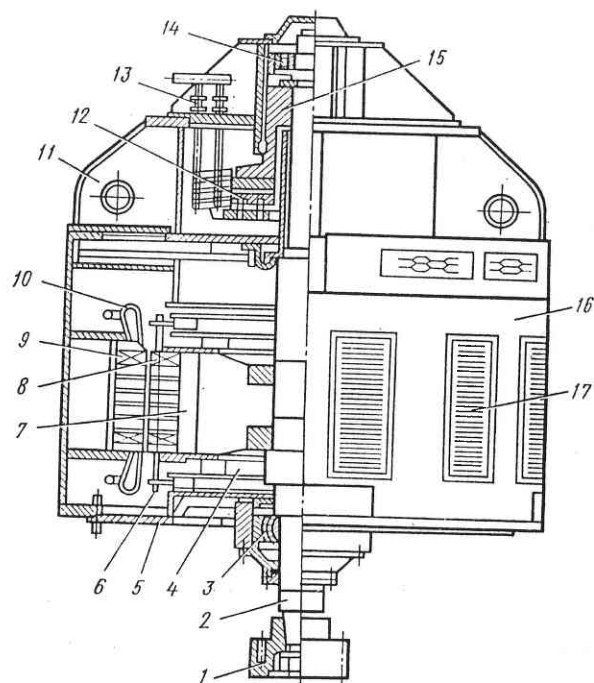


Рис. 4.4. Схема асинхронного электродвигателя серии ВАН:

1 — муфта; 2 — вал; 3 — нижний подшипник; 4 — вентилятор; 5 — щит; 6 — короткозамкнутая обмотка; 7 — осто; 8, 9 — сердечники ротора и статора; 10 — обмотка; 11 — крестовина; 12 — подпятник; 13 — маслоохладитель; 14 — верхний подшипник; 15 — втулка подпятника; 16 — корпус статора; 17 — воздухоохладитель

расположенным в верхней крестовине, двумя опорными подшипниками и фланцевой муфтой для присоединения к валу насоса. Электродвигатели серии ВАН выпускаются как с направляющими подшипниками скольжения, так и с подшипниками качения. Верхний направляющий подшипник скольжения вместе с подпятником размещается в маслованне верхней крестовины. Нижний направляющий подшипник скольжения размещается в масляной ванне нижней крестовины. Масляные ванны снабжены маслоохладителями.

В электродвигателях 14-го габарита применены направляющие подшипники качения. Верхней опорой служит радиальный однорядный шарикоподшипник 14, а нижней — радиальный сферический двухрядный роликовый подшипник 3. Подшипники качения работают на консистентной смазке без охлаждения.

Сердечники роторов состоят из пакетов электротехнической стали, разделенных радиальными вентиляционными каналами шириной по 10 мм. В двигателях 14-го и частично 15-го габаритов каждый пакет собирается из штампованных цельных листов стали. В остальных электродвигателях пакеты сердечника ротора собираются из штампованных сегментов. Пакеты электротехнической стали стянуты в монолитный сердечник двумя нажимными стальными кольцами, закрепленными на остоу ротора у малых машин шпонками, а у больших — шпильками, пропущенными через отверстия в сегментах.

Обмотка ротора одноклеточная и состоит из медных стержней колбовидного профиля, концами впаянных тугоплавким припоем в медные короткозамкнутые кольца.

Таблица 4.2. Техническая характеристика асинхронных двигателей серии ВАН

Тип	Мощность, кВт	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹	КПД, %	Нагрузка на подпятник, кН	Масса, кг
ВАН 14-49-6	1000	6000	122	992	94,0	65	6830
ВАН 14-59-6	1250	6000	152	992	94,4	65	7500
ВАН 14-26-8	400	6000	51	738	91,8	90	5050
ВАН 15-31-8	800	6000	96	740	93,1	160	6200
ВАН 15-36-8	1000	6000	116	740	94,0	170	7800
ВАН 16-31-8	1250	6000	145	741	93,4	240	9900
ВАН 16-36-8	1600	6000	186	741	93,8	290	10 550
ВАН 14-26-10	315	6000	44	590	91,2	70	5000
ВАН 15-31-10	630	6000	79,5	592	92,6	100	6150
ВАН 15-39-10	800	6000	99,5	592	93,0	170	6650
ВАН 16-31-10	1000	6000	122	593	93,3	220	10 740
ВАН 16-36-10	1250	6000	152	593	93,8	250	11 530
ВАН 16-49-10	1600	6000	186	593	94,5	290	13 170
ВАН 14-31-12	315	6000	47	491	91,1	135	5250
ВАН 15-39-12	630	6000	84	493	92,5	180	6650
ВАН 16-31-12	800	6000	104	495	92,6	200	10 100
ВАН 16-41-12	1000	6000	122	495	93,0	200	11 200
ВАН 16-49-12	1250	6000	152	495	93,3	270	12 000
ВАН 17-31-12	1600	6000	187	495	93,8	300	15 200
ВАН 15-44-16	500	6000	74	370	91,8	90	7280
ВАН 16-36-16	630	6000	86	370	92,6	150	10 600
ВАН 16-41-16	800	6000	110	370	92,9	200	11 200
ВАН 17-31-16	1000	6000	127	370	93,0	250	14 200
ВАН 17-39-16	1250	6000	160	371	93,6	250	15 200
ВАН 17-49-16	1600	6000	204	372	94,1	310	16 800
ВАН 17-69-16	2500	6000	322	372	94,3	340	21 300

Конструкции корпуса, сердечника и обмотки статора, а также крестовин электродвигателя не отличаются от исполнения этих узлов в синхронных двигателях.

Вертикальные асинхронные двигатели чаще всего выполняются с разомкнутым циклом вентиляции, а двигатели с мощностью более 2000 кВт – с замкнутым циклом, где воздух охлаждается посредством трубчатых водяных охладителей, прикрепленных к корпусу статора. При вентиляции по разомкнутому циклу холодный воздух поступает из окружающей среды сверху через отверстия в верхней и нижней крестовинах. Циркуляция воздуха внутри двигателя осуществляется вентилярующим действием распорок в каналах сердечника ротора и двумя центробежными вентиляторами, прикрепленными к обоим торцам ротора. Основной поток воздуха, проходя через радиальные каналы сердечника статора, охлаждает активную часть двигателя. Центробежные вентиляторы создают интенсивный обдув лобовых частей обмотки статора. Струи воздуха из вентиляционных каналов статора и лобовых частей обмотки попадают в корпус статора и через отверстия в обшивке выходят наружу.

При замкнутом цикле вентиляции суммарный нагретый поток воздуха выходит через большие прямоугольные отверстия в наружной обшивке корпуса статора в воздухоохладители, прикрепленные к корпусу. После охлаждения воздух снизу и сверху снова направляется внутрь двигателя.

Недопустимо осуществлять пуск двигателя при обратном вращении ротора. Допускается угонная частота вращения ротора $n_y = 1,3n_{\text{ном}}$ продолжительностью не более 5 мин.

Основная техническая характеристика асинхронных электродвигателей серии ВАН приведена в табл. 4.2.

Глава пятая

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

5.1. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА НАСОСОВ

Надежная работа насосного оборудования помимо правильной эксплуатации во многом определяется своевременностью и качеством ремонта. Ремонт крупного насосного оборудования на насосных станциях организуют в соответствии с системой технического обслуживания и ремонта, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных средств, технической документации и исполнителей, необхо-

димых для поддержания и восстановления качества изделия, входящих в эту систему. В основу системы положено сочетание технического обслуживания и планово-периодических ремонтов.

Ремонт – комплекс операций по устранению неисправности, восстановлению работоспособности и ресурса изделия или его составных частей.

Техническое обслуживание – комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению, ожидании, хранении, транспортировании.

Согласно системе все виды ремонта планируются в заранее установленной последовательности, через определенные интервалы отработанного времени. Однако характер требующихся ремонтов, сроки их выполнения, примерные объемы, а также выявление изношенных деталей, подлежащих замене, определяются на основе сведений о техническом состоянии насосного оборудования, полученных при предварительных технических осмотрах непосредственно перед ремонтом.

При ремонте крупного насосного оборудования используется следующая терминология:

капитальный ремонт – ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые, и их регулировкой;

текущий ремонт – ремонт, выполняемый в процессе эксплуатации для гарантированного обеспечения работоспособности оборудования и состоящий из замены и восстановления его отдельных частей, их регулировки, а также контроля технического состояния составных частей;

регламентированный ремонт – плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, которые установлены в эксплуатационной документации независимо от технического состояния изделия в момент начала ремонта;

ремонт по техническому состоянию – плановый ремонт, при котором периодический контроль технического состояния выполняется в объеме, установленном в нормативно-технической документации, а момент начала ремонта определяется техническим состоянием изделия;

обезличенный ремонт – ремонт, при котором не сохраняется принадлежность восстанавливаемых составных частей к определенному экземпляру изделия;

необезличенный ремонт – ремонт, при котором сохраняется принадлежность восстановленных частей к определенному экземпляру изделий;

агрегатный ремонт – обезличенный ремонт, при котором неисправные сборочные единицы заменяются новыми или заранее отремонтированными;

ремонтпригодность – свойство оборудования, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем технического обслуживания и ремонтов. Ремонтпригодность характеризуется средним временем восстановления, стоимостью ремонта и технического обслуживания;

работоспособность – состояние оборудования, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации;

предельное состояние – состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация должна быть прекращена из-за неустранимого снижения эффективности эксплуатации ниже допустимой, необходимости проведения капитального ремонта, неустранимого изменения заданных параметров ниже установленных пределов, неустранимого нарушения требований правил техники безопасности;

трудоемкость ремонта – трудозатраты на проведение одного ремонта данного вида;

срок службы – календарная продолжительность эксплуатации оборудования до возникновения предельного состояния или списания. Различают следующие сроки службы: до первого капитального ремонта, между капитальными ремонтами (ремонтный цикл), до списания и средний;

ремонтный цикл T – наработка оборудования между двумя плановыми капитальными ремонтами, а для вновь вводимого оборудования – наработка от ввода в эксплуатацию до первого капитального ремонта;

межремонтный период t – наработка оборудования между двумя плановыми ремонтами. Продолжительность межремонтного периода устанавливается исходя из наработки до первого отказа группы быстроизнашивающихся деталей и сборочных единиц.

Для насосного оборудования наработка межремонтного цикла и межремонтного периода измеряется в часах.

5.2. ВИДЫ И ОБЪЕМЫ РЕМОНТОВ, РЕМОНТНЫЕ ЦИКЛЫ

Система технического обслуживания и ремонта насосного оборудования включает следующие основные виды ремонтных работ: техническое обслуживание; текущий ремонт; капитальный ремонт.

Техническое обслуживание включает комплекс работ по уходу за насосным оборудованием, проведение осмотров, систематическое наблюдение за их исправным состоянием, соблюдением правил эксплуатации и инструкций заводов-изготовителей, устранение мелких неисправностей, контроль и осуществление необходимых мер по экономному расходованию всех видов энергоресурсов. Техническое обслуживание производится силами оперативного или оперативно-ремонтного персонала в процессе эксплуатации насосного оборудования.

Осмотры являются важнейшей функцией технического обслуживания и фактором, обеспечивающим безаварийную работу насосного оборудования. Как самостоятельная операция осмотры планируются перед текущим и капитальными ремонтами. Во время осмотра проверяют состояние оборудования, производят чистку, промывку, продувку, ремонт изоляции, доливку или замену масел, выявляют дефекты эксплуатации и нарушения правил безопасности, уточняют состав и объем работ, подлежащих выполнению при очередном текущем или капитальном ремонте.

Текущий ремонт – это минимальный по объему плановый ремонт, имеющий профилактическую направленность. Чисткой, проверкой, заменой быстроизнашивающихся частей, наладкой и регулировкой оборудования и аппаратуры достигается поддержание оборудования в работоспособном состоянии до следующего капитального ремонта. Хотя текущий ремонт выполняется с остановкой насосного агрегата и отключением его от сетей, по своему объему он непродолжителен, производится без полной разборки сборочных единиц путем ремонта наиболее изношенных из них.

При текущем ремонте открывают люк в насосе, осматривают всю проточную часть, измеряют зазоры между валом и вкладышами подшипников насоса и двигателя, лопастями и камерой рабочего колеса (в осевых насосах), уплотняющим и защитным кольцами щелевого уплотнения рабочего колеса (в центробежных насосах), проверяют вертикальность, излом общей линии вала и центровку ротора насосного агрегата. На основании осмотра и измерений принимают решение по устранению выявленных неисправностей, восстановлению или замене быстроизнашивающихся частей, а также выполнению регулировок и настроек. Во время текущего ремонта крупных насосов, как правило, заменяют направляющие подшипники с лигнофолиевыми

вкладышами и производят регулировку зазоров в сегментных подшипниках, заменяют кольца сальниковой набивки и резиновые манжеты в сальниковых и торцевых уплотнениях вала, проверяют идентичность углов установки лопастей и работоспособность механизма разворота лопастей, проверяют герметичность соединений рабочего колеса, проточной части и системы технического водоснабжения.

К текущему ремонту также относятся непредвиденные ремонты, вызванные случайными повреждениями, которые не могут быть выполнены в порядке технического обслуживания.

Капитальный ремонт – наибольший по объему плановый ремонт, который заключается в полной разборке насосного агрегата и его составных частей, восстановлении или замене изношенных деталей и сборочных единиц, регулировании, наладке и испытании по программе и методике, составленным согласно эксплуатационной и ремонтной документации.

После капитального ремонта параметры насоса, размеры сопрягаемых поверхностей должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым к новому оборудованию.

Капитальный ремонт крупных насосов проводят на месте их установки. Ремонт и восстановление изношенных деталей и сборочных единиц осуществляют на специализированном ремонтном предприятии.

Потребность в ремонте насосов и их составных частей существенно зависит от конкретных условий эксплуатации. Виды ремонтов, ремонтный цикл, межремонтный период и расход запасных частей, указываемые в технической документации, устанавливаются для средних показателей надежности. При этом расчеты выполняются из условия, что насосы перекачивают относительно чистую воду с содержанием взвешенных частиц не более 3 кг/м^3 . В связи с этим потребность в ремонте насосов для конкретных условий может существенно отличаться от расчетной. Для этого на основании подконтрольной эксплуатации разрабатывают структурную схему ремонтного цикла, которая представляет собой схематическое изображение последовательности видов ремонтов насоса. Структурная схема ремонтного цикла крупного насоса имеет двухступенчатый вид:

$$H - T - T - T - T - T - K,$$

где H – начало эксплуатации; T – текущий ремонт; K – капитальный ремонт.

Число межремонтных периодов

$$n = T_{\text{ср}}/T_{\text{н}},$$

где $T_{\text{ср}}$ – средний ресурс до капитального ремонта, ч; $T_{\text{н}}$ – наработка на отказ быстроизнашивающихся частей, ч.

Для крупных осевых насосов, перекачивающих воду с большим содержанием абразивных примесей, число межремонтных периодов

$$n = 16\,000/2000 = 8,$$

где $T_{\text{ср}} = 16\,000$ ч – ресурс до капитального ремонта; $T_{\text{н}} = 2000$ ч – наработка на отказ направляющего подшипника с лигнофолиевыми вкладышами.

При этом структурная схема ремонтного цикла будет иметь вид $H - T - T - T - T - T - T - T - K$.

Для крупных осевых и центробежных насосов фактическая продолжительность ремонтного цикла составляет $16\,000 - 25\,000$ ч, а межремонтного периода – $2000 - 4000$ ч.

Число ремонтных циклов за время эксплуатации насоса

$$z = 8760 T K_3 / T_{\text{ср}},$$

где 8760 – годовой фонд времени, ч; T – средний срок службы, лет; K_3 – коэффициент эксплуатации; $T_{\text{ср}}$ – средний ресурс до капитального ремонта, ч.

Для рассматриваемых крупных осевых насосов число ремонтных циклов за время эксплуатации

$$z = 8760 \cdot 20 \cdot 0,45 / 16\,000 = 4,93 \approx 5.$$

Полная структурная схема ремонта, разбитая соответственно на пять ремонтных циклов, будет иметь вид

$$\begin{aligned} H - T - T - T - T - T - T - T - K; \\ T - T - T - T - T - T - T - K; \\ T - T - T - T - T - T - T - K; \\ T - T - T - T - T - T - T - K; \\ T - T - T - T - T - T - T - C, \end{aligned}$$

где C – списание насоса.

Ремонтный цикл и его структура являются основой для разработки нормативов планово-предупредительного ремонта.

5.3. РЕМОНТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Ремонтная документация – это рабочая конструкторская документация, предназначенная для подготовки ремонтного производства, ремонта и контроля насоса после ремонта. Ремонтную документацию

разрабатывают в соответствии с предполагаемым объемом ремонтного производства, с учетом экономической целесообразности и технических возможностей ремонтных предприятий, для которых предназначается ремонтная документация.

Ремонтная документация на крупные насосы разрабатывается на основе:

- рабочей конструкторской документации;
- эксплуатационной документации;
- анализа ремонтпригодности изделия и его составных частей;
- технологической документации;
- материалов подконтрольной эксплуатации;
- результатов научно-исследовательских работ по исследованию технологических процессов ремонта;
- прогрессивных методов восстановления изношенных деталей;
- опыта ремонта крупных насосов на других ремонтных предприятиях;
- анализа продолжительности гарантийных сроков эксплуатации отремонтированных насосов.

Ремонтную документацию разрабатывают на изделие в целом независимо от наличия ремонтной документации на составные части изделия.

В ремонтной документации, как правило, необходимо учитывать, чтобы сохранялась взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц, а также использовались такие способы ремонта, которые позволили бы в максимальной степени восстанавливать размеры деталей и других составных частей до первоначальных. В случаях, обоснованных техническими или экономическими факторами, допускается указывать ремонтные размеры.

Способы ремонта, технические требования к отремонтированному насосу, параметры, определяющие эксплуатационные характеристики после ремонта, нормы расхода запасных частей и материалов и другие показатели, включаемые в ремонтную документацию, должны быть технически обоснованы и экспериментально проверены.

Ремонтную документацию разрабатывают отдельно на текущий и капитальный ремонты насоса.

Текущий ремонт производится, как правило, по эксплуатационной документации. Документацию на текущий ремонт разрабатывают при необходимости.

При выполнении капитального ремонта используют в основном Руководство по капитальному ремонту. Руководство должно включать в себя введение, приложение и следующие главы: 1. Организация ре-

монта; 2. Приемка в ремонт и хранение ремонтного фонда; 3. Демонтаж и разборка; 4. Технические требования на дефектацию и ремонт; 5. Ремонт деталей и составных частей; 6. Сборка, регулирование и настройка; 7. Испытание, проверка и приемка после ремонта; 8. Покрытие, смазка и консервация; 9. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.

Во введении указывают порядок пользования руководством, характеристику насоса, конструктивные варианты и конструктивные различия, условные обозначения, перечень технических документов, которые используют вместе с руководством.

В гл. 1 указывают специфические требования к организации ремонта и меры безопасности при ремонте.

В гл. 2 описывают особенности приемки для ремонта, комплектность, правила хранения ремонтного фонда.

В гл. 3 содержатся описание приемов демонтажа насосного агрегата, указания о порядке подготовки изделия к разборке, порядок разборки, особые указания по технике безопасности из-за особенностей технологии демонтажа насоса.

Глава 4 содержит перечень возможных дефектов и способов их выявления, признаки неисправимых дефектов, способы устранения дефектов, технические требования к отремонтированным деталям и неразъемным соединениям, чертежи деталей и сопряжений с указанием зон измерений и возможных дефектов.

В гл. 5 помещают ремонтные чертежи, перечень ремонтных операций с указанием режимов работы, технические требования к ремонту, указания о нанесении защитных покрытий и проверке качества выполненных работ.

В гл. 6 последовательно для каждой сборочной единицы излагают процесс сборки, пригонки, отладки и регулирования, технические требования к собираемой составной части и насоса в целом, методы проверки качества сборочных работ.

Глава 7 содержит технические требования к отремонтированному насосу, программу и методику испытаний, схему установки контрольно-измерительных приборов, методику обработки результатов испытаний.

В гл. 8 и 9 приводят указания, инструкции и особенности выполнения этих работ.

Допускается вместо Руководства по капитальному ремонту разрабатывать "Технические условия на капитальный ремонт насоса", которые содержат только специальные требования, относящиеся к ремонту указанных изделий. Содержание Технических условий анало-

гично содержанию разделов Руководства по ремонту, в которых излагаются технические требования к ремонту насоса и его составных частей.

К обязательной ремонтной документации относятся "Нормы расхода запасных частей" и "Нормы расхода материалов", которые составляют в виде ведомости, содержащей нормы расхода запасных частей и материалов на один капитальный ремонт насоса.

5.4. ПЛАНИРОВАНИЕ И ФИНАНСИРОВАНИЕ РЕМОНТОВ

Определение объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту насосного оборудования производится на основе данных о загрузке оборудования на планируемый период времени.

За шесть месяцев до начала планируемого года по всей номенклатуре оборудования, принимаемого в ремонт специализированными предприятиями, производят расчет потребности в капитальном ремонте. Ведомость капитальных ремонтов согласовывают с исполнителями и заключают с ними договора, являющиеся основанием для выполнения этих ремонтов.

Основным документом, по которому организуется ремонт, является годовой план ремонта. Основой для составления годового плана служат сложность ремонта, структура и продолжительность ремонтных циклов и межремонтных периодов, учетно-контрольные карты, в которых указаны вид и дата последнего ремонта, а также все проведенные ранее ремонты. При составлении планов ремонта необходимо учитывать следующее:

все подготовительные работы должны быть выполнены до вывода насоса в капитальный ремонт;

проведение ремонтов должно планироваться на то время года, когда загрузка насосов минимальна или имеется возможность резервирования;

наиболее целесообразным является агрегатный метод ремонта, предполагающий замену комплектующего оборудования и сборочных единиц на новые или заранее отремонтированные;

необходимо принимать во внимание результаты определения фактического технического состояния.

Годовой план ремонта насосного оборудования составляется по определенной форме. При этом для каждого насоса указывается краткая техническая характеристика, инвентарный номер, год установки, ремонтосложность, межремонтный период и ремонтный цикл, наработка с начала эксплуатации, вид и дата последнего ремонта, вид пла-

нируемого ремонта по месяцам, трудоемкость текущего и капитального ремонтов.

На основании годового плана ремонта для наглядности и простоты пользования составляют годовой график ремонта, в котором для каждого насосного агрегата в наглядной форме изображается плановый вид ремонта, время его начала и окончания. По мере выполнения ремонтов на графике изображают фактическое состояние ремонта.

Текущее планирование ремонтов включает в себя разработку месячного плана ремонта насосного оборудования, который составляется на основе годового плана с учетом хода выполнения работ в предыдущем месяце, фактического состояния оборудования, наличия необходимых для ремонта материалов, запасных частей и ремонтного оборудования. При составлении месячного плана ремонта уточняют даты начала и окончания ремонтов в планируемом месяце. В план могут быть включены при необходимости работы, проведение которых не предусматривалось годовым планом.

Контроль фактического выполнения утвержденных планов ремонта включает в себя оперативный ежедневный контроль непосредственно по данным графиков; текущую регистрацию сведений о выполнении ремонтов по каждому насосу; квартальную отчетность о выполнении планов.

Применение ЭВМ при планировании способствует повышению оперативности, улучшает его качество, обеспечивает четкий контроль выполненных объемов ремонтных работ, снижает трудоемкость.

Стоимость ремонтных работ определяют путем составления сметы затрат на каждый вид ремонта. Исходными данными для составления сметы служат годовой план ремонта насосного оборудования, нормы времени, действующая на предприятии система оплаты труда ремонтников. Структура сметы затрат на ремонт в общем виде включает в себя: заработную плату; расходы на материалы, полуфабрикаты и покупные изделия; накладные расходы; услуги сторонних организаций; командировочные расходы; отчисления на уплату налогов.

В зависимости от формы собственности организации, эксплуатирующей насосное оборудование, финансирование ремонтных работ осуществляет непосредственно эксплуатирующая организация или вышестоящая.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

6.1. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ, КОНСТРУКТОРСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА РЕМОНТА

Перед капитальным ремонтом крупных насосов проводят подготовительные работы, чтобы обеспечить с первого дня ремонта хорошую организацию работ, лучше использовать сроки, отведенные на ремонт.

Организационная подготовка ремонта — это совокупность работ, направленных на согласование выполнения технологических операций и технологических процессов ремонта, обеспечивающих оптимальные затраты средств, труда и материалов.

Организационная подготовка начинается с составления ведомости объема работ и перечня сверхплановых работ, определяемых техническим состоянием агрегата перед ремонтом. Ведомость объема работ составляется на основе анализа записей в журналах ремонта и эксплуатации агрегата и в журналах дефектов, а также результатов испытания агрегата до ремонта. В организационную подготовку входит заключение договора со специализированным ремонтным предприятием на проведение ремонта насосного агрегата, составление сметы расходов или уточнение типовой сметы с привязкой к конкретным условиям ремонта и техническому состоянию агрегата, заключение договоров ремонтным предприятием с необходимыми субподрядчиками, распределение объемов работ внутри ремонтного предприятия. Организационная подготовка включает также: составление заявок на необходимые материалы, запасные части и комплектующие изделия; размещение заказов на механическую обработку крупногабаритных деталей; составление и утверждение графика ремонта; оформление заказов на технологическую оснастку и инструмент; составление графиков материально-технического снабжения; заключение договоров с автотранспортным предприятием и составление графика обеспечения процесса ремонта автотранспортом. Приказами назначают руководителей ремонта агрегата и представителей эксплуатации для проверки и приемки после ремонта его составных частей и узлов, а также для решения технических задач, требующих согласования.

Для руководства организационной подготовкой назначаются ответственные лица и устанавливается срок ее исполнения. Исходя из конкретных условий, определяют длительность подготовки.

Неотъемлемой частью производственного процесса ремонта является его техническая подготовка, которая включает конструктор-

скую и технологическую подготовки. Техническая подготовка прямо связана с совершенствованием ремонтного производства и направлена на сокращение сроков ремонта, снижение затрат труда и материальных затрат, повышение качества ремонта. Техническая подготовка выполняется силами конструкторско-технологических бюро эксплуатационной и ремонтной организаций или специализированных предприятий.

Конструкторская подготовка заключается в обеспечении ремонтного предприятия рабочими чертежами заводов-изготовителей насосов, электродвигателей и вспомогательного оборудования, а также в разработке ремонтных чертежей и технических условий на дефектацию и ремонт. Конструкторская подготовка включает также разработку чертежей на модернизацию агрегатов, специальные приспособления и технологическую оснастку, разработку документации по сооружению и оборудованию ремонтной площадки.

Основным этапом в конструкторской подготовке является разработка ремонтных чертежей, которая проводится на основании рабочих чертежей завода-изготовителя. Если рабочие чертежи отсутствуют, то для подлежащих изготовлению и восстановлению деталей составляют эскизы.

Технологическая подготовка состоит в обеспечении производства: описаниями технологических процессов ремонта, технологий изготовления запасных частей; руководящими материалами по организации ремонта и управлению им; нормами расхода материалов, запасных частей и комплектующих изделий на каждый ремонт; нормами на выполнение ремонтных операций; чертежами на специальные металло-режущие инструменты, станочную оснастку и специальные контрольно-измерительные инструменты; временными технологическими указаниями по ремонту отдельных деталей; инструкциями по различным видам испытаний сборочных единиц; нормами расхода на металло-режущие и прочие инструменты, вспомогательные материалы.

В функции технологической службы входят также: составление графиков ремонта; участие в профессиональной подготовке рабочих; периодическая подготовка предложений по совершенствованию ремонтного производства.

До начала работ весь ремонтный персонал необходимо проинструктировать по вопросам организации и технологии ремонта, а также срокам его проведения. Особое внимание при инструктаже следует уделить технике безопасности проведения ремонтных работ.

6.2. ОБОРУДОВАНИЕ РЕМОНТНОЙ ПЛОЩАДКИ

Ремонт крупных насосов осуществляется на месте их установки. Поэтому каждый раз перед началом ремонта устраиваются ремонтные площадки у ремонтируемого оборудования: на рабочем колесе, на направляющих подшипниках, на фланцевых соединениях валов, у электродвигателя и вспомогательного оборудования.

Ремонтная площадка – это свободная площадь для перегрузочных операций и размещения при капитальном ремонте сборочных единиц и деталей оборудования, ремонтных приспособлений и оснастки, а также для выполнения ремонтных операций, которые по условиям технологии необходимо производить вблизи ремонтируемого оборудования. Ремонтные площадки должны быть оборудованы энергетическими разводками и находиться в зоне действия грузоподъемного средства.

На ремонтную площадку доставляют необходимый инструмент, приспособления, запасные части и материалы. Поблизости от места работ устанавливают верстаки с тисками, ящики для хранения инструмента и переносной наждачный станок для заточки режущего и рубящего инструмента. К месту работ подводят от компрессора воздух, устанавливают дополнительное освещение, подводят ацетилен для газосварки, оборудуют места для кислородных баллонов, доставляют электросварочное оборудование. Для хранения чистого и грязного обтирочного материала, снятых крепежных деталей и мусора устанавливают специальные ящики.

Особое внимание при оборудовании ремонтных площадок уделяют обеспечению безопасных условий труда и созданию нормальных санитарно-гигиенических условий.

Ремонтируемый насосный агрегат ограждают от других агрегатов, находящихся в эксплуатации. Зона, в которой создается производственная опасность травмирования людей, является опасной. Границы опасных зон должны быть перед началом работ обозначены предупредительными знаками и надписями или ограждениями.

К постоянно действующим опасным производственным зонам относятся: территории вблизи неизолированных токоведущих частей электроустановок; места перемещения машин и оборудования, а также грузов подъемными кранами; зоны с содержанием вредных веществ в концентрациях выше предельно допустимых; участки возможного падения предметов.

На ремонтных площадках отводят места для курения и отдыха ремонтного персонала, устанавливают бачки с питьевой кипяченой

водой и аптечку – шкафчик с набором необходимых медикаментов, хранят приспособления для транспортировки пострадавших.

На ремонтных площадках, расположенных ниже уровня нижнего бьефа, хранят на видном месте спасательные пояса.

Ремонтные площадки, расположенные в пожароопасных местах, оборудуют средствами пожаротушения: пожарными рукавами, песком, ведрами, покрывалами и кошмами, баграми, лопатами, пожарными топорами, огнетушителями.

6.3. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТАКЕЛАЖНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для подъема и перемещения деталей и сборочных единиц крупных насосов, имеющих большие массу и габариты, необходимы мощные грузоподъемные механизмы. Машинные залы насосных станций оборудованы электрическими мостовыми подъемными кранами, грузоподъемность которых рассчитана на массу наиболее тяжелой монтажной единицы с учетом 10%-ной надбавки, массу траверс и строп. За монтажную единицу можно принимать ротор электродвигателя, рабочее колесо или вал насоса. В машинном зале крупных насосных станций может быть установлено несколько мостовых кранов.

На крупных насосных станциях для обслуживания затворов и сооружений решеток во время эксплуатации и ремонта используются козловые краны.

Электрические мостовые краны имеют, как правило, крановую тележку с двумя крюками, один из которых главный, а другой вспомогательный. Грузоподъемность вспомогательного крана обычно в 5–10 раз меньше, чем главного, но скорость подъема значительно больше. Благодаря этому с помощью малого крюка многие разгрузочные и монтажные работы производятся очень быстро.

Высота подъема главного крюка должна обеспечивать транспортировку одним или двумя кранами любого узла насосного агрегата над работающими агрегатами или в стороне от них. Опускание главного крюка вниз должно производиться до тех пор, пока существует возможность опускания в кратер без перестановки рабочего колеса насоса.

Все краны должны периодически подвергаться освидетельствованию. Во время освидетельствования испытывают и проверяют подкрановые пути, стальные канаты, конечные выключатели, тормозные устройства. Полное техническое освидетельствование включает в себя статическое и динамическое испытания крана пробным грузом.

Статическое испытание крана заключается в том, что на крюк подвешивают груз, соответствующий номинальной грузоподъемности крана, поднимают его на высоту 100 мм и оставляют в подвешенном состоянии на 10 мин. При этом измеряют стрелу прогиба моста, которая должна быть не более $1/700$ длины пролета для электрического крана и не более $1/400$ для ручного. Остаточной деформации моста крана быть не должно. При удовлетворительных результатах статического испытания кран испытывают на нагрузку, превышающую номинальную на 25%. Если и эту нагрузку кран выдерживает, производят динамические испытания.

Динамическое испытание заключается в подъеме и опускании груза, масса которого на 10% превышает номинальную грузоподъемность крана, и передвижении моста и тележки с грузом. Одновременно проверяют действие конечных выключателей и тормозных устройств. На каждом кране ясно обозначают его грузоподъемность, дату последнего и срок следующего испытаний.

Несмотря на жесткость требований к освидетельствованию кранов в практике ремонта принято перед ответственными такелажными работами подвергать кран дополнительной проверке. Так, например, прежде чем начать переноску рабочего колеса насоса или ротора электродвигателя, этот груз некоторое время держат над ремонтной площадкой подвешенным к крану. Кроме того, оторвав немного груз от пола, производят несколько небольших подъемов и опусканий с резким торможением, для того чтобы убедиться в надежности тормозов.

В тех местах, где перемещение и подъем грузов с помощью крана невозможен, применяют ручные и электрические тали грузоподъемностью 0,5; 1; 3; 5 и 10 т. Для подъема легких грузов на небольшую высоту применяют ручные тали. Таль представляет собой грузоподъемный механизм, состоящий из цепного полиспаста и редуктора с ручным приводом от бесконечной цепи или рычажного храпового механизма. Редуктор может быть выполнен в виде червячной или шестеренчатой передачи.

Ручную таль с червячным редуктором подвешивают к конструкциям за верхний крюк. Через приводную шестерню, установленную на червяке, перекинута бесконечная тяговая цепь. Перемещая цепь вручную, приводят во вращение приводной вал с червяком, который приводит в движение червячное колесо и сидящую с ним на одном валу грузовую звездочку. Грузовая цепь огибает звездочку и ролик нижнего блока, к которому подвешивают поднимаемый груз. В зависимости от направления вращения червячного колеса со звездочкой крюк с грузом будет подниматься или опускаться. Самотормозящаяся

червячная передача предотвращает самопроизвольное опускание нижнего блока с грузом.

Ручные тали имеют ограниченную зону действия, так как ими можно поднимать груз только в том месте, где они закреплены. Чтобы расширить зону действия тали, ее подвешивают к тележке, которая передвигается по монорельсу (двухтавровой балке), подвешенному к перекрытию.

Шестеренная таль приводится в действие аналогично червячной. При колебательном движении рычага зуб фиксатора, зацепляясь с трещеткой, поворачивает ее. Вместе с трещеткой вращается ходовой валик, и через пару шестерен вращение передается ведомому валу, на который посажена грузовая звездочка. При вращении звездочка увлекает за собой цепь с грузовым крюком и поднимаемым грузом. В корпусе тали имеется тормозной диск и храповик с собачкой, дающие возможность останавливать груз в любом положении при его подъеме и опускании. Рычажные тали выпускают грузоподъемностью 0,5; 1 и 1,5 т.

Более совершенным грузоподъемным механизмом, чем ручная таль, является электрическая таль (тельфер), тяговым механизмом которой служит лебедка с электрическим приводом. Управляют подъемом и перемещением груза с пульта, который подвешен к тали на гибком кабеле. Грузоподъемность электрических талей составляет 0,25–5 т, а скорость подъема груза 3–18 м/мин.

Перед работой тали тщательно осматривают. Особое внимание обращают на состояние грузовой цепи и самоторможение тали. Каждая таль должна быть снабжена табличкой с указанием грузоподъемности, даты испытания и срока следующего испытания. При износе отдельных звеньев грузовой цепи, уменьшении их диаметра на 30% цепь заменяется новой.

Для подъема и перемещения грузов в местах, где невозможно использовать кран и тали, применяют лебедки с ручным и машинным приводами. Лебедка состоит из корпуса, в котором находятся барабан с намотанным тросом и механизм привода. Один конец троса крепится к крюку с перемещаемым грузом, а другой – к барабану. Механизм привода может быть ручным и электрическим.

При ремонтных работах применяют ручные рычажные лебедки грузоподъемностью 1,5 и 3 т и электрические грузоподъемностью 0,5 – 12,5 т. До начала работы корпус лебедки крепят к стационарному якорю, к конструкциям здания либо укрепляют грузом (балластом), укладываемым на раму. Трущиеся части лебедки перед работой должны быть хорошо смазаны. При работе необходимо систематически прове-

рять тормоза лебедки, а также следить за правильной намоткой каната на барабан.

При закреплении лебедки за железобетонные колонны на углах колонны ставят прокладки из труб или досок, которые предохраняют канат от перетирания острыми углами колонны.

При подъеме груза одновременно двумя лебедками конструкции их следует подбирать так, чтобы скорости навивания канатов на барабаны были одинаковыми.

Лебедка должна быть надежно закреплена и установлена так, чтобы можно было выполнить максимальное число подъемно-транспортных операций.

Для вспомогательных подъемов и перемещений на небольшие расстояния применяют реечные, винтовые и гидравлические домкраты, представляющие собой подъемные механизмы небольших размеров и массы. Реечный домкрат состоит из корпуса, внутри которого перемещается выдвижная рейка с зубцами. На рейке имеется лапа, посредством которой поднимается груз. Поднимают или опускают груз вращением рукоятки, соединенной с рейкой системой шестерен. Для удержания груза на определенной высоте установлен храповик с собачкой. При открытой собачке груз удерживается только усилием, приложенным к рукоятке, что является существенным недостатком реечных домкратов. Реечные домкраты имеют грузоподъемность 3–5 т.

Винтовой домкрат состоит из корпуса с заделанной в нем гайкой, в которую входит грузовой винт. Подъем и опускание груза осуществляется вращением винта, снабженного рукояткой с трещоткой. Винтовые домкраты наиболее удобны в работе тем, что они самотормозятся. Их грузоподъемность составляет 2,5–20 т.

Гидравлические домкраты служат для подъема и перемещения очень больших и тяжелых грузов. Под давлением масла, подаваемого в цилиндр при помощи электроприводного или ручного насоса, поршень домкрата выдвигается и поднимает груз на нужную высоту. Гидравлические домкраты выпускаются грузоподъемностью 5–200 т.

В процессе эксплуатации проводится периодический осмотр домкратов. При осмотрах домкраты разбирают и смазывают. Особое внимание обращают на состояние тормозных устройств реечных домкратов, самоторможение винтовых и исправность клапанов гидравлических домкратов.

Для осуществления подъемно-транспортных операций при ремонте конкретного насосного агрегата приобретают или изготавливают такелажные приспособления. К ним относятся канаты, цепи, стропы, скобы, рым-болты, траверсы, блоки, полиспасты и др.

При выполнении такелажных работ применяют стальные, пеньковые канаты и канаты из синтетических материалов. Стальные канаты изготавливают из высокопрочной стальной проволоки марок В (высший сорт), I (первый сорт), II (второй сорт) диаметром до 3 мм, предел прочности которой при растяжении составляет 1200–2600 МПа. Проволоки свивают в пряди, а пряди свивают в канаты. Обычно канат состоит из шести круглых прядей, обвиваемых вокруг сердечника из пеньки или джута. Мягкий сердечник придает канату эластичность и служит как бы масленкой, удерживая в себе смазку и предохраняя проволоку от ржавления.

Конструктивно канаты различают по форме сечения, числу проволок в прядях, числу прядей, направлению свивки прядей в канате и проволок в прядях, типу сердечника.

Для комплектования такелажных устройств, изготовления стропов и чалочных приспособлений применяются стальные канаты следующих типов: ТЛК-О (с точечно-линейным касанием проволок в прядях) из шести прядей по 37 проволок в каждой с одним органическим сердечником и диаметром каната 11,5 – 47 мм; ТК (с точечным касанием проволок между слоями пряди) из шести прядей по 37 проволок в каждой с одним органическим сердечником и диаметром каната 8,5 – 49 мм; ЛК-РО (с линейным касанием проволок в прядях) из шести прядей по 36 проволок в каждой с одним органическим сердечником и диаметром каната 9,7–39,5 мм; ЛК-О (с линейным контактом проволок в прядях) из шести прядей по 19 проволок в каждой с одним органическим сердечником и диаметром каната 11,5–35 мм.

К каждому стальному канату заводом-изготовителем должен быть приложен сертификат, в котором указываются диаметр и длина конструкции и результаты испытаний каната, в том числе и разрывное усилие. При отсутствии сертификата разрывное усилие каната определяется лабораторным испытанием на разрыв отдельных проволок. Расчетное разрывное усилие каната в целом составляет 0,83 суммарного разрывного усилия проволок.

Канаты выбирают с учетом коэффициента запаса прочности, который устанавливают в зависимости от назначения грузоподъемной машины. Коэффициентом запаса прочности называется число, показывающее, во сколько раз следует уменьшить нагрузку на канат по сравнению с предельной нагрузкой (разрывным усилием), чтобы перемещение груза было безопасным. Наименьший допустимый коэффициент запаса прочности приведен в табл. 6.1.

Расчет канатов на прочность производится по формуле

$$s = r/k,$$

Таблица 6.1. Наименьший допустимый коэффициент запаса прочности канатов

Назначение каната и характеристика грузо-подъемной машины	Коэффициент запаса прочности
Грузовой и стреловой для грузоподъемной машины с ручным приводом	4
Грузовой и стреловой для грузоподъемной машины с машинным приводом и режимом работы:	
легким	5
средним	5,5
тяжелым	6
Расчалки (ванты)	3,5
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей	9

где s – наибольшее допустимое усилие в канате, Н; r – разрывное усилие каната в целом, Н; k – коэффициент запаса прочности.

Износ каната определяется внешним видом и числом обрывов отдельных проволок на длине одного шага свивки. При износе или коррозии, достигших 40% и более первоначального диаметра проволок, канат должен быть забракован. Канаты с одной оборванной прядью или обрывом 10% проволок в пряди на длине одного шага свивки бракуют и не допускают к дальнейшему использованию.

Пеньковые канаты легче стальных, но их разрывное усилие значительно меньше, поэтому их применяют чаще в качестве оттяжек и стропов при подъеме небольших грузов. Изготавливают пеньковые канаты свивкой прядей, скручиваемых из длинного пенькового волокна. Пеньковые канаты выпускают пропитанными горячей смолой и непропитанными (бельные) диаметром 10–29 мм. Коэффициент запаса прочности для чалочных пеньковых канатов принимают равным 8.

Канаты из искусственных волокон (капрона, перлона) гораздо прочнее, чем пеньковые. Они не портятся от воды и не подвержены гниению. Материалом для капроновых канатов служит капроновое волокно, свитое в каболки, а затем в пряди. Капроновые канаты выпускают диаметром 7,9–63,7 мм.

При выполнении такелажных работ кроме канатов применяют сварные и пластинчатые цепи. Сварные цепи изготавливают из мягкой легированной круглой стали мелкозернистой структуры с пределом прочности на разрыв, равным 370–450 МПа.

Пластинчатые цепи состоят из параллельных стальных валиков, расположенных на равных расстояниях (шагах) и попарно соединен-

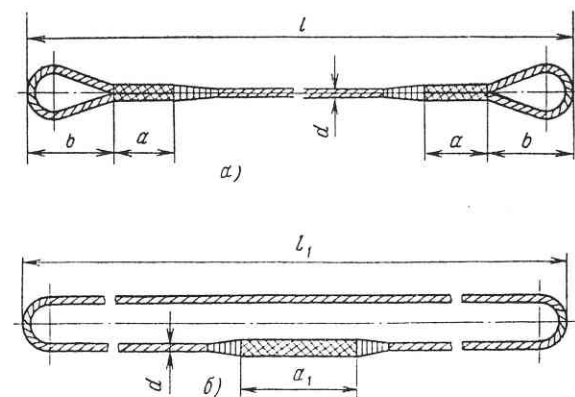


Рис. 6.1. Схемы стропов

ных стальными пластинами. Пластины крепят на шейках валиков развальцовкой или шплинтами.

При обвязке поднимаемого груза используют цепные стропы, которые служат дольше канатных, так как меньше изнашиваются от частых изгибов на острых гранях груза.

Расчет цепей проводят аналогично расчету стальных канатов с коэффициентом запаса прочности в зависимости от условий работы, равным 3–8.

При износе звеньев цепи, достигающем 10% первоначального диаметра, допускаемая нагрузка на цепь должна быть снижена на 25%, при износе более 25% первоначального диаметра цепь должна быть забракована.

При монтажных и ремонтных работах используются различные стропы – отрезки канатов или цепи, соединенные в кольца или снабженные подвесными и грузозахватными приспособлениями, которые обеспечивают быстрое, удобное и надежное закрепление грузов. Существует несколько разновидностей грузовых стропов: канатные (СК), цепные (СЦ) и универсальные канатные (УСК). По числу ветвей стропы разделяют на одно-, четырехветвевые и универсальные. Число ветвей стропа выбирают в зависимости от формы и массы поднимаемого груза, диаметра каната. Наибольшее распространение получили стропы двух типов – облегченные и универсальные (рис. 6.1).

Облегченные стропы (рис. 6.1, а) изготавливают из стального каната, на концах которого выполнены петли с коушами или присоединены крюки. Длина сплетки выбирается из соотношения $a = 20d$. В табл. 6.2 приведены размеры облегченных стропов.

Таблица 6.2. Размеры облегченных стропов, мм

Диаметр каната d	Длина сплетки a	Длина стропа l	Длина петли b	Общая длина заготовки
8,7	130	2000	350	3180
8,7	130	4000	350	5180
8,7	130	8000	350	9180
13	200	2000	400	3541
13	200	4000	400	5541
13	200	10 000	400	11 541
15,5	240	3000	500	4883
17,5	270	4000	600	6191
17,5	270	10 000	600	12 191

Таблица 6.3. Размеры универсальных стропов, мм

Диаметр каната d	Длина сплетки a_1	Длина стропа l_1	Общая длина заготовки
19,5	800	8000	16 800
19,5	800	10 000	20 800
22	900	8000	16 900
22	900	12 000	24 900
24	1000	8000	17 000
30,5	1250	10 000	21 300
30,5	1250	15 000	31 500

Универсальные стропы (рис. 6.1, б) выполняют в форме замкнутой петли длиной 5–15 м и применяют при строповке тяжеловесного оборудования, конструкций и трубопроводов. Длина сплетки выбирается из соотношения $a_1 = 40d$. Размеры универсальных стропов приведены в табл. 6.3.

При изготовлении стропов разового использования, а также для сращивания и закрепления концов канатов при завязке узлов применяются зажимы (рис. 6.2). Необходимое число зажимов и расстояние между ними в зависимости от диаметра каната представлены ниже:

Диаметр каната, мм ...	11,5	13,5	18	22,5	24,5	27	28,5	35
Число зажимов	3	3	4	4	4	5	5	6
Расстояние между зажимами, мм	80	100	120	140	150	180	200	230

Присоединяя два или более облегченных стропа к кольцу, подвешенному на крюк подъемного крана, получают грузозахватные при-

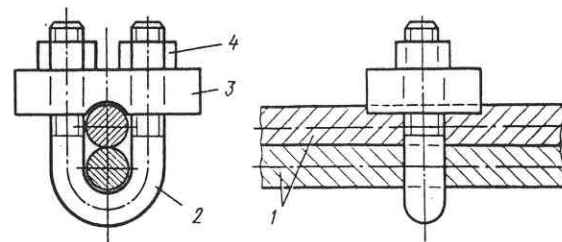


Рис. 6.2. Схемы зажима:
1 — канат; 2 — серга; 3 — планка; 4 — гайка

способления для разнообразных грузов. При монтаже обычно пользуются двух- и четырехветвевыми стропами.

При выборе стропов необходимо учитывать способ строповки. При строповке груза в несколько ветвей усилие в ветвях стропа зависит от угла их наклона: чем меньше угол наклона ветвей стропа к горизонту, тем больше действующее в нем усилие. Поэтому при такелажных работах не рекомендуется располагать ветви стропа под углом к

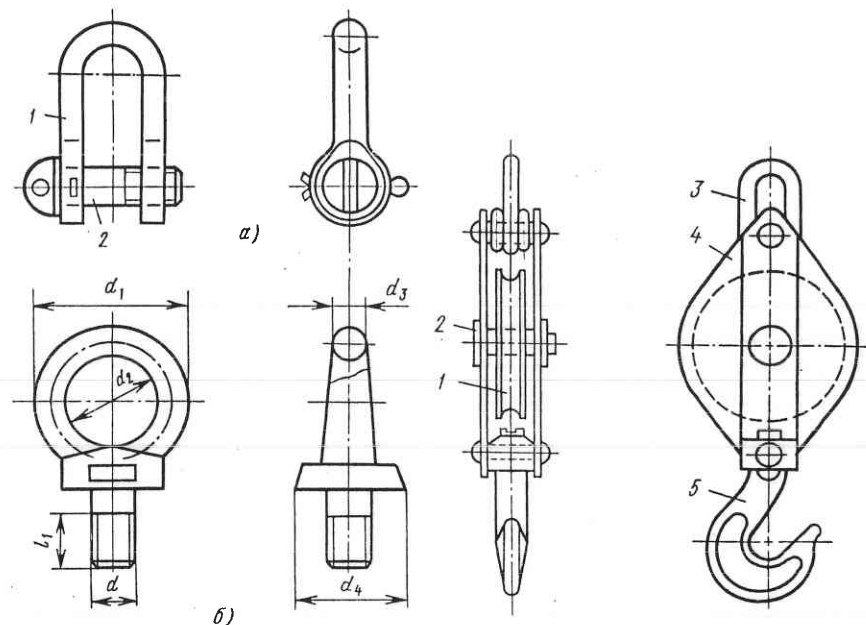


Рис. 6.3. Схемы такелажной скобы (а) и рым-болта (б):

1 — серга; 2 — соединительный болт

Рис. 6.4. Схема монтажного блока:

1 — ролик; 2 — ось; 3 — скоба; 4 — щека; 5 — крюк

Таблица 6.4. Основные размеры и грузоподъемность рым-болтов

d , мм	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	d_4 , мм	l_1 , мм, не менее	Грузоподъ- емность, кг
M8	36	20	8	20	12	120
M10	45	25	10	25	15	200
M12	54	30	12	30	19	300
M16	63	35	14	36	25	550
M20	72	40	16	40	29	850
M24	90	50	20	50	35	1250
M30	108	60	24	63	44	2000
M36	126	70	28	75	51	3000
M42	144	80	32	85	58	4000
M48	162	90	36	95	68	5000
M56	180	100	40	105	78	6200
M64	198	110	44	115	93	7500
M72	234	130	52	135	98	10 000
M80	270	150	60	160	108	14 000
M100	324	180	72	190	133	20 000

горизонту менее 30° . Для уменьшения нагрузки на ветви стропа их следует по возможности приблизить к вертикальному положению.

Для соединения стропов с грузом применяются скобы такелажные и рым-болты. Скобы такелажные (рис. 6.3, а) используются в качестве соединительных элементов при строповке грузов. Они состоят из серьги и соединительного болта.

Рым-болты (рис. 6.3, б) ввертываются в специальные резьбовые отверстия на узлах транспортируемого оборудования и используются для крепления стропов.

Основные размеры и грузоподъемность рым-болтов приведены в табл. 6.4.

К широко распространенным монтажным приспособлениям относятся монтажные блоки. Блок представляет собой простейший механизм, состоящий из одного или нескольких роликов. В зависимости от числа роликов монтажные блоки разделяют на однорольные и многорольные. Однорольный блок (рис. 6.4) состоит из ролика, который по периметру имеет канавку (ручей) для каната. Ось блока закреплена между двумя щеками. К щекам сверху крепится скоба для соединения со стропом, а снизу – крюк (петля) для подвески груза.

Однорольные блоки применяют обычно в качестве отводных, а также для подъема легких грузов, многорольные – для подъема тяжелых грузов. Монтажные блоки позволяют уменьшить силу, необхо-

димую для подъема или перемещения груза (блоки подъемные, грузовые), а также изменить направление движения каната (блоки отводные, направляющие). В многорольном блоке ролики отделяются один от другого щеками, все ролики вращаются на оси самостоятельно.

Наибольшее распространение при монтажных и ремонтных работах получили одно-, пятирольные блоки. Для подъема грузов массой 80 – 280 т применяют блоки, имеющие 6–11 роликов.

Размеры ручья ролика зависят от диаметра каната, проходящего через блок. Поэтому в характеристиках монтажных блоков помимо номера, грузоподъемности и сроков испытаний указывают диаметр каната.

Для подъема и перемещения тяжелых грузов применяют полиспаст – грузоподъемное устройство, состоящее из двух блоков, соединенных между собой канатом. С помощью полиспаста можно получить выигрыш в силе за счет проигрыша в скорости. Он состоит из подвижного блока, который крепят к поднимаемому грузу, и неподвижного. Оба блока соединяют между собой канатом, который, последовательно огибая все ролики блоков, одним концом крепят к одному из блоков. Другой его конец через отводные ролики направляется к барабану лебедки. Блоки полиспастов имеют грузовые крюки или серьги.

6.4. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ

Такелажные работы при ремонте крупных насосов являются сложными и ответственными ремонтными операциями. Проводить их могут только специально обученные рабочие, имеющие удостоверения стропальщика-зацепщика и допущенные к выполнению работ распоряжением по предприятию. Ремонт насосов в условиях действующей насосной станции требует особой осторожности при выполнении такелажных работ. Перемещение груза необходимо производить в стороне от других насосов.

При выполнении такелажных работ одной из ответственных операций является строповка груза. Способы строповки тяжеловесных узлов насосного агрегата должны быть указаны в проектах производства работ или в инструкциях завода-изготовителя. Стropовка валов, рабочих колес и камер, ротора и статора электродвигателя производится с помощью специальных захватных приспособлений.

Находящиеся в работе грузоподъемные машины и грузозахватные приспособления должны быть снабжены таблицами или бирками с

указанием регистрационного номера, грузоподъемности и даты испытаний. Грузоподъемные машины, съемные грузозахватные приспособления и тара, не прошедшие техническое освидетельствование, к работе не допускаются, они не должны находиться на местах производства работ.

Стропальщик должен знать массу поднимаемого груза и подбирать стропы, тросы или канаты соответствующей грузоподъемности, указанной на закрепленных на них бирках. При строповке груза под углом грузоподъемность стропа должна быть увеличена в зависимости от угла строповки в соответствии с расчетной таблицей, которая приводится в инструкции стропальщика и выдается ему на руки. Строповка с углом между ветвями стропа более 90° не допускается.

При обвязке груза стропы следует накладывать на основной его массив или подвешивать груз за специальные рымы и петли. Обвязка груза стропами должна исключать возможность выпадения груза или части его и обеспечивать устойчивое положение груза при его перемещении. Стропы следует накладывать без узлов и петель, под острые ребра груза необходимо подкладывать деревянные или металлические подкладки, предохраняющие канат от повреждений.

Крюк подъемного механизма необходимо располагать над центром тяжести поднимаемого груза, а при подвешивании груза за двурогий крюк стропы укладывают так, чтобы нагрузка распределялась на оба крюка равномерно.

Перед подъемом груза стропальщик должен убедиться в том, что: он не удерживается фундаментными болтами; не засыпан землей; на нем нет незакрепленных предметов, деталей и инструмента или других предметов; он не может во время подъема за что-нибудь зацепиться; возле него отсутствуют люди.

Команды крановщику могут подаваться только стропальщиком или руководителем работ с помощью знаковой сигнализации.

Перед подъемом или перемещением груза его следует поднять на высоту 200–300 мм и проверить равномерность натяжения ветвей стропов, надежность строповки и исправность тормозных устройств подъемного механизма.

Стропальщику разрешается находиться сбоку или сзади перемещаемого груза, а в узких проходах — только сзади.

Детали агрегата после перемещения следует устанавливать на деревянные подкладки или специальные подставки.

Для разворота, а также предотвращения самопроизвольного разворота длинномерных и громоздких грузов во время их подъема или перемещения необходимо применять специальные оттяжки.

Расстроповку груза можно производить только в том случае, когда он надежно закреплен на предназначенном для его установки месте или прикреплен расчалками к прочным конструкциям.

При выполнении такелажных работ запрещается: поднимать и перемещать грузы, масса которых не известна; поднимать грузы, масса которых превышает грузоподъемность подъемных механизмов и такелажных приспособлений; при строповке грузов делать узлы, петли и перекрутки стропов и канатов; делать перерывы при подъеме груза, оставляя его на весу; оставлять на другой день начатую работу по закреплению поднятых деталей оборудования или передавать ее другой смене; производить косое натяжение краном или отрывать застрявшие детали; находиться в зоне такелажных работ посторонним лицам.

Глава седьмая

РАЗБОРКА И ДЕФЕКТАЦИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

7.1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Полная разборка насосного агрегата производится во время капитального ремонта. Перед началом ремонта устраивается рабочая площадка вблизи ремонтируемого насосного агрегата. На рабочее место доставляют необходимый инструмент, специальные станки и приспособления, средства механизации, запасные части и материалы. К месту работ подводят от компрессора сжатый воздух, устанавливают дополнительное освещение, подводят ацетилен и кислород для проведения газовой сварки, доставляют электросварочное оборудование. Для обтирочного материала, хранения инструмента и снятых крепежных деталей подготавливают и устанавливают специальные ящики. Кроме того, принимают меры для безопасного проведения ремонтных работ. Подготавливают настилы для перекрытия горловины всасывающей трубы и лопаточного пространства выправляющего аппарата, а также деревянные прокладки, резиновые и картонные подстилки для демонтируемых узлов и деталей.

Перед разборкой агрегата отыскивают метки на сопрягаемых деталях, которые дают возможность правильно собрать узел после ремонта. При их отсутствии производят маркировку на наружных нерабочих поверхностях методом кернения или нанесения маслобензостойкой, быстро высыхающей на воздухе краски.

Маркировка должна однозначно определять либо порядковый номер детали, либо ее положение относительно базовой.

При маркировке римскими цифрами обозначают номер агрегата, буквой Д – детали электродвигателя, буквой Н – детали насоса, арабскими цифрами – демонтируемые узлы и детали.

Электрические разъединения, провода, кабели маркируют бирками с цифрами. Соединяемые концы обозначают одними и теми же цифрами. Бирки изготовляют из жести или плотного картона и надежно прикрепляют к соответствующим концам проводов.

Все контрольные шпильки и припасованные болты маркируют по месту установки. Если крепежные детали необходимо подбирать по массе для соблюдения баланса, то маркируют как болты, так и установленные на них гайки.

Перед разборкой корпусных деталей на них намечают засеченные реперы: кернят точки на фундаменте и на снимаемой детали, измеряя расстояние между ними шаблоном из проволоки, что облегчает центровку и точную установку деталей на прежнее место после ремонта.

Если на разъеме имеются прокладки, то измеряют их толщину и фиксируют марку материала, из которого они изготовлены. Под лапы двигателей, насосов и крестовин устанавливают несколько металлических прокладок, которые служат для центровки и выравнивания. При их разборке измеряют суммарную толщину прокладок под каждой лапой, прокладки связывают отдельно и снабжают биркой с маркировкой места установки.

Одинаковым по форме съемным деталям при маркировке присваивают порядковый номер от выбранной точки отсчета относительно поперечной или продольной оси насосного агрегата.

7.2. ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗОРОВ И ЗАПОЛНЕНИЕ РЕМОНТНЫХ ФОРМУЛЯРОВ

В процессе разборки насосного агрегата производят измерение зазоров между базовыми и вращающимися деталями и их относительными положениями. Результаты измерений заносят в формуляры в графу "До ремонта". Анализ результатов измерений позволяет оценить техническое состояние сборочных единиц и определить необходимость выполнения тех или иных ремонтных операций.

Измерение зазоров производят пластинчатыми или клиновыми щупами, для измерения относительных положений используют масштабные линейки, угольники, штангенциркули, нутромеры, индикаторы. Линию вала проверяют индикаторами часового типа при повороте ротора.

В процессе демонтажа электродвигателя производят измерения воздушных зазоров между статором и ротором, между воздухоразделяющими щитами и вентилятором, между сегментами и шейкой вала

Таблица 7.1. Формуляр измерения зазоров между ротором и статором электродвигателя

Номер полюса	Измеряемая величина, мм						
	P_B	P_H	$P_{cp} = \frac{P_B + P_H}{2}$	ψ_B	ψ_H	А Б	В Г
1							
2							
3							
4							
...							
n							
Среднее значение	$P_{cp} = \Sigma P_{cp} / n$						
Допустимое значение	$P = (+0,05 P_{ном}) + (-0,1 P_{ном})$ $P_{макс} = \pm 0,05 P_{cp}$			$\psi_{B, cp} = 25 \div 35$	$\psi_{H, cp} = 15 \div 20$	$(A_{cp} - B_{cp}) - (B_{cp} - Г_{cp}) \leq 3$	

в верхнем и нижнем направляющих подшипниках, а также проверку совпадения магнитных осей статора и ротора. Результаты измерений заносят в формуляры (табл. 7.1 и 7.2).

Измерение воздушного зазора между статором и ротором производят между зубцом активной стали и серединой шихтованной части каждого полюса у синхронного двигателя или сердечником ротора у асинхронного вверху (зазор P_B) и внизу (зазор P_H) статора (рис. 7.1). Средний зазор под всеми полюсами P_{cp} (среднеарифметическое значение) не должен отличаться от номинального более чем на +5 и -10%, а максимальное отклонение зазора на отдельных полюсах от среднего значения не должно превышать $\pm 5\%$. Номинальное значение зазора определяется из соотношения

$$P_{ном} = \frac{D_{стат} - D_{рот}}{2},$$

где $P_{ном}$ – номинальный зазор между статором и ротором, мм; $D_{стат}$ –

Таблица 7.2. Формуляр измерения зазоров в сегментном подшипнике

Номер сегмента	Значение зазора, мм	
	с	допустимое
1		Не более 0,15
2		
3		
4		
5		
6		

фактический внутренний диаметр статора, мм; $D_{\text{рот}}$ — фактический наружный диаметр ротора, мм. Значение $L_{\text{ном}}$ также заносят в формуляр.

Проверку совпадения магнитных осей статора и ротора производят измерением расстояний на каждом полюсе от внешней плоскости сегментов демпферной обмотки до шихтованной части сердечника статора (А и Б) и полюсов (В и Г). Несовпадение магнитных осей определяется по разности средних значений всех измерений и должно быть не более 3 мм, т.е.

$$(A_{\text{ср}} - B_{\text{ср}}) - (B_{\text{ср}} - G_{\text{ср}}) \leq 3 \text{ мм.}$$

Зазоры между воздухораспределительными щитами и вентиляторами ротора измеряются по их выступающим частям. По условиям вентиляции зазоры между нижним щитом и вентилятором $\omega_{\text{н}}$ должны

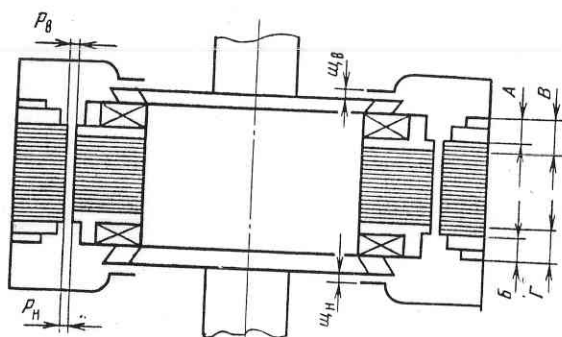
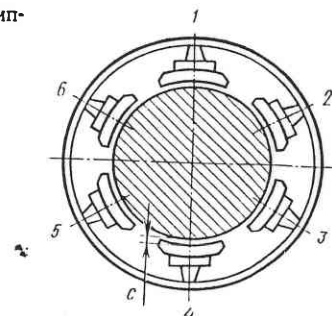


Рис. 7.1. Схема измерения зазоров между ротором и статором электродвигателя

Рис. 7.2. Схема измерения зазоров в сегментном подшипнике:

1 — 6 — номера сегментов



быть в пределах 15–20 мм, а между верхним щитом и вентилятором $\omega_{\text{в}}$ — в пределах 25–35 мм.

Зазоры между сегментами направляющего подшипника и шейкой вала (рис. 7.2) измеряют по всей рабочей поверхности двух диаметрально противоположных сегментов или между сухарем сегмента и гнездом направляющего подшипника. Зазоры измеряют в трех-четырёх точках верхней части сегмента и в двух-трех точках его боковых частей. Значение зазора с между каждым сегментом и шейкой вала должно находиться в пределах 0,12–0,15 мм, а в тихоходных двигателях мощностью свыше 8000 кВт допускается значение зазора до 0,2 мм.

При разборке осевого насоса производят измерения зазоров между каждой лопастью и камерой рабочего колеса, а также между вкладышами и шейкой вала в верхнем и нижнем направляющих подшипниках. Результаты измерений заносят в формуляры (табл. 7.3 и 7.4).

Таблица 7.3. Формуляр измерения зазоров между лопастью и камерой рабочего колеса осевого насоса

Номер лопасти	Значение зазора, мм			
	$a_{\text{вх}}$	$a_{\text{ср}}$	$a_{\text{вых}}$	допустимое
1				Не более 0,001D
2				
3				
4				
5				
6				

Таблица 7.4. Формуляр измерения зазоров в кольцевом подшипнике

Место измерения	Значение зазора, мм	
	с	допустимое
ВБ		Не более 0,2
НБ		
ЛБ		
ПБ		

Зазоры между лопастями и расточкой камеры рабочего колеса (рис. 7.3) измеряют при наибольшем угле установки лопастей по всей длине наружного профиля лопасти. В формуляр заносят значение зазоров, измеренных в середине $a_{ср}$, у входной $a_{вх}$ и выходной $a_{вых}$ кромок лопасти. Допустимое значение зазора не должно превышать 0,1% наружного диаметра рабочего колеса. Несимметричность зазоров не допускается более 10% значения одностороннего зазора.

Зазоры между вкладышами кольцевого направляющего подшипника и шейкой вала (рис. 7.4) измеряют в направлениях: нижний бьеф (НБ) – верхний бьеф (ВБ) и левый берег (ЛБ) – правый берег (ПБ). Допустимое значение одностороннего зазора для подшипников с лигнофолиевыми вкладышами не должно превышать 0,15 мм, а для подшипников с резиновыми вкладышами – 0,2 мм.

При разборке центробежного насоса производят измерение зазоров в щелевом уплотнении рабочего колеса, между языком спирали и наружным диаметром рабочего колеса, а также в направляющем подшипнике.

Измерение зазоров между уплотнительным и защитным кольцами щелевого уплотнения рабочего колеса производится в четырех точках в направлениях нижний бьеф – верхний бьеф и левый берег – правый берег. Зазоры в нижнем щелевом уплотнении измеряют через люк в проставке всасывающей трубы. В насосе, оборудованном верхним щелевым уплотнением, измерение зазоров осуществляется через смотровые люки в крышке насоса. Зазоры в щелевом уплотнении не должны превышать допустимого значения, определяемого из соотношения

$$a = 0,001 D_y,$$

где a – зазор в щелевом уплотнении, мм; D_y – диаметр уплотнения, мм.

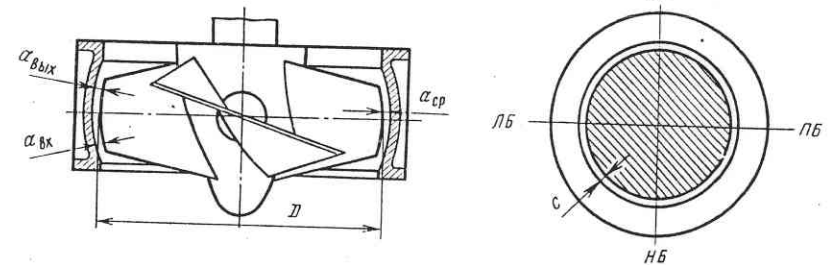


Рис. 7.3. Схема измерения зазоров между лопастями и камерой рабочего колеса осевого насоса

Рис. 7.4. Схема измерения зазоров в кольцевом подшипнике

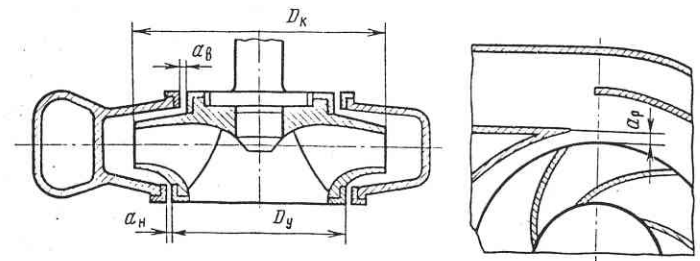


Рис. 7.5. Схема измерения зазоров между рабочим колесом и корпусом центробежного насоса

Таблица 7.5. Формуляр измерения зазоров между рабочим колесом и корпусом центробежного насоса

Место измерения	Значение зазора, мм		
	a_n	a_v	a_p
ВБ			
НБ			
ЛБ			
ПБ			
Допустимое значение, не более	$0,001 D_y$	$0,025 D_k$	

Допустимое значение зазора между языком спирали и наружным диаметром рабочего колеса определяется из соотношения

$$a_p = 0,025D_k,$$

где a_p — зазор между языком спирали и рабочим колесом, мм; D_k — диаметр рабочего колеса, мм.

Результаты измерений зазоров между рабочим колесом и корпусом центробежного насоса (рис. 7.5) заносят в формуляр (табл. 7.5).

В центробежном насосе, оборудованном сегментным или кольцевым направляющим подшипником, измерение зазоров производится так же, как и в осевом насосе, а результаты измерений заносятся в соответствующие формуляры (табл. 7.2, 7.4).

После демонтажа нижнего направляющего подшипника электродвигателя, уплотнений и направляющих подшипников насоса производится проверка общей линии вала насосного агрегата (см. гл. 14).

7.3. РАЗБОРКА НАСОСНОГО АГРЕГАТА

После выполнения подготовительных работ и осушения проточной части производится разборка электродвигателя и насоса. Последовательность разборки насосного агрегата определяется его конструкцией и указывается в инструкциях заводов-изготовителей электродвигателей и насосов, а также в ремонтной документации, разработанной для конкретного вида ремонта. Правила строповки, требования к стропам, угол между ветвями стропов, требования к съемным грузозахватным приспособлениям и временным опорам, подъем и перемещение этих деталей, размещение и складирование деталей должны обеспечивать безопасность разборки и целостность разбираемых деталей и сборочных единиц.

Перед разборкой электродвигателя сливают масло из верхней и нижней маслоямы, отсоединяют электрические цепи, демонтируют контрольно-измерительные приборы и трубопроводы систем маслообеспечения и технического водоснабжения. Затем демонтируют электрогидравлический привод механизма разворота лопастей (в осевых насосах типа ОПВ-185ЭГ и ОПВ-260ЭГ) и машинный возбудитель, включающий траверсу щеткодержателей, контактные кольца, якорь и токопривод (у электродвигателей с машинным возбудителем).

Далее разборку ведут в следующей последовательности:

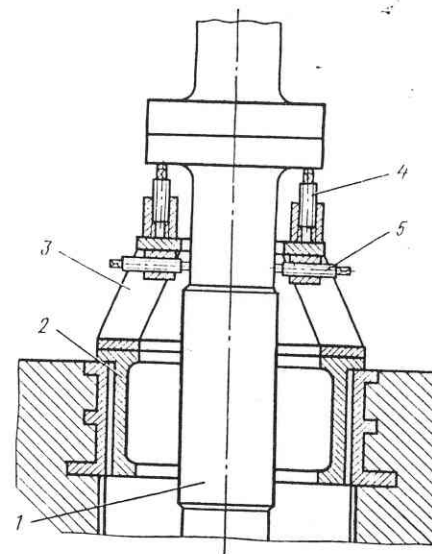
снимают верхние и нижние щиты перекрытий;

снимают верхние и нижние воздухоразделяющие щиты статора;

демонтируют маслоохладители и воздухоохладители;

Рис. 7.6. Приспособление для установки ротора:

1 — вал насоса; 2 — горловина насоса; 3 — стойка; 4 — винт вертикального подъема; 5 — винт горизонтального перемещения



разбирают верхний и нижний направляющие подшипники;

в осевых насосных агрегатах под верхний фланец насоса помещают приспособление для установки ротора (рис. 7.6) и проводят винты вертикального подъема до соприкосновения с фланцем;

в центробежных насосных агрегатах закрепляют на нижнем фланце корпуса насоса приспособление для установки ротора, состоящее из четырех пластин с отжимными болтами, вывернутыми до соприкосновения с торцом рабочего колеса;

распаривают валы электродвигателя и насоса, используя для откручивания гаек призонных болтов специальный гидравлический ключ (рис. 7.7), состоящий из опоры, накидного ключа и гидроцилиндра, соединенного трубопроводами с маслonaпорной установкой;

проверяют плотность прилегания запорного кольца к торцу втулки подпятника и кольцевой выточке вала с помощью щупа толщиной 0,03 мм, который должен "закусывать" по всему периметру кольца;

устанавливают на торец вала приспособление для монтажа и демонтажа втулки подпятника (рис. 7.8);

снимают запорное кольцо и в случае плотной посадки втулки подпятника на вал для нагрева индукционным способом наматывают на нее через асбестовую прокладку 25–30 витков изолированного провода с площадью сечения не менее 50 мм² и подключают его к сварочному трансформатору;

нагревают токoм силой не более 200 А в течение 1–1,5 ч до температуры, не превышающей 150 °С, и выпрессовывают втулку подпятника;

демонтируют подпятник и верхнюю крестовину;

устанавливают в четырех диаметрально противоположных местах между статором и ротором картонные прокладки толщиной 5–6 мм;

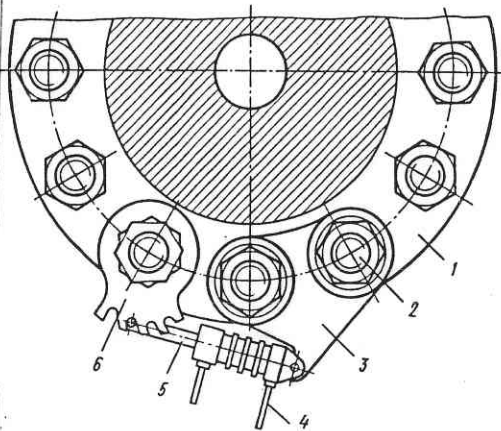


Рис. 7.7. Гидравлический ключ:

1, 2 — фланцевое и болтовое соединения валов; 3 — опора; 4 — маслопровод; 5 — гидроцилиндр; 6 — накидной ключ

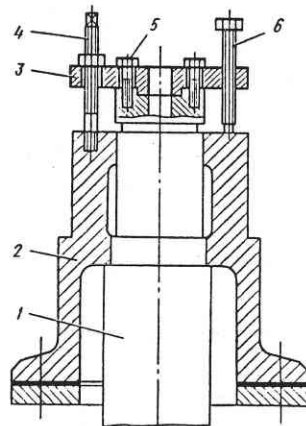


Рис. 7.8. Приспособление для монтажа и демонтажа втулки подпятника:

1 — вал; 2 — втулка подпятника; 3 — упорный диск; 4 — шпилька; 5 — болт; 6 — отжимной болт

устанавливают на вал хомут, осторожно мостовым краном выводят ротор из расточки статора и устанавливают его на специальную подставку;

отсоединяют нижнюю крестовину от статора, снимают статор и устанавливают его на ремонтной площадке;

при необходимости демонтируют нижнюю крестовину.

Разборку осевого насоса (см. рис. 2.2) производят в следующей последовательности:

открывают люк на диффузоре;

демонтируют сальниковое уплотнение, переходной конус и камеру рабочего колеса;

на горловину всасывающей трубы устанавливают и закрепляют на ней рельсовый путь с механизированной монтажно-транспортной тележкой (рис. 7.9), состоящей из рамы, на которой закреплены поворотная платформа, четыре поворотных ходовых колеса, маслonaпорная установка и четыре гидроцилиндра;

демонтируют обтекатель выправляющего аппарата, уплотнения вала и направляющие подшипники;

демонтируют верхний и нижний обтекатели рабочего колеса;

по рельсовому пути подают монтажно-транспортную тележку под рабочее колесо, поднимают ее гидроцилиндрами до касания с рабо-

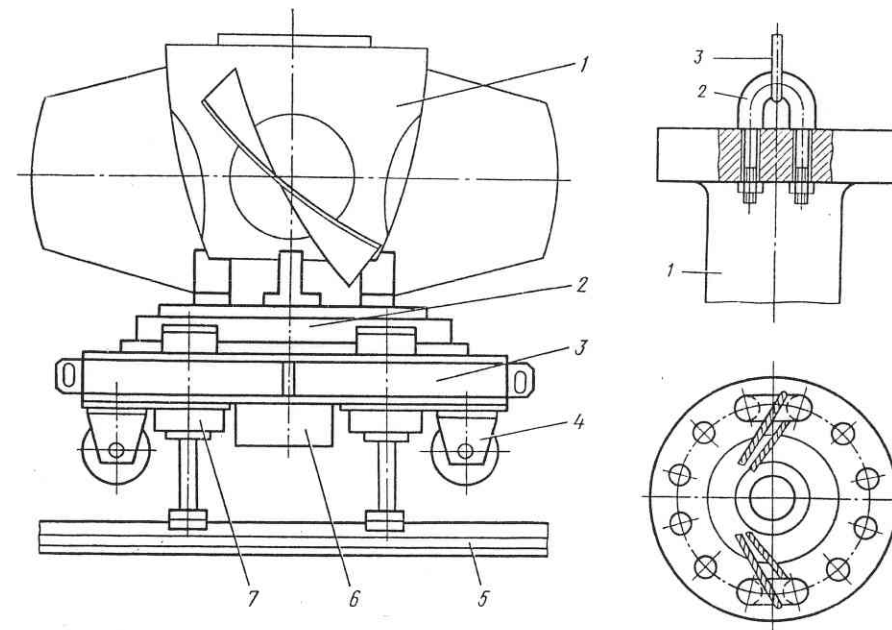


Рис. 7.9. Монтажно-транспортная тележка:

1 — рабочее колесо; 2 — поворотная платформа; 3 — рама; 4 — колесо ходовое; 5 — рельсовый путь; 6 — маслonaпорная установка; 7 — гидроцилиндр

Рис. 7.10. Приспособление для подъема вала:

1 — вал; 2 — скоба; 3 — трос

чим колесом, отсоединяют его от вала, опускают вместе с тележкой на рельсовый путь, транспортируют лебедкой до грузового проема, а затем мостовым краном транспортируют рабочее колесо на ремонтную площадку;

закрепляют на верхнем фланце вала приспособление для его подъема (рис. 7.10), мостовым краном поднимают и транспортируют вал на место для его хранения в вертикальном положении;

демонтируют (при необходимости) выправляющий аппарат.

При разборке центробежного насоса (см. рис. 3.2) перед установкой приспособления для установки ротора насоса производят демонтаж сальникового уплотнения проставка всасывающей трубы и самого проставка. Затем демонтируют вал-проставок, служебные трубопроводы, направляющий подшипник, уплотнение вала и крышку корпуса насоса. Заключительной операцией является демонтаж вала насоса, рабочего колеса и деталей щелевого уплотнения.

7.4. ОЧИСТКА И МОЙКА

Очистка и мойка деталей – обязательная операция технологического процесса ремонта. Тщательная очистка и мойка позволяют более надежно и точно проводить дефектацию деталей. Очистка и мойка – это процесс удаления с поверхностей деталей пылегрязевых, маслогрязевых и солевых отложений, продуктов коррозии и износа. Удаляют загрязнения механической и струйной очисткой, а также погружением в моющую среду.

От грубых загрязнений (наносов ила, отложений солей, коррозии) детали насоса очищают скребками, механизированными щетками и струей воды. Очистку деталей электродвигателя от пыли и грязи производят деревянными скребками и сухим сжатым воздухом при давлении 0,6 МПа.

При очистке наружных поверхностей особенно тщательно очищают металлическими щетками места возможных концентраций напряжений, подготавливая их для осмотра и дефектоскопии.

Струйная очистка деталей – наиболее эффективный и широко применяемый в ремонтном производстве способ, при котором на слой загрязнения кроме физико-химического действия моющей жидкости оказывает влияние энергия удара струи жидкости. Струйная очистка осуществляется в моечных машинах периодического и непрерывного действия. Машины периодического действия, как правило, однокамерные, а непрерывного – одно-, трехкамерные.

На крупных предприятиях широко используются двухкамерные моечные машины непрерывного действия. В первой камере осуществляется мойка раствором, а во второй – горячей водой. Душевое устройство выполнено в виде коллектора с насадками, в который моющий раствор и горячая вода подаются насосами из баков с обогревающим устройством. Промываемые детали перемещаются в машине пластинчатым конвейером со скоростью 0,2–1,3 м/мин.

При очистке погружением очищаемые детали укладывают в наполненные моющим раствором ванны различных конструкций и выдерживают в них определенное время. Для ручной мойки размер ванны должен быть не менее 3 × 3 × 0,6 м. Ванна должна иметь спускное устройство для периодического слива и очистки от грязи отработанного моющего раствора, а также закрываться после окончания процесса мойки.

Для ускорения процесса сушки и удаления остатков моющей жидкости из труднодоступных мест детали продувают сухим сжатым воздухом.

Таблица 7.6. Состав синтетических моющих средств, %

Компонент	Марка СМС			
	МЛ-51	МЛ-52	МС-8	лабамид-101
Сода кальцинированная	44	50	38	50
Триполифосфат натрия	34,5	30	25	30
Метасиликат натрия	—	—	29	16,5
Жидкое стекло	20	10	—	—
Смачиватель марки ДБ	1,5	8,2	—	—
Сульфонал	—	1,8	—	—
Синтонал марки ДС-10	—	—	—	3,5
Синтамид-5	—	—	8	—

В качестве моющих средств наибольшее распространение получили моющие жидкости на основе синтетических моющих средств (СМС), которые обладают высокими поверхностно-активными свойствами, хорошей растворяющей способностью, малой токсичностью и допускают многократное использование моющей жидкости. Состав синтетических моющих средств приведен в табл. 7.6.

Моющие средства марок МЛ-51, МС-8 и лабамид-101 предназначены для применения в струйных моечных машинах, так как обладают умеренным пенообразованием. Массовая доля их при температуре воды 75–95 °С составляет 16–26 г/л.

Препарат марки МС-8 относится к универсальным моющим средствам. Его можно применять как для струйной очистки, так и для очистки деталей погружением в ванны. Моющая способность и срок службы этого препарата выше, чем у других СМС.

Все СМС не вызывают коррозии, могут применяться для очистки деталей, изготовленных из любых металлов, включая цветные сплавы, и обладают высокой моющей способностью при температуре не ниже 75 °С. При температуре до 60 °С моющая способность СМС уменьшается в 2–3 раза. При непродолжительном хранении (10–15 дней) детали после мойки с применением СМС не требуют антикоррозионной обработки.

Для подшипников качения с наружными диаметрами до 400 мм, деталей гидро- и пневмоаппаратуры, болтов и гаек рекомендуется механическая очистка в ультразвуковых моечных ваннах типа УЗВ. Преимущество последних заключается в том, что за счет действия ультразвуковых колебаний загрязнения удаляются из всех труднодоступных мест детали. В этом случае в качестве моющих средств

применяют уайт-спириты, бензин (для подшипников) и СМС (для деталей гидро- и пневмоаппаратуры).

Удаление старой краски производят щелочными растворами или соответствующими растворителями.

7.5. ДЕФЕКТАЦИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

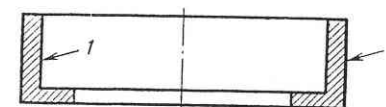
Дефектация необходима для оценки технического состояния деталей и определения их пригодности к дальнейшему использованию. При дефектации руководствуются техническими требованиями, которые составляются для каждой детали в виде карт (табл. 7.7). В карте приводятся эскиз детали с указанием материала, мест расположения возможных дефектов и способы их обнаружения, номинальные и допустимые размеры, рекомендуемые способы устранения дефектов. Возможные дефекты, способы их обнаружения и устранения записываются в карту на основе опыта практической работы и научных разработок по оптимизации технологических процессов восстановления деталей.

Способы выявления дефектов деталей, используемые на ремонтных предприятиях, подразделяются на две разновидности – визуальные и измерительные. Все дефекты деталей, для обнаружения которых не требуется производить измерения или разрушать деталь, обычно обнаруживаются простым осмотром – визуально. К таким дефектам относятся видимые трещины, излом, пробоины, коррозия, вмятины, деформация, нарушение герметичности и др.

Контроль с помощью измерений применяется для получения количественной оценки отклонений параметров формы и относительного положения поверхностей детали, скрытых дефектов и изменения свойств материала деталей. Контроль размеров и геометрической формы рабочих поверхностей деталей производят универсальным инструментом (штангенциркулями, штангенрейсмусами, микрометрами, нутромерами, индикаторами и др.), специальными калибрами (скобами, шаблонами, пробками) и измерительными приспособлениями.

Выявление скрытых дефектов основано на использовании следующих методов: капиллярного, магнитного, ультразвукового и люминесцентного. Сущность капиллярного метода заключается в том, что жидкость, нанесенная на поверхность с не видимой глазом трещиной, проникает в толщину так, что после очистки поверхности и нанесения на нее проявляющего вещества дефект обнаруживается визуально по следу жидкости. В простейшем случае проникающей жидкостью является керосин, а проявляющим веществом – мел. Этот метод позволяет обнаружить трещину, ширина которой не менее 20 мкм.

Таблица 7.7 Карта технических требований



Деталь: Кольцо защитное
Обозначение: Г – 38 675
Материал: сталь 35ХНМФЛ
Твердость: HB ≤ 400

Номер позиции на эскизе	Возможный дефект	Способ установления дефекта и контрольный инструмент	Размер, мм		Рекомендуемый способ восстановления
			по рабочему чертежу	допустимый без ремонта	
1	Износ поверхности под ступицу рабочего колеса	Измерение. Нутромер марки НМ-2500	φ1900 +0,23 0	φ1900 +0,37 0	Расточки до ремонтного размера φ1905 +0,23 0
2	Гидроабразивный износ под кольцо уплотняющее	Измерение. Штангенциркуль, шуп	φ2000 -2,5 -3,0	φ1997 0 -0,5	Наплавка в среде CO ₂ и проточка в сборе с рабочим колесом

При магнитном методе контроля деталь сначала намагничивают. Магнитные силовые линии, проходя через деталь и встречая на своем пути дефект (трещину, раковину), огибают его как препятствие с малой магнитной проницаемостью. При этом над дефектом образуется поле рассеивания магнитных силовых линий, а на краях трещины – магнитные полюсы. Нанесенный на поверхность детали ферромагнитный порошок притягивается краями трещины, четко обрисовывая ее границы. Магнитный порошок представляет собой суспензию, состоящую из смеси керосина, трансформаторного масла и ферромагнитного порошка (оксида железа).

Магнитный метод применяют для выявления трещин шириной до 1 мкм в деталях из ферромагнитных материалов (из стали, чугуна).

Ультразвуковой метод обнаружения скрытых дефектов основан на свойстве ультразвука проходить через металлические изделия и отражаться от границы раздела двух сред, в том числе и от дефекта. В зависимости от способа приема сигнала от дефекта различают два метода ультразвуковой дефектоскопии – метод просвечивания и импульсный метод.

Метод просвечивания основан на появлении звуковой тени за дефектом. В этом случае излучатель ультразвуковых колебаний нахо-

дится по одну сторону контролируемой детали, а приемник — по другую. Если деталь не имеет дефекта, то ультразвуковые колебания, возбуждаемые ультразвуковым генератором, достигают приемника и после преобразования в электрические импульсы и усиления в усилителе попадают в индикатор регистрирующего прибора, стрелка которого отклоняется. Если же на пути ультразвуковых колебаний встречается дефект, то посланные излучателем ультразвуковые волны отражаются от дефекта и не попадают в приемник, так как он будет находиться в звуковой тени. Стрелка индикатора не отклоняется от нулевого положения.

Метод просвечивания можно применять только при контроле деталей небольшой толщины, имеющих двухсторонний доступ к контролируемым поверхностям.

При контроле детали ультразвуковым дефектоскопом, основанном на импульсном методе, к ее поверхности подводят излучатель ультразвуковых колебаний, который одновременно может быть приемником. Если дефекта в детали нет, то ультразвуковые колебания, возбуждаемые генератором, отразившись от противоположной стороны детали, возвращаются обратно и возбуждают электрический сигнал в приемнике. После усиления и развертки сигнала на экране электронно-лучевой трубки будут видны два всплеска от излученного и отраженного от противоположной стенки импульсов. Если в детали имеется дефект, то ультразвуковые колебания отражаются от дефекта и на экране появляется промежуточный всплеск. Этот метод обладает высокой чувствительностью и применяется при обнаружении внутренних дефектов в деталях большой толщины, а также в труднодоступных местах.

Люминесцентный метод основан на свойстве некоторых веществ светиться при облучении их ультразвуковыми лучами.

При данном методе контроля деталь сначала погружают в ванну с флуоресцирующей жидкостью, в качестве которой применяют смесь, состоящую из 50% керосина, 25% бензина и 25% трансформаторного масла с добавкой флуоресцирующего красителя (дефектоля) или эмульгатора. Затем деталь промывают водой, просушивают струей теплого воздуха и покрывают тонким слоем силикагеля, который вытягивает флуоресцирующую жидкость из трещины на поверхность детали. При облучении детали ультрафиолетовыми лучами порошок силикагеля, пропитанный флуоресцирующей жидкостью, будет ярко светиться, определяя границы трещины. Этот метод применяют для выявления поверхностных трещин шириной более 10 мкм в деталях, изготовленных из цветных металлов и неметаллических материалов,

так как в данном случае контроль другими способами менее эффективен или невозможен.

После того как установлено техническое состояние деталей, их сортируют на три группы.

К первой группе относят годные детали, размеры которых лежат в пределах допустимых значений. Их отправляют на сборку или склад готовых деталей.

Ко второй группе относят подлежащие ремонту детали, износ и повреждения которых могут быть устранены. Их отправляют на соответствующие участки восстановления или на склад деталей, ожидающих ремонта.

К третьей группе относят детали негодные, восстановить которые невозможно или экономически нецелесообразно. Их отправляют на склад металлолома.

Для того чтобы не смешивать детали различных групп годности, их маркируют краской: годные — обычно зеленой или желтой; подлежащие ремонту — белой или синей; негодные — красной.

Глава восьмая

РЕМОНТ РАБОЧИХ КОЛЕС ОСЕВЫХ НАСОСОВ

8.1. ИЗНОС И ПОВРЕЖДЕНИЯ

Опыт эксплуатации крупных насосов, перекачивающих жидкости с абразивными частицами, показал, что детали проточной части подвергаются интенсивному гидроабразивному и кавитационному изнашиванию.

Абразивное изнашивание материала происходит в результате механического воздействия на него (резания или царапания) твердых частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. При этом с изнашиваемой поверхности удаляется материал либо в виде очень тонкой стружки, либо в виде фрагментов, предварительно выдавленных из деформированной царапины, либо в виде дисперсных частиц, хрупко отделяющихся при однократном или многократном воздействии.

Гидроабразивное изнашивание является разновидностью абразивного изнашивания, когда износ происходит при совместном воздействии на материал детали твердых абразивных частиц и потока воды, несущего эти частицы.

Кавитация представляет собой сложное физическое явление, характеризующееся появлением в потоке пустот (каверн) в результате

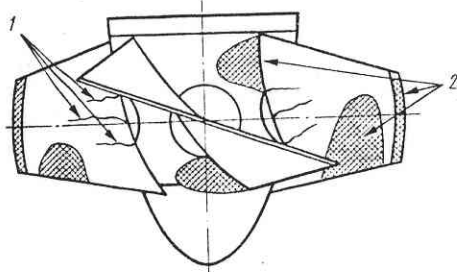


Рис. 8.1. Износ осевого рабочего колеса:
1 — трещины; 2 — гидраври-
зменный и кавитационный износ

уменьшения местного давления ниже давления водяных паров при данной температуре. При перенесении пузырьков, насыщающих кавитационную каверну, в зону повышенных давлений содержащийся в них пар мгновенно конденсируется и окружающая жидкость с большой скоростью заполняет освободившийся объем. При упругом сжатии пузырьков происходит чередование больших давлений и последующих разрежений, вызывающих колебание частиц окружающей жидкости со звуковой и ультразвуковой частотами (микроудары). Воздействуя на детали проточной части насоса, эти колебания вызывают разрушение их поверхности.

Кроме механического воздействия кавитации на разрушение металла оказывают влияние химическое воздействие, обусловленное высокой активностью кислорода воздуха в момент выделения его из воды, и процессы электромеханической коррозии.

Кавитацию, которой подвергаются насосы, можно подразделить на следующие виды: профильную, происходящую при обтекании потоком рабочего колеса за счет общего понижения давления до давления парообразования на стороне разрежения; щелевую, возникающую в результате больших скоростей в зазорах между вращающимися и неподвижными деталями; местную (срывную), протекающую за счет местного понижения давления.

Суммарное воздействие всех этих факторов вызывает интенсивный износ и разрушение элементов проточной части насосов, особенно рабочих колес.

На рис. 8.1 показаны характерные повреждения лопастей и втулки рабочего колеса осевого насоса. Наиболее интенсивному разрушению в лопастях подвержены периферийные кромки в зазоре между лопастью и камерой рабочего колеса и поверхность пера лопасти, особенно с тыльной стороны, ближе к периферии. Во втулке наиболее интенсивно изнашивается поверхность в зоне зазоров с торцевой частью пера лопасти со стороны входной и выходной кромок.

При длительной эксплуатации насосов возникают трещины в лопастях из-за работ с повышенной вибрацией и в нерасчетных режимах, плохого качества материала, а также усталости металла. Трещины чаще всего возникают в гантельном переходе от фланца к перу лопасти и в углах пересечения периферийной и входной кромок, что является причиной поломки и отрыва лопастей.

В поворотно-лопастных рабочих колесах наблюдается утечка масла из внутренней полости за счет нарушения герметичности и износа сопрягаемых деталей механизма разворота лопастей, приводящего к появлению люфтов и "качке" лопастей относительно втулки.

Одним из наиболее распространенных дефектов рабочего колеса является нарушение статической балансировки из-за неравномерного износа и утери балансирующего груза.

8.2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ

При небольших повреждениях ремонт производят без разборки рабочего колеса. При значительных повреждениях рабочее колесо полностью разбирают.

Если глубина каверн, возникающих от кавитационно-коррозионных и гидраври-зменных разрушений на лопастях, втулке и обтекателе, не превышает 2 мм и они распространены на небольшой площади, то ограничиваются зачисткой наждачным камнем поврежденного места и шлифованием его до получения ровной гладкой поверхности.

При больших повреждениях ремонт производят методом электронаплавки, включающим в себя три технологических этапа: подготовку, собственно наплавку и шлифовку сварочных швов.

Подготовка к наплавке заключается в определении границы поврежденной поверхности и удалении поврежденного металла. Все обнаруженные дефекты удаляют вырубкой пневматическим зубилом, зачисткой наждачным камнем или воздушно-дуговой строжкой.

Вырубка дефектного металла пневматическим зубилом имеет очень низкую производительность и сопровождается сильным шумом, что ограничивает ее применение.

Способ удаления металла наждачным камнем применяют в основном при разделке трещин. Удаление металла производит ручную шлифовальную машину. В качестве режущего инструмента применяют отрезные круги на бакелитовой связке с упрочняющими элементами, имеющие наружный диаметр 200 мм и толщину 2–3 мм.

Наибольшее распространение для удаления металла получила воздушно-дуговая строжка, сущность которой заключается в том, что между графитовым электродом и деталью зажигается электрическая

дуга, плавящая металл. Расплавленный металл выдувается сжатым воздухом, струя которого параллельно электроду направляется в зону горения дуги. Строжку производят специальным резаком типа РВД-4-62, в котором закрепляется электрод, проходят воздухопровод и электрический провод. Резак рассчитан на работу угольным электродом диаметром 6–10 мм с подачей к нему постоянного тока силой до 500 А. Для этого используют сварочные преобразователи типа ПСМ-1000 или сборочные выпрямители типа ВКСМ-1000-1.

При строжке силу тока поддерживают в пределах, обеспечивающих плотность тока 3,5–4 А/мм². При большей плотности происходит науглероживание поверхности в недопустимых пределах.

Выборку дефектного металла производят с минимальным съемом неповрежденного. Выборку выполняют так, чтобы поверхность ее не имела острых углов, стенки были пологими, форма и размеры обеспечивали доступность для сварки.

Разделку трещин необходимо производить с предварительной зашверловкой концов трещин. Для несквозных трещин глубина зашверловки должна быть на 2–3 мм больше глубины залегания трещины, а сквозные трещины зашверливают на всю глубину. Разделку кромок трещины под заварку производят для создания - или X-образного шва, разделка для получения X-образного шва применяется при возможности доступа с обеих сторон и толщине стенки более 25 мм. Разделку производят по всей длине трещины с притуплением 1,5–2 мм и углом раскрытия кромок, составляющим 60–70°.

Контроль за удалением трещин и дефектного металла производят травлением, цветной или магнитопорошковой дефектоскопией места выборки и прилегающего участка шириной около 50 мм. Шероховатость поверхности, обработанной для контроля, должна составлять при травлении и цветной дефектоскопии 1,25 мкм, при магнитопорошковой дефектоскопии – 40 мкм.

Выборки на высоколегированных сталях протравливают реактивом следующего состава: соляная кислота концентрированная, хлорное железо, вода (все компоненты берутся в равных по массе частях). Травление деталей из малоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей выполняют 10%-ным водным раствором азотной кислоты. После проведения контроля протравленные поверхности зачищают для удаления протравленного слоя до металлического блеска.

Поверхности с кавитационными, эрозийными и коррозионными разрушениями, подготовленные под сварку, а также прилегающие участки шириной 15–20 мм контролируют внешним осмотром после зачистки.

Таблица 8.1. Характеристика электродов, применяемых для наплавки деталей насосов

Марка материала	Электрод		Расход электрода на 1 кг наплавленного металла, кг
	Тип	Марка	
Сталь конструкционная 20, 20К, 22К, 25, 30, 35, Ст. 2, Ст. 3	Э42	АНО-6	1,7
	Э42А	УОНИ-13/45	1,6
	Э46	МР-3	1,7
	Э46	ОЗС-6	1,6
	Э46А, Э50А	УОНИ-13/55	1,6
Сталь коррозионно-стойкая, износостойкая 08Х18Н10Т, 10Х12НД, 10Х18Н10Т, 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т	Э-04Х20Н9	ОЗЛ-36	1,7
	Э-06Х22Н9	ЦЛ-33	1,6
	Э-08Х20Н9Т2Б	ЦЛ-11	1,7
	Э-07Х20Н9	ОЗЛ-8	1,6
	Э-10Х25Н13Г2	ЦЛ-25	1,7
	Э-10Х25Н13Г2Б	ЦЛ-9	1,6

Поверхности, подготовленные под наплавку, очищают растворителем от жировых и прочих загрязнений и протирают насухо чистой ветошью.

Поскольку детали рабочих колес при ремонтах не подвергают термической обработке, наплавленный металл кроме требований технологичности в процессе наплавки и последующей обработки должен отвечать также требованиям стойкости к кавитации, трещинообразованию и разрушению.

Наплавку предварительно подготовленных дефектных участков производят одним из следующих способов:

- электродуговой сваркой покрытыми электродами;
- полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа;
- полуавтоматической сваркой порошковой проволокой;
- ручной аргоно-дуговой сваркой.

В практике ремонта крупных насосов наибольшее распространение получил способ наплавки ручной электродуговой сваркой. При наплавке применяют электроды диаметром 3–6 мм, общие сведения по которым приведены в табл. 8.1.

Электроды перед употреблением прокалывают в электропечи, помещая их россыпью. Сварку такими электродами проводят, используя постоянный ток обратной полярности. При сварке электродами марки УОНИ-13/45 в нижнем положении силу сварочного тока назначают из расчета 40–45 А на 1 мм диаметра электрода, при сварке элект-

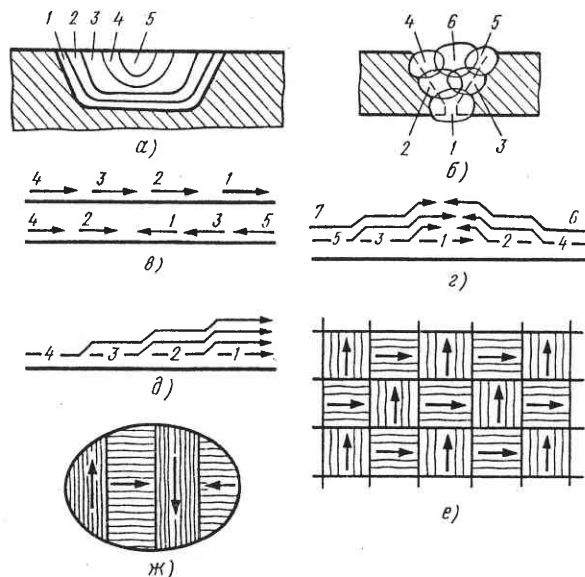


Рис. 8.2. Схема наложения сварных швов при наплавке выборок дефектных поверхностей:

а — заварка выемок большого сечения; б — заварка разделки трещины; в — наплавка обратноступенчатым методом; г — наплавка методом "горки"; д — наплавка каскадным методом; е — наплавка больших поверхностей; ж — наплавка небольших поверхностей; 1 — 7 — последовательность выполнения наплавки

родами остальных марок в том же положении — 30 А. При сварке в вертикальном и потолочном положениях силу сварочного тока уменьшают на 20%. Во всех случаях, где это возможно, сварку производят в нижнем или полувертикальном положении. Сварку ведут короткой дугой с зачисткой после каждого прохода шлака и брызг зубилом и металлической щеткой.

При наплавке применяют специальные методы наложения швов (рис. 8.2), которые обеспечивают минимальные сварочные напряжения и деформации. На рисунке стрелки указывают направление наплавки, а цифры — последовательность выполнения наплавки.

Выборку большого сечения (рис. 8.2, а, б) наплавляют путем постепенного уменьшения ее размеров послойной наплавкой металла на дно и боковые стенки. При длине выборки менее 200 мм шов выполняют сквозным с изменением направления наплавки в каждом последующем валке на 180° со смещением начала нового валка относительно конца предыдущего. При этом каждый последующий валок должен перекрывать предыдущий не менее чем на $1/3$ ширины.

При длине выборки более 200 мм наплавку производят обратноступенчатым методом (рис. 8.2, в). Длину ступени (длину участка, полученную при расплавлении одного электрода) принимают равной 100–150 мм.

Для протяженных выборок большого сечения на сталях, требующих подогрева при сварке, наплавку ведут каскадным методом (рис. 8.2, д) или методом "горки" (рис. 8.2, г), что способствует сохранению нагрета.

Наплавку поверхностей размерами более 250×250 мм ведут с разбивкой на участки 150×150 мм и изменением направления наплавки на каждом участке на 90° в каждом последующем слое.

При размерах поверхностей менее 250×250 мм наплавку ведут без разбивки на участки (рис. 8.2, ж), меняя направления сварки в каждом последующем слое.

После окончания наплавки восстановленную поверхность и околошовную зону шириной до 50 мм обдирают наждачным кругом и шлифуют заподлицо с основным металлом. При этом особое внимание обращают на то, чтобы придать наплавленной поверхности требуемый профиль. Поэтому эту поверхность шлифуют по шаблонам. Наплавленная поверхность не должна выступать над неразрушенной поверхностью, допускается зазор между шаблоном и восстановленной поверхностью лопасти, втулки и обтекателя не более 1,5 мм, а между шаблоном и поверхностью входной и выходной кромок лопасти — не более 0,5 мм.

Обработку периферийных кромок лопастей по сфере производят после сборки лопастей с втулкой рабочего колеса при свернутых лопастях.

Контроль качества заварки выборок осуществляют методом травления наплавленного металла и околошовной зоны. Травление выполняют так же, как и при обнаружении дефектов.

8.3. РЕМОНТ УПЛОТНЕНИЙ, ДЕТАЛЕЙ КРЕПЛЕНИЯ И ПОВОРОТА ЛОПАСТЕЙ

Уплотнения рабочего колеса предотвращают утечку масла из внутренней полости и попадание туда перекачиваемой жидкости. В рабочих колесах с кривошипно-шатунным (см. рис. 2.6) и кулисно-клиновым (см. рис. 2.7) механизмами разворота лопастей подвижные сопряжения лопастей с втулкой уплотняются резиновыми манжетами, неподвижные соединения с втулкой вала и обтекателя — резиновым кольцом и паронитовой (картонной) прокладкой. В рабочем колесе с электрогидравлическим приводом (см. рис. 2.8) помимо вышеука-

занных сопряжений резиновыми кольцами уплотняются поршень, шток и крышка рабочего колеса.

Нарушение герметичности внутренней полости рабочего колеса происходит из-за износа или разрушения уплотнительных элементов. Восстановление герметичности производят заменой дефектных уплотнительных элементов на новые.

Люфт или "качка" лопасти относительно втулки рабочего колеса появляется в результате износа в подвижных и неподвижных сопряжениях деталей, соединяющих цапфу лопасти с крестовиной или ползуном. Восстановление изношенных сопряжений при ремонте рабочих колес производят методом наплавки изношенных поверхностей сопряжения с последующей их обработкой до номинального размера или способом ремонтных размеров. При восстановлении этим способом одна из сопряженных деталей, обычно наиболее сложная и дорогостоящая, обрабатывается до выведения следов износа или до получения определенного (заранее установленного) ремонтного размера, а вторая заменяется новой или восстановленной под полученный размер основной детали.

Незначительные повреждения резьбы (задиры, вмятины, срывы) устраняются опиловкой или прогонкой резьбонарезным инструментом.

При срыве или смятии более одной нитки на одной из сопрягаемых резьбовых поверхностей, а также при вытягивании резьбы резьбовые соединения подлежат замене или восстановлению. Восстановление поврежденных резьбовых поверхностей производят наплавкой и нарезкой резьбы номинального размера. Допускается нарезка резьбы ремонтного размера при условии обеспечения собираемости и прочности резьбового соединения.

На болтах, шпильках, гайках, штифтах не допускаются трещины любых размеров и расположения, коррозионные, эрозийные разрушения, изогнутость более 0,5 мм на длине 100 мм. Детали с такими повреждениями подлежат замене.

8.4. СБОРКА РАБОЧИХ КОЛЕС

Сборка рабочих колес производится на ремонтном предприятии в соответствии с требованиями рабочих чертежей, инструкций завода-изготовителя и технических условий на капитальный ремонт.

Поступающие на сборку детали, снятые с ремонтируемого рабочего колеса и признанные годными без ремонта, а также восстановленные и запасные части должны соответствовать требованиям техничес-

кой документации, пройти контроль, иметь маркировку и ремонтный формуляр.

Детали, поступающие на сборку, должны быть чистыми, смазочные каналы и отверстия должны быть прочищены, промыты и продуты сжатым воздухом. Запасные лопасти должны быть подогнаны по размерам и массе к остальным лопастям.

Перед сборкой на все посадочные и резьбовые поверхности валов, боковые поверхности шпонок и шпоночных пазов, резьбовые поверхности крепежа и поверхности штифтов рекомендуется нанести тонкий слой консистентной смазки.

Неметаллические прокладки должны быть чистыми, гладкими, без расслоений, складок, вырывов и надломов. Они должны равномерно прилегать к сопрягаемой поверхности и не выступать за ее края. Стыковка составных прокладок должна осуществляться по способу "ласточкина хвоста".

На рабочих поверхностях резиновых уплотнительных манжет и колец не должно быть трещин, пузырей, углублений, выступов, надломов. При установке их на уплотняемые детали принимают меры, предохраняющие от перекосов, скручивания, механических повреждений, порезов.

Сборку рабочего колеса (см. рис. 2.6 – 2.8) ведут в соответствии со сборочным чертежом. Детали, имеющие маркировку, устанавливают в строгом соответствии с имеющимися метками. На вновь установленные детали наносят маркировку, указывающую их принадлежность к конкретному рабочему колесу и взаимное расположение сопрягаемых поверхностей.

Сборку начинают с запрессовки бронзовых втулок с натягом во втулку рабочего колеса и серьги. Для обеспечения требуемого натяга втулки перед запрессовкой ее охлаждают в твердой углекислоте (при температуре -80°C). После запрессовки проверяют внутренние диаметры втулок и в случае необходимости производят доводку их форм и диаметров до проектных размеров.

Установка лопастей и соединение их цапф с рычагами механизма разворота являются наиболее сложными и трудоемкими операциями. Вначале пригоняют торцы лопасти к втулке рабочего колеса. Пригонку осуществляют шлифованием наждачным кругом предварительно наплавленных торцевых кромок до появления зазора 1–1,5 мм с поверхностью втулки рабочего колеса при максимальном угле разворота лопасти. При этом торец фланца лопасти должен упираться в торец расточки во втулке. После пригонки лопасть должна свободно поворачиваться от минимального угла установки до максимального.

Соединение (штифтовку) цапфы лопасти с рычагом механизма разворота производят на разметочной плите или на специальном стенде. Втулку рабочего колеса устанавливают открытой частью вверх, так чтобы ее ось была в строго вертикальном положении. Затем лопасти с резиновыми манжетами и рычагами устанавливают в направляющие бронзовые втулки и фиксируют их в положении, когда лопасти развернуты на угол, соответствующий среднему углу разворота, а оси рычагов находятся в горизонтальном положении. В этом положении в лопастях с цельной цапфой переносным сверлильным станком сверлят сквозное диаметрально отверстие в рычаге и цапфе, разворачивают его разверткой под конический штифт и устанавливают соответствующий штифт. В лопастях с отъемной цапфой на торец фланца наносят метки под цилиндрические штифты и крепежные болты, обрабатывают отверстия, устанавливают штифты и соединяют болтами фланец лопасти с рычагом и цапфой.

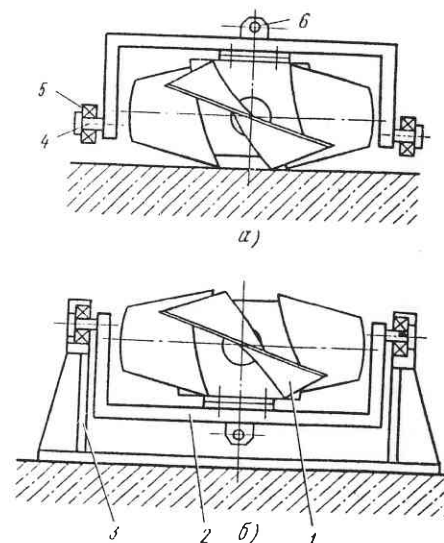
После установки лопастей собирают механизм их разворота и соединяют рычаги через серьги и проушины с крестовиной. При этом необходимо установить набор регулировочных прокладок между серьгой и крестовиной. Проверку работоспособности механизма разворота лопастей осуществляют путем многократного (не менее 3 раз) поворота их до минимального и максимального углов установки. Для этого используются приспособления, имитирующие привод механизма разворота лопастей.

Затем лопасти устанавливают на минимальный угол разворота и фиксируют в этом положении. Рабочее колесо устанавливают на карусельный станок и производят проточку наружных кромок лопастей по сферической поверхности. Центр сферической поверхности должен находиться в точке пересечения осей разворота лопастей с вертикальной осью втулки рабочего колеса.

В процессе сборки возникает необходимость многократной кантовки рабочего колеса. Для этого применяют специальный кантователь (рис. 8.3), состоящий из поворотной рамы с двумя цапфами, подшипниками, проушиной и основания с двумя стойками и открытыми сверху корпусами. Для кантовки рабочего колеса (рис. 8.3, а) на фланец соединения его с валом насоса устанавливают и закрепляют поворотную раму, цапфы которой расположены ниже центра тяжести колеса. Затем краном за проушину поднимают рабочее колесо вместе с поворотной рамой и устанавливают на основание так, чтобы подшипники вошли в корпуса. При опускании крюка крана под действием собственной массы колесо с рамой поворачивается относительно основания (рис. 8.3, б).

Рис. 8.3. Кантователь рабочего колеса:

а — установка поворотной рамы; б — кантовка рабочего колеса; 1 — рабочее колесо; 2 — поворотная рама; 3 — основание; 4 — цапфа; 5 — подшипник; 6 — проушина



Для кантовки рабочего колеса в первоначальное положение производят вышеперечисленные действия в обратном порядке.

Заключительными операциями при сборке рабочего колеса являются установка нижнего и верхнего обтекателей, заливка масла и ввинчивание пробок для выпуска воздуха и заливки масла.

8.5. СТАТИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА

После ремонта рабочее колесо оказывается разбалансированным из-за неравномерной наплавки изношенных поверхностей, замены отдельных деталей, погрешностей при механической обработке и сборки. Для предотвращения повышенной вибрации насосного агрегата рабочее колесо после ремонта балансируют. Суть балансировки заключается в том, чтобы центр тяжести вращающихся деталей совместить с осью вращения. Рабочие колеса вертикальных осевых насосов подвергают статической балансировке на специальном стенде с шаровой опорой (рис. 8.4).

Стенд представляет собой устройство, состоящее из опорной колонны с закаленной и шлифованной пятой и шаровой опоры, жестко соединенной с упорным винтом, который ввинчен в установочный фланец, точно пригнанный по расточке рабочего колеса. На резьбовую часть колонны установлена тарель, а сама колонна закреплена на фундаментной плите.

Совместной обработкой фланца и упорного винта добиваются расположения центра шара строго на вертикальной оси рабочего колеса.

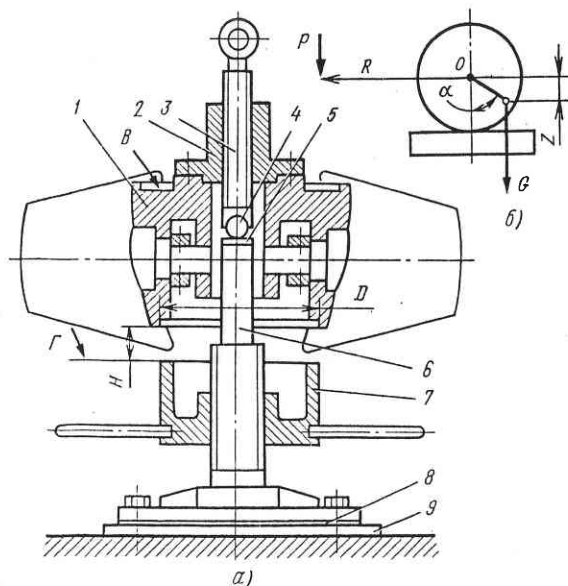


Рис. 8.4. Балансировка осевого рабочего колеса:

а — стенд для балансировки; б — схема расположения сил; 1 — рабочее колесо; 2 — фланец; 3 — упорный винт; 4 — шаровая опора; 5 — пята; 6 — опорная колонна; 7 — тарель; 8 — регулировочные прокладки; 9 — фундаментная плита

при различных положениях винта. Совместная обработка пяты, колонны и тарели должна обеспечить параллельность торца Г тарели относительно рабочей поверхности пяты.

Перед началом работы уровнем первой группы точности проверяют горизонтальность рабочей поверхности пяты. В случае отклонения от горизонтального положения более чем на 0,05 мм на 1 м длины производят регулировку с помощью прокладок, устанавливаемых между опорной колонной и фундаментной плитой. Металлические регулировочные прокладки и фундаментная плита должны обеспечивать неизменность положения опорной колонны после установки на нее рабочего колеса. Из втулки балансируемого рабочего колеса должно быть слито масло, должны быть демонтированы нижний обтекатель и детали, расположенные в центральной части втулки. На место крепления рабочего колеса с валом закрепляется фланец с упорным винтом так, чтобы центр шара располагался строго на оси рабочего колеса и был выше центра тяжести колеса на 20–50 мм.

Для проведения балансируемых работ рабочее колесо устанавливается краном на тараль, вывернутую по резьбе в верхнее положение.

В этом положении шаровая опора не касается пяты. Затем вращением тарели вместе с рабочим колесом опускают его до плавного соприкосновения шаровой опоры с пятой и установления зазора $H = 10 \div 20$ мм между торцами втулки рабочего колеса и тарели (рис. 8.4, а).

Если в контролируемом рабочем колесе центр тяжести расположен на вертикальной оси, то колесо статически уравновешено, его ось остается в вертикальном положении и зазоры H , измеренные линейкой под каждой лопастью, будут одинаковыми.

В случае смещения центра тяжести относительно вертикальной оси (рис. 8.4, б) рабочее колесо наклонится на угол, который можно определить из соотношения

$$\sin \alpha = (H_{\text{макс}} - H_{\text{мин}})/D,$$

где α — угол наклона рабочего колеса; $H_{\text{мин}}$ — минимальный зазор между торцами втулки и тарели в области большей массы колеса; $H_{\text{макс}}$ — максимальный зазор между торцами втулки и тарели в области меньшей массы колеса; D — диаметр проточки на торце втулки.

Балансировку осевого рабочего колеса производят подбором и установкой уравновешивающего груза на плоскости В верхнего торца втулки до тех пор, пока ось не примет строго вертикальное положение. Значение необходимого уравновешивающего груза определяют по формуле

$$P = G(z \sin \alpha - \mu)/R,$$

где P , G — массы уравновешивающего груза и рабочего колеса; R — радиус расположения уравновешивающей массы; z — расстояние от центра тяжести системы до центра шара; α — угол отклонения рабочего колеса от вертикали; μ — коэффициент трения качения.

Затем колесо с помощью упорного винта поднимают выше, достигая большей чувствительности к отклонению колеса под действием малого груза.

После того как достигнуто устойчивое положение рабочего колеса на шаровой опоре, приступают к определению остаточной неуравновешенности, вызванной трением в опоре и инерцией рабочего колеса (нечувствительностью стенда). Для этого верхний торец втулки рабочего колеса разбивают на шесть равных частей и на каждое деление поочередно навешивают грузики до тех пор, пока ось колеса не отклонится от вертикального положения. Значение остаточной неуравновешенности определяют из соотношения

$$Q = (Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}})/2,$$

где $Q_{\text{макс}}$, $Q_{\text{мин}}$ – максимальная и минимальная массы груза, выводящие систему из равновесия.

Балансирующий грузик массой Q , если она превышает допустимое значение, прикрепляют на том делении, на котором прикладывался груз с максимальной массой $Q_{\text{макс}}$ для выведения системы из равновесия.

Груз с определенной при статической балансировке общей массой надежно закрепляют при помощи электросварки на втулке рабочего колеса. Крепление груза должно быть рассчитано с учетом центробежной силы, развиваемой грузом при угонных оборотах ротора. После установки груза его необходимо закрыть защитными листами.

Точность уравнивания обычно выдерживается такой, чтобы при моменте $M = 1,5 \div 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ система выводилась из равновесия.

8.6. КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ИСПЫТАНИЕ

К основным геометрическим параметрам рабочего колеса, требующим тщательного контроля после ремонта, относятся: наружный диаметр колеса, форма его поверхности (отклонение от сферической формы), угол разворота каждой лопасти в различных сечениях, профиль пера лопасти и его расположение относительно оси разворота лопасти, диаметр проточки во фланце под центрирующий выступ вала насоса. Измерение указанных параметров производят на специальном стенде, конструкция которого представлена на рис. 8.5. Основными составными частями стенда являются станина, поворотный стол с центрирующим выступом на фланце для установки рабочего колеса и механизмом поворота, ползун с механизмом горизонтального перемещения в направляющих станины, стойка, жестко закрепленная на ползуне, суппорт с механизмом вертикального перемещения в направляющих стойки, шпindel с указателем, имеющий возможность поворачиваться относительно суппорта, кронштейн, закрепляемый на шпинделе, и комплект контрольно-измерительных приборов. В комплект входят: пространственные шаблоны для контроля профиля лопасти в различных расчетных сечениях и измерения угла установки с помощью указателя и лимба; шаблон 1 (рис. 8.6, а) для измерения наружного диаметра рабочего колеса и отклонения его от сферической поверхности с помощью шкалы 13 (см. рис. 8.5); центроискатель 2 (рис. 8.6, б), позволяющий определять по шкале 6 вертикальное положение оси поворота лопасти; угловая шкала 16 (см. рис. 8.5) на поворотном столе для определения угловой координаты оси поворота лопасти.

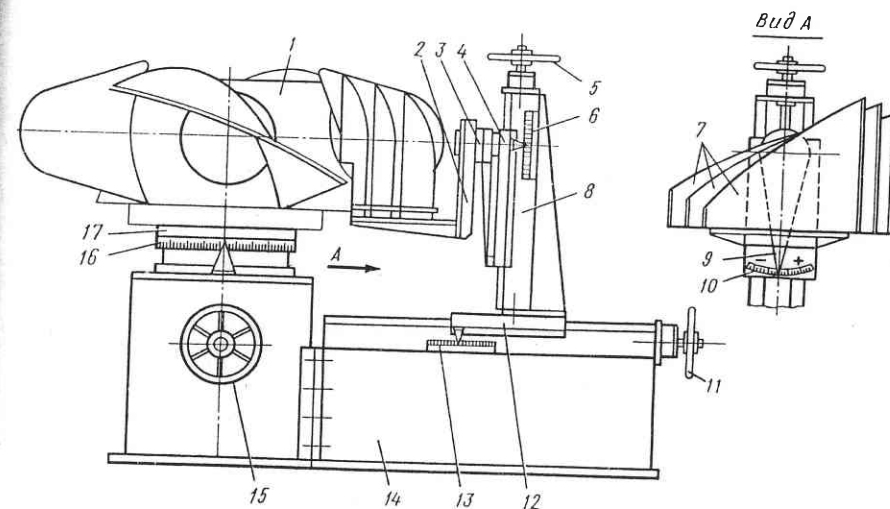


Рис. 8.5. Стенд для контроля геометрических параметров рабочего колеса:

1 – рабочее колесо; 2 – кронштейн; 3 – шпindel; 4 – суппорт; 5, 11, 15 – штурвалы; 6, 13 – шкалы; 7 – шаблоны профиля; 8 – стойка; 9 – указатель; 10 – лимб; 12 – ползун; 14 – станина; 16 – угловая шкала; 17 – поворотный стол

Перед установкой на стенд контролируемое рабочее колесо переворачивается кантователем в положение, при котором фланец, сопрягающийся с валом насоса, должен находиться внизу. Затем рабочее колесо подъемным краном устанавливают на поворотный стол. При этом центрирующий выступ на поворотном столе должен войти в проточку на рабочем колесе, а их фланцы должны плотно прилегать.

Перед началом измерений должен быть подготовлен формуляр (табл. 8.2) для занесения в него результатов измерений.

Контроль параметров начинают с определения координат оси поворота каждой лопасти. Для этого на шпindel суппорта устанавливают и закрепляют центроискатель 2 (рис. 8.6, б), состоящий из фланца и щупов, расположенных на окружности, соответствующей диаметру фланца B лопасти. Затем поворотом рабочего колеса на поворотном столе с помощью штурвала 15 и перемещения шпинделя 3 в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью штурвалов 5, 11 добиваются совмещения заостренных концов щупов с наружным диаметром B фланца лопасти (рис. 8.5). В этом положении по шкале 16 определяют угловую координату α , а по шкале 6 – вертикальную координату $H_{\text{ц}}$ оси поворота лопасти. Таким образом определяют координаты оси поворота каждой лопасти.

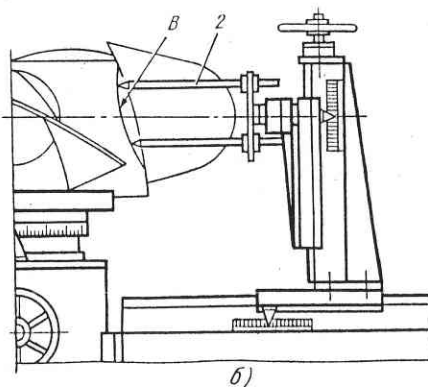
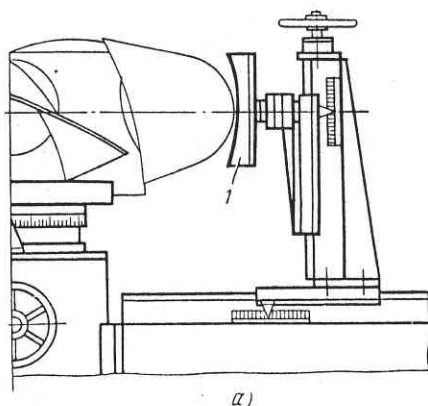


Рис. 8.6. Измерение параметров рабочего колеса:

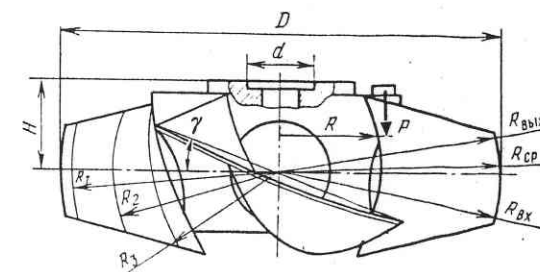
a — измерение наружного диаметра;
 b — определение оси поворота лопасти;
 1 — шаблон; 2 — центроискатель

Угол установки лопасти измеряют с помощью профильных шаблонов 7 (рис. 8.5) в расчетных сечениях, расположенных на радиусах $R_1 - R_3$ (рис. 8.7). Для этого на шпинделе закрепляют в фиксированном положении кронштейн, на котором устанавливают один из шаблонов. Вращением штурвала 11 ползун устанавливают по шкале 13 в положение, соответствующее радиусу наружной поверхности рабочего колеса. В этом положении шаблоны автоматически устанавливаются в соответствующее расчетное сечение. Затем вращением по-

Таблица 8.2. Формуляр измерения параметров рабочего колеса осевого насоса

Номер лопасти	Радиус сферы, мм			Угол установки лопасти, град				Координата оси поворота лопасти		
	$R_{вх}$	$R_{ср}$	$R_{вых}$	γ_{R_1}	γ_{R_2}	γ_{R_3}	$\gamma_{ср}$	$H_{ц}$, мм	$H_{ш}$, мм	α , град
1										
2										
...										
n										

Рис. 8.7. Схема измерения параметров рабочего колеса осевого насоса



ротного стола с помощью штурвала 15 и вертикальным перемещением суппорта добиваются максимального совмещения рабочей кромки шаблона с поверхностью пера лопасти. При правильной форме поверхности лопасти расстояние между ее поверхностью и шаблоном не должно превышать 2,5 мм. В совмещенном положении по лимбу определяют угол γ установки лопасти в данном расчетном сечении, а по шкале 6 — вертикальную координату оси поворота лопасти. Для измерения угла установки и координаты оси поворота в другом сечении на кронштейне 2 устанавливают соответствующий шаблон и производят измерения вышеописанным способом. Деформацию пера лопасти определяют сравнением вертикальных координат оси поворота лопасти, измеренных центроискателем $H_{ц}$ и профильными шаблонами $H_{ш}$, а также сравнением углов установки лопасти в различных сечениях $\gamma_{R_1} - \gamma_{R_3}$. Допустимое отклонение положения оси поворота не должно превышать ± 2 мм на каждый метр радиуса колеса. Разница углов установки в различных сечениях не должна превышать $\pm 10'$, а разница углов установки различных лопастей не должна превышать $30'$. Идентичности углов достигают за счет изменения толщины регулировочных прокладок между крестовиной и проушиной.

С помощью шаблонов проверяют соответствие рисок на фланце лопасти максимальному, нулевому и минимальному углам разворота. Для этого лопасть устанавливают специальным приспособлением в указанные положения и определяют фактическое значение угла установки.

Измерения диаметра наружной поверхности рабочего колеса и отклонения ее от сферической формы производят с помощью шаблона 1 (рис. 8.6, а), рабочая кромка которого выполнена по радиусу, соответствующему минимальному значению радиуса поверхности сферической формы.

Для более точного измерения шпиндель с шаблоном устанавливают по шкале 6 на высоту, соответствующую вертикальной координате $H_{ц}$, а рабочее колесо с поворотным столом по шкале 16 устанавливают

на угол α , соответствующий угловой координате оси поворота соответствующей лопасти. Координаты определяют с помощью центроискателя. Затем вращением штурвала 11 перемещают ползун со стойкой и суппортом до соприкосновения шаблона с торцом лопасти. В этом положении по шкале 13 отсчитывают показания, соответствующие радиусу $R_{ср}$ рабочего колеса. Для определения диаметра полученное показание удваивают. Наружный диаметр рабочего колеса должен быть меньше номинального значения на 0,5–1 мм.

Отклонение наружной поверхности от сферы определяют измерением радиусов колеса у входной $R_{вх}$ и выходной $R_{вых}$ кромок каждой лопасти. Их значения должны находиться в пределах, допустимых для радиуса $R_{ср}$, измеренного по оси поворота лопасти.

Диаметр d центрирующей проточки на фланце рабочего колеса измеряют штангенциркулем в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Фактическое значение d должно находиться в пределах поля допуска для номинального диаметра отверстия по посадке Н7. После завершения контроля геометрических параметров рабочее колесо снимают со стенда и производят его полную сборку.

Заключительной операцией при ремонте осевого рабочего колеса являются гидравлические испытания на герметичность уплотнений и внутренней полости рабочего колеса, а также определение работоспособности сервомотора механизма разворота лопастей. Испытания проводят на стенде, состоящем из опоры с ванной для сбора масла, маслонапорной установки, трубопроводов, направляющей, регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры.

Перед гидравлическим испытанием изготавливают заглушку с клапаном вместо нижнего фланца вала и закрепляют ее вместе с резиновой прокладкой на фланце рабочего колеса, а на место сливной пробки нижнего обтекателя устанавливают штуцер и соединяют его гибким шлангом с маслонапорной установкой, после чего с помощью масляного насоса заполняют индустриальным маслом внутреннюю полость. При этом через открытый клапан в заглушке выпускают воздух, вытесняемый маслом из полости втулки. Как только внутренняя полость полностью заполнится маслом, клапан закрывают, а в полости создают давление 0,4 МПа и выдерживают его в течение 30 мин. Во время испытания производят полное разворачивание и сворачивание лопастей не менее 3 раз.

Рабочие полости сервомотора в рабочих колесах с электрогидравлическим приводом механизма разворота лопастей испытывают на герметичность турбинным маслом. В полостях поочередно создают давление 6 МПа и выдерживают его в течение 10 мин.

Таблица 8.3. Формуляр измерения балансировки и герметичности рабочего колеса осевого насоса

Значение	d , мм		D , мм		Статическая балансировка		Герметичность втулки		Герметичность сервомотора	
	$d_x - x$	$d_y - y$	$D_{мин}$	$D_{макс}$	P , кг	R , м	P_1 , МПа	T_1 , мин	P_2 , МПа	T_2 , мин
Фактическое										
Допустимое	$d_{ном}$	H7	$D_{ном}$	-0,5 -1	$M = 0,2$ кг·м	0,4	30	6	10	

Рабочее колесо считается выдержавшим гидравлическое испытание, если не будут наблюдаться протечки масла через уплотнения, а в полостях сервомотора испытательное давление будет сохраняться в течение всего времени испытания.

Результаты измерения геометрических параметров и гидравлических испытаний заносят в формуляр (табл. 8.3). Сравнивая фактические значения измеряемых величин с допустимыми, делают заключение о пригодности отремонтированного рабочего колеса.

Глава девятая

РЕМОНТ РАБОЧИХ КОЛЕС И ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

9.1. ИЗНОС И ПОВРЕЖДЕНИЯ

Рабочие колеса центробежных насосов, как и осевых насосов, подвержены интенсивному гидроабразивному и кавитационному износу. Характерное расположение зон местного износа рабочих колес центробежных насосов показано на рис. 9.1. Наибольшему гидроабразивному и кавитационному износу подвержены рабочая поверхность, входные и выходные кромки лопастей и места сопряжения лопастей с дисками. Гидроабразивный износ проявляется в виде рисок на поверхностях, совпадающих с направлением потока. Кавитационный износ характеризуется появлением пористости и раковин. В результате их совместного воздействия износ рабочего колеса может за относительно короткий срок достигнуть размеров, затрудня-

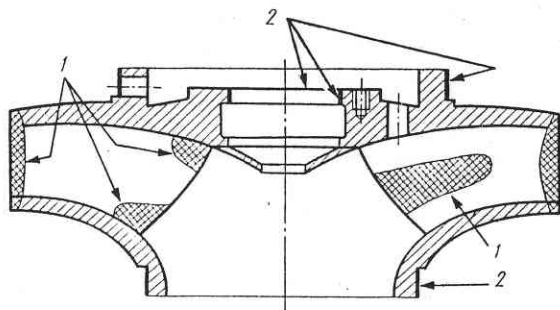


Рис. 9.1. Износ рабочего колеса центробежного насоса типа 2000В-16/65:
1 — гидроабразивный и кавитационный; 2 — механический

ющих его нормальную эксплуатацию и даже делающих ее практически невозможной.

Поверхности сопряжения рабочего колеса с фланцем вала насоса и с защитными кольцами щелевого уплотнения, а также резьбовые отверстия подвержены механическому износу, характеризующемуся истиранием, смятием и хрупким разрушением сопрягаемых поверхностей.

В щелевом уплотнении (см. рис. 3.6) наибольшему износу подвержены внутренняя поверхность уплотняющего кольца и наружная поверхность защитного кольца, которые образуют радиальный щелевой зазор. При увеличении радиального зазора увеличиваются протечки из напорной части во всасывающую, что снижает подачу и КПД насоса. Максимально допустимый зазор при износе щелевого уплотнения не должен превышать $s = 0,003D_y$, где D_y — диаметр уплотнения.

В процессе длительной эксплуатации в результате неравномерного износа появляется неуравновешенная масса, приводящая к разбалансированию рабочего колеса.

9.2. РЕМОНТ РАБОЧИХ КОЛЕС

Методы восстановления рабочих колес центробежных насосов идентичны методам восстановления рабочих колес осевых насосов. Каверны глубиной до 1 мм на небольшой площади ликвидируются зачисткой поврежденных мест наждачным камнем и последующим шлифованием до получения ровной гладкой поверхности.

Ремонт больших повреждений производят методом ручной электронаплавки (см. гл. 8). Наплавку рабочих колес, изготовленных из нержавеющей стали, производят электродами марки ЦЛ-9 или ЦЛ-11, ко-

торые обладают наибольшей кавитационной стойкостью по сравнению с другими электродами подобного типа. Наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности. При наплавке не допускается местный перегрев. Температура металла не должна превышать 80 °С на расстоянии 150–200 мм от места наплавки.

При ремонтах кавитационных повреждений рабочих колес из углеродистой стали глубокие раковины сначала предварительно заправляют обычными электродами типа Э42 или Э46 для восстановления профиля. После наплавки восстановительного слоя, зачистки от шлака, удаления выступающих участков швов производят наплавку электродами ЦЛ-9 или ЦЛ-11 кавитационно-стойкого защитного слоя толщиной 7–8 мм.

Отдельные участки лопастей, особенно входные и выходные кромки, могут иметь сквозные (на всю толщину) разрушения. В таких случаях при ремонте вырезают поврежденные участки и вместо них вставляют и приваривают стальные пластины, выгнутые по профилю лопасти.

После заправки поврежденных мест сварные швы обдирают наждачным камнем и шлифуют. При этом особое внимание обращают на то, чтобы восстановленная поверхность приобрела прежний профиль. Контроль восстановленной поверхности осуществляют шаблонами, изготовленными по чертежам рабочего колеса. Контроль поверхностей входных и выходных кромок лопастей производят с рабочей стороны не менее чем в двух сечениях по ширине рабочего колеса и на длине не менее 10% диаметра рабочего колеса. Шаблоны для контроля выходных кромок базируются по наружному диаметру дисков рабочего колеса, а для контроля входных кромок — по месту установки обтекателя или по ободу рабочего колеса. Зазор между шаблоном и контролируемой поверхностью должен быть не более 3 мм.

Восстановление изношенных поверхностей, сопрягающихся с фланцем вала насоса и защитными кольцами, производят путем ручной или автоматической наплавки с последующей механической обработкой на токарно-карусельном станке до получения номинального или ремонтного размера. При этом должны соблюдаться жесткие технические требования по точности расположения обработанных поверхностей между собой, а также относительно необрабатываемых рабочих поверхностей.

Восстановление изношенных резьбовых отверстий производят нарезанием резьбы большего ремонтного размера. Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий включает дефектацию, проводимую путем внешнего осмотра или с помощью резьбовых ка-

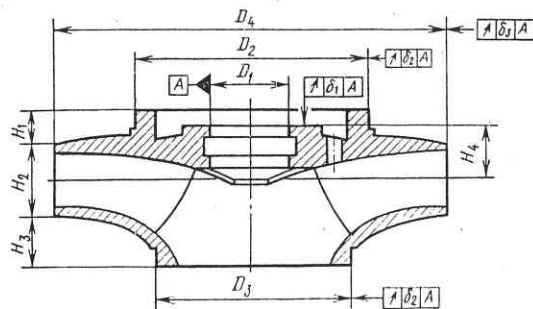


Рис. 9.2. Схема измерения параметров рабочего колеса центробежного насоса

либров, удаление изношенной резьбы сверлением до необходимого размера, нарезание резьбы в рассверленном отверстии и контроль восстановленной резьбы.

Сопрягаемые с резьбовыми отверстиями болты и шпильки также восстанавливают до ремонтного размера или изготавливают вновь. В сопрягаемых с рабочим колесом фланце вала и защитных кольцах рассверливают отверстия под болты, имеющие ремонтные размеры.

Заключительной операцией при ремонте рабочего колеса является его статическая балансировка. Балансировку производят на стенде с шаровой опорой (см. рис. 8.4) методом, аналогичным методу балансировки рабочего колеса осевого насоса. Вначале определяют значение и место расположения неуравновешенной массы, а затем производят балансировку рабочего колеса путем снятия металла в зоне нахождения неуравновешенной массы. Необходимое количество металла сошлифовывают, сфрезеровывают или стачивают на боковых поверхностях дисков рабочих колес. Снятие металла допускается с двух сторон на расчетную глубину сектора с центральным углом не более 180° . Размеры снимаемого металла подбирают по расчетным таблицам в зависимости от значения неуравновешенной массы, диаметра и ма-

Таблица 9.1. Формуляр измерения параметров рабочего колеса центробежного насоса

Значение	Диаметр, мм				Биение, мм			Высота, мм			
	D_1	D_2	D_3	D_4	δ_1	δ_2	δ_3	H_1	H_2	H_3	H_4
Фактическое											
Допустимое	$D_1 \text{ H7}$	$D_2 \text{ h6}$	$D_3 \text{ h6}$	$D_4 \pm 1,2$	0,05	0,04	0,5	$H_{\text{ном}} \pm JT14/2$			

териала колеса, толщины дисков. При этом должны обеспечиваться плавный переход и заданная шероховатость поверхности.

После окончания ремонта производят измерение геометрических параметров рабочего колеса (рис. 9.2) и их результаты заносят в формуляр (табл. 9.1). Путем сравнения фактических значений с допустимыми принимают решение о пригодности рабочего колеса к эксплуатации.

9.3. РЕМОНТ ЩЕЛЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Ремонт щелевых уплотнений заключается в восстановлении изношенных цилиндрических посадочных и рабочих поверхностей уплотнительных и защитных колец. Восстановление производят методом ручной или автоматической электронаплавки с последующей механической обработкой на токарно-карусельном станке до получения номинального или ремонтного размера колец.

С целью снижения интенсивности износа рабочих поверхностей уплотнительных и защитных колец при ремонте на них наносят защитное износостойкое покрытие. Наибольшее распространение получил метод газопламенного напыления порошковых материалов с последующим оплавлением, схема которого приведена на рис. 9.3. Газопламенное напыление и оплавление рабочей поверхности уплотнительного кольца, установленного на поворотном приспособлении, производят горелкой и резак, которые соединены гибкими рукавами с пультом управления. К пульту управления подведены трубопроводы от кислородных и ацетиленовых баллонов. Для напыления применя-

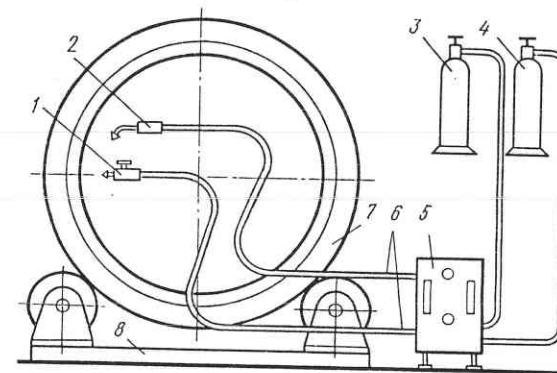


Рис. 9.3. Схема газопламенного напыления уплотнительного кольца:

1 — горелка; 2 — резак; 3, 4 — кислородный и ацетиленовый баллоны; 5 — пульт управления; 6 — рукава; 7 — кольцо уплотнительное; 8 — поворотное приспособление

ется горелка типа ГН-4, имеющая каналы с клапанами для подачи кислорода под давлением 0,4 МПа и ацетилена под давлением 0,03 – 0,04 МПа в смесительную камеру. На канале подачи кислорода установлен инжектор с бункером для порошка.

Горелка работает следующим образом. В бункер засыпается напыляемый порошок и открываются клапаны на каналах подачи кислорода и ацетилена. С помощью инжектора создается разрежение в канале бункера. При этом осуществляется захват и подача порошка в смесительную камеру, в которой образуется ацетилено-кислородная смесь. Смесь зажигается, и с помощью клапанов устанавливается необходимая среда: окислительная, нормальная или восстановительная.

Наиболее приемлемым порошкообразным материалом для нанесения защитного покрытия, стойкого к гидроабразивному и коррозионному износу деталей щелевого уплотнения, являются самофлюсующиеся порошки с диаметрами гранул 40–100 мкм, приведенные в табл. 9.2.

Таблица 9.2. Состав самофлюсующихся порошков и твердость поверхности после наплавки

Марка	Состав, %			
	Никель	Углерод	Хром	Кремний
ПР-Н80Х13С2Р	72 – 81	0,2 – 0,4	12 – 14	2 – 2,8
ПР-Н77Х15С3Р2	76 – 78	0,35 – 0,6	14 – 16	2,8 – 3,5
ПР-Н73Х16С3Р3	72 – 74	0,6 – 0,9	15 – 17	2,7 – 3,7
ПР-Н70Х17С4Р4	69 – 71	0,8 – 1,2	16 – 18	3,8 – 4,5
ПР-Н67Х18С5Р5	66 – 68	0,9 – 1,5	16 – 19	4 – 5
ПР-Н65Х25С3Р3	64 – 66	0,9 – 1,5	24 – 26	2,1 – 2,3
ПР-Н68Х21С5Р	67 – 69	0,35 – 0,5	20 – 22	4 – 5

Марка	Состав, %			Твердость поверхности после наплавки
	Бор	Железо	Марганец	
ПР-Н80Х13С2Р	1,2 – 1,8	До 5	–	25 – 35
ПР-Н77Х15С3Р2	1,8 – 2,3	До 5	–	35 – 45
ПР-Н73Х16С3Р3	2,3 – 3	До 5	–	45 – 55
ПР-Н70Х17С4Р4	3,1 – 4	До 5	–	55
ПР-Н67Х18С5Р5	4 – 4,7	До 5	До 1	60
ПР-Н65Х25С3Р3	2 – 3	До 5	0,05 – 0,35	45
ПР-Н68Х21С5Р	1 – 1,3	4 – 7	–	40

Перед употреблением порошки должны быть просеяны и в течение 1,5–2 ч прокалены при температуре 150–200 °С.

Для обеспечения надежного сцепления присадочного материала с основным металлом производят подготовку поверхности к напылению, включающую в себя промывку, обезжиривание и дробеструйную обработку. Для дробеструйной обработки используют аппараты всасывающего действия, в которых электрокорунд или мелкая дробь всасывается струей сжатого воздуха и направляется через сопло на обрабатываемую поверхность. Наличие в сжатом воздухе воды и масла не допускается. После дробеструйной обработки детали обдуваются сухим сжатым воздухом для удаления с поверхности абразивных частиц.

Перерыв между дробеструйной обработкой и нанесением покрытия не должен быть более 2 ч. Обработанная поверхность должна быть матовой, серого цвета, без блестящих участков.

Газопламенное напыление производят на предварительно подогретую до температуры 150–180 °С поверхность. Напыление колец щелевого уплотнения производят на всю ширину участками длиной 400–500 мм, при этом выдерживают расстояние между деталью и соплом горелки в пределах 140–180 мм. Качество напыленного слоя считается удовлетворительным, если поверхность имеет вид тонкого наждачного полотна.

Для придания плотности и диффузионной связи покрытия с основным металлом производят оплавление напыленного слоя. Для оплавления применяют резак типа РЗ-4, работающий на ацетилено-кислородном пламени, который удерживается от детали на расстоянии 10–15 мм. Вначале оплавливают небольшой участок (пятно) и перемещают его зигзагообразным движением по схеме "снизу вверх". Оплавленный слой должен быть гладким, равномерным с зеленоватым оттенком.

Отремонтированные уплотнительные и защитные кольца комплектуют попарно, производят измерения диаметров цилиндрических по-

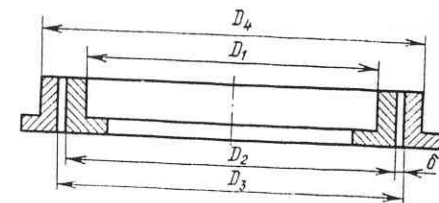


Рис. 9.4. Схема измерения параметров щелевого уплотнения центробежного насоса

Таблица 9.3. Формуляр измерения параметров щелевого уплотнения центробежного насоса

Значение	D_1 , мм		D_2 , мм		D_3 , мм		D_4 , мм		δ , мм	
	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y
Фактическое										
Допустимое	D_1 Н6		D_2 h8		D_3 Н8		D_4 d9		$0,001 D_2$	

верхностей и зазоров в щели (рис. 9.4), а их результаты заносят в формуляр (табл. 9.3). Измерения производят в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Глава десятая

РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НАСОСОВ

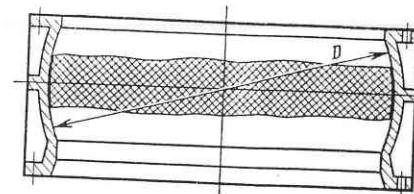
10.1. РЕМОНТ КАМЕРЫ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ОСЕВОГО НАСОСА

Основным видом износа камеры рабочего колеса осевого насоса является кавитационный износ в зоне оси вращения лопастей (рис. 10.1). Для износа рабочей поверхности камеры характерны ноздреватость, глубокие раковины, язвы. Известны случаи, когда стенки камеры, изготовленной из углеродистой стали, разрушались. Появление на рабочей поверхности даже незначительных язвин и неровностей влечет за собой резкое интенсивное разрушение.

Для ремонта камеру рабочего колеса демонтируют с насосного агрегата. Повреждения глубиной до 1 мм устраняют непосредственно на насосной станции путем зачистки шлифовальными машинками. При более глубоком разьедаии рабочей поверхности ремонт производят на ремонтном предприятии. Восстановление изношенной рабочей поверхности осуществляют методом электронаплавки, включающей в себя удаление поврежденного металла, собственно наплавку и шлифовку до получения проектного профиля и гладкой поверхности. Устранение кавитационных повреждений рабочих камер осуществляют также, как и устранение кавитационных повреждений рабочих колес (см. гл. 8).

Наплавку для восстановления первоначальной формы поверхности камеры ведут с контролем по шаблонам. При изготовлении шаблонов за основу принимают неповрежденные участки камеры.

Рис. 10.1. Износ камеры рабочего колеса осевого насоса



Наплавку камеры, изготовленной из углеродистой стали, выполняют двухслойной. Предварительную наплавку производят электродами диаметром 4 мм типа Э42 или Э46. Наплавку кавитационно-стойкого защитного слоя толщиной 5–6 мм производят электродами марки ЦЛ-9 или ЦЛ-11.

Наплавку камеры, изготовленной из нержавеющей стали, производят электродами из стали марки 1Х18Н9Т или порошковой проволокой ПП-АН138.

Наплавку проводят, используя постоянный ток обратной полярности. При этом не допускается местный перегрев.

После ремонта производят измерение диаметра D (рис. 10.1) сферической рабочей поверхности. Измерения производят микрометрическим нутромером в плоскостях разъема камеры и перпендикулярной ей. Результаты измерений заносят в формуляр.

10.2. РЕМОНТ ВЫПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА

В выправляющем аппарате осевого насоса наиболее характерным является гидроабразивный и кавитационный износ лопаток, а также механический износ поверхностей, сопрягаемых с корпусом нижнего направляющего подшипника (рис. 10.2). В лопатках наиболее интенсивному износу подвержены входные участки, которые изнашиваются полностью на ширине до 150 мм. Их износ приводит к снижению КПД насоса до 4%.

Сопряженные с корпусом направляющего подшипника цилиндрические и торцевая поверхности в посадочных поясах в процессе эксплуатации под воздействием радиальных нагрузок подвергаются истиранию и смятию.

Ремонт выправляющих аппаратов, подлежащих демонтажу, производят на ремонтном предприятии. Ремонт забетонированных выправляющих аппаратов, к^тс, например, для насоса типа ОПВ-260, производят на месте его установки без демонтажа.

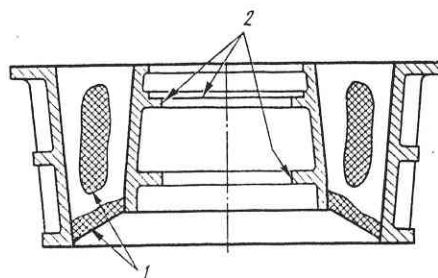


Рис. 10.2. Износ выправляющего аппарата:

1 — гидроабразивный и кавитационный износы; 2 — истирание и смятие

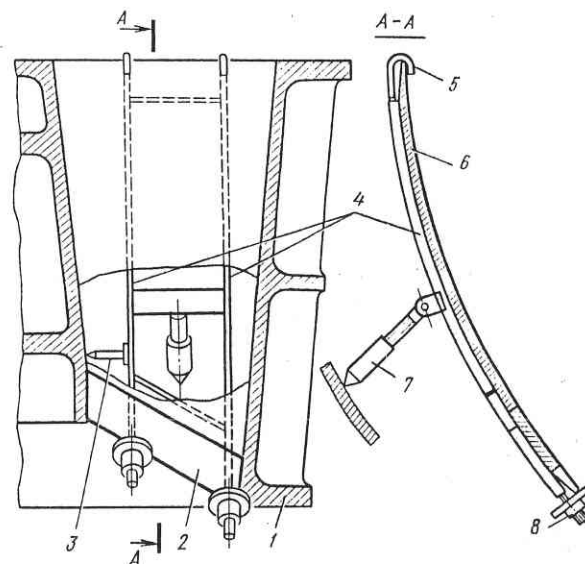


Рис. 10.3. Приспособление для восстановления входной части лопатки выправляющего аппарата:

1 — выправляющий аппарат; 2 — входная часть лопатки; 3 — упор; 4 — шаблоны; 5 — зацеп; 6 — лопатка; 7 — прижим; 8 — гайка

Технологический процесс восстановления входных участков лопаток включает в себя разметку по шаблону и удаление поврежденной части, изготовление по чертежам лопатки входного участка из конструкционной или нержавеющей стали, установку и приварку входного участка и зачистку места сопряжения. При приварке входного участка необходимо выдержать проектный профиль лопатки. Для этой цели применяют специальное приспособление (рис. 10.3), состоящее из двух шаблонов, жестко соединенных между собой, упора, прижима и специальных гаек. Рабочая кромка каждого шаблона соот-

ветствует профилю тыльной стороны лопасти для соответствующего расчетного сечения. Со стороны входной кромки к каждому шаблону приварен стержень с резьбой под гайку, а со стороны выходной кромки приварены зацепы.

Приспособление устанавливают и фиксируют в нужном положении на восстанавливаемой лопатке выправляющего аппарата с помощью зацепов, упора и прижима, который свободным концом упирается в соседнюю лопатку. Входную часть устанавливают на шаблоны и специальными гайками прижимают к привариваемой лопатке.

После приварки входной части аналогичным способом восстанавливают остальные лопатки.

Восстановление изношенных поверхностей, сопряженных с корпусом направляющего подшипника, производят электронаплавкой и последующей механической обработкой на токарно-карусельном станке до получения номинальных размеров. Обработку этих поверхностей в забетонированном выправляющем аппарате производят специальными переносными станками.

Подрезку торцевой поверхности верхнего пояса, сопряженной с фланцем подшипника, производят специальным переносным станком, конструкция которого приведена на рис. 10.4. Он состоит из корпуса, в расточках которого установлен на подшипниках качения полый шпиндель, получающий вращение от механизма привода. Шпиндель жестко соединен с план-суппортом, в горизонтальных направляющих которого установлен ползун с резцедержателем и механизмом вертикальной подачи резца. Ползун кинематически связан с механизмом горизонтальной подачи резца. Корпус своей торцевой поверхностью и цилиндрическим выступом фиксируется в проставке и жестко закрепляется в нем. В комплект станка входит шкаф электрооборудования с пультом управления.

Монтаж станка на обрабатываемом выправляющем аппарате производится следующим образом. Сначала устанавливают, выверяют и закрепляют проставку на место установки обтекателя. Выверка проставки заключается в установке торцевой и цилиндрической поверхностей, сопрягающихся с корпусом, соответственно в горизонтальное положение и по вертикальной оси выправляющего аппарата. Горизонтальность торцевой поверхности устанавливается по брусковому уровню с ценой деления ампулы 0,02 мм/м с помощью установочных болтов, ввернутых в основание проставки. Центрирование проставки производят относительно обработанной и неизношенной расточки в выправляющем аппарате. После выверки проставки жестко крепят к выправляющему аппарату и в его расточку опускают краном и закрепляют станок в собранном виде.

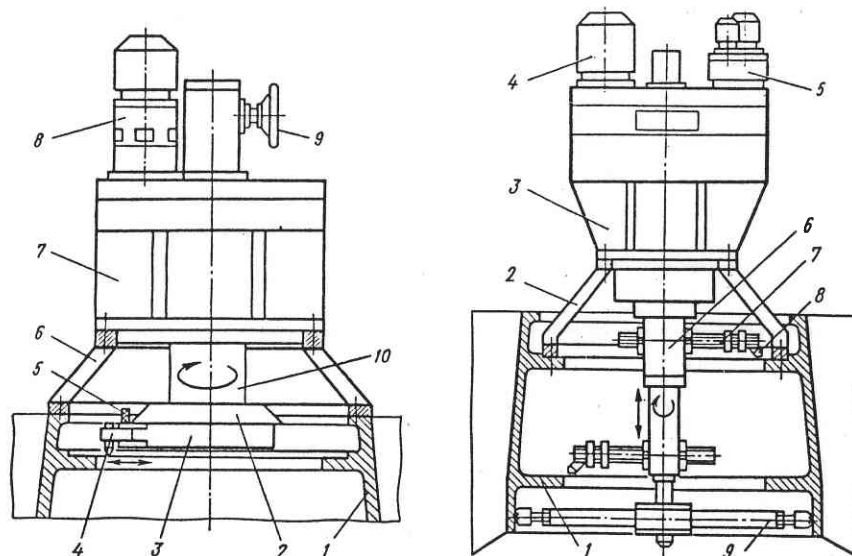


Рис. 10.4. Схема подрезного переносного станка:

1 — выправляющий аппарат; 2 — план-суппорт; 3 — ползун; 4 — резцедержатель; 5, 9 — механизмы вертикальной и горизонтальной подачи резца; 6 — проставок; 7 — корпус; 8 — механизм привода шпинделя; 10 — шпиндель

Рис. 10.5. Схема расточного переносного станка:

1 — выправляющий аппарат; 2 — проставок; 3 — расточная бабка; 4, 5 — механизмы вращения шпинделя и подачи; 6 — шпиндель; 7 — оправка; 8 — резец; 9 — съемная опора

После предварительной настройки механизмом 5 резца на заданную глубину резания включают привод шпинделя и с помощью механизма ручной горизонтальной подачи резца производят проточку предварительно наплавленной поверхности. Обработку до проектного размера производят за несколько проходов. При этом настройку резца на глубину резания производят при невращающемся шпинделе.

Техническая характеристика станка для подрезки торцов выправляющего аппарата насоса типа ОПВ-260ЭГ приведена ниже:

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	900—1250
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	23
Подача резца	Ручная
Глубина резания, мм	0,5—3
Мощность электродвигателя привода, кВт	5,5
Масса, кг	1600
Габаритные размеры, мм	1450 × 1450 × 2400

Для растачивания посадочных отверстий в верхнем и нижнем поясах выправляющего аппарата используется переносной расточной станок, конструкция которого показана на рис. 10.5. Он включает в себя расточную бабку, в центральной расточке которой установлена пиноль со шпинделем, имеющим возможность вращаться в подшипниках качения и перемещаться в аксиальном направлении вместе с пинолью. На верхнем торце расточной бабки размещены механизм вращения и механизм рабочей и ускоренной подачи шпинделя. В расточках шпинделя устанавливаются и закрепляются оправки с резцами и механизмом их настройки на глубину резания. Конец шпинделя взаимодействует со съемной опорой, которая домкратами центрируется и закрепляется на выправляющем аппарате.

Установка, выверка и закрепление расточного станка на выправляющем аппарате осуществляются с помощью проставки. На его верхнем фланце устанавливается в фиксированном положении и закрепляется расточная бабка. Нижним концом проставки устанавливается, выверяется и закрепляется на торцевой поверхности верхнего пояса выправляющего аппарата.

При расточке отверстий, сопрягающихся с корпусом нижнего подшипника, необходимо обеспечить отклонение их поверхностей от вертикальной оси насосного агрегата не более чем на 0,05 мм. Это достигается точной установкой проставки и съемной опоры.

Выверку проставки, установленного на предварительно обработанную торцевую поверхность верхнего пояса, производят следующим образом. По вертикальной оси насосного агрегата через проставку опускают струну из стальной проволоки диаметром 0,3 — 0,5 мм с грузом массой 5 — 15 кг на конце, опущенным в ведро с маслом. Цилиндрическая поверхность фундаментных плит нижней крестовины электродвигателя является базовой. С помощью микрометрического нутромера цилиндрическую расточку в верхнем фланце проставки центрируют относительно струны отвеса с погрешностью до 0,03 мм. Торцевую поверхность фланца с помощью брускового уровня и регулировочных болтов устанавливают в горизонтальное положение с погрешностью не более 0,02 мм на 1 м длины.

После выверки проставки жестко прикрепляют к выправляющему аппарату и проводят контрольную проверку центрирования и горизонтальности верхнего фланца. Затем краном опускают станок на проставку и соединяют их, контролируя при этом плотное прилегание сопрягаемых поверхностей.

Заключительной операцией при подготовке станка к работе является установка съемной опоры. Для этого на конец шпинделя устанавли-

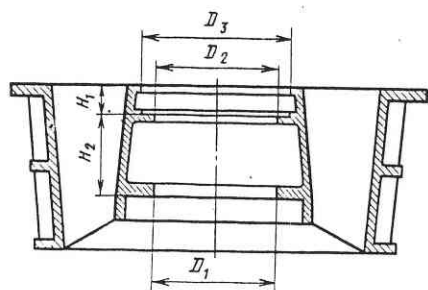


Рис. 10.6. Схема измерения параметров выправляющего аппарата

ливают съемную опору и винтовыми домкратами прикрепляют ее к выправляющему аппарату. При этом с помощью двух индикаторов, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях, контролируют отклонение шпинделя от вертикальной оси.

После настройки резцов на заданную глубину резания включают механизмы вращения и рабочей подачи шпинделя, производя одновременно расточку предварительно наплавленных поверхностей в верхнем и нижнем поясках. Расточку отверстий до номинального размера производят за несколько проходов. После каждого прохода механизм вращения шпинделя отключают, а механизм подачи переключают на ускоренный отвод. В результате этого шпиндель перемещается в исходное верхнее положение, в котором производится установка резца на заданную глубину резания.

После каждого прохода производят измерения диаметров расточенных отверстий специальной скобой.

Техническая характеристика переносного станка для растачивания отверстий в выправляющем аппарате насоса типа ОПВ10-260ЭГ приведена ниже:

Диаметр растачиваемого отверстия в поясках, мм:	
верхнем	1020 Н7
нижнем	1000 Н9
Длина расточки, мм	60
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	22
Рабочая подача резца, мм/об	0,15
Мощность двигателей привода, кВт	7,7
Масса, кг	1800
Габаритные размеры, мм	1190 × 1190 × 3600

После окончания ремонта выправляющего аппарата производят измерения диаметров расточек в двух перпендикулярных плоскостях и их высотного положения (рис. 10.6). Результаты измерений заносят в формуляр (табл. 10.1).

Таблица 10.1. Формуляр измерения параметров выправляющего аппарата

Значение	D ₁ , мм		D ₂ , мм		D ₃ , мм		H ₁ , мм	H ₂ , мм
	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y		
Фактическое								
Допустимое	D _{1 ном} Н7		D _{2 ном} Н9		D _{3 ном} Н9		—	—

10.3. РЕМОНТ КОРПУСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Рабочая поверхность спирального корпуса центробежного насоса одновременно подвержена разрушающему воздействию кавитации и гидроабразивному изнашиванию, вызываемому несомыми потоком твердыми частицами.

Как показал опыт длительной эксплуатации, износостойкость корпусов сварно-литой конструкции (см. рис. 3.5) из углеродистой стали марки 25Л недостаточна. В корпусе наиболее интенсивному износу подвержены торцевые и боковые стенки по всему периметру спирального отвода, а также рассекатель. Разрушения корпуса носят обширный характер, а в ряде случаев стенки и рассекатель имеют сквозные разрушения.

Корпуса крупных центробежных насосов, как правило, забетонированы и демонтажу не подлежат, поэтому их ремонт производят на месте установки.

Восстановление поверхностей с кавернами глубиной до 2 мм ограничивается зачисткой поврежденного места наждачным камнем при помощи пневматической или электрической машины.

Более глубокие повреждения восстанавливают методом электронаплавки (см. гл. 8). Восстановление корпусов этим методом связано с большими трудностями из-за высокой трудоемкости работ, больших объемов наплавки и расхода электродов, невозможности механизации трудоемких операций, плохих условий работы в ограниченном пространстве.

С целью снижения трудоемкости и сроков ремонтно-восстановительных работ в последнее время получил распространение метод восстановления корпусов центробежных насосов посредством наформовки полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе клеев типа "Адгезив" с силикатными наполнителями.

Технологический процесс нанесения защитных покрытий включает в себя:

подготовку поверхности ремонтируемой детали;
приготовление полимерных композиций;
нанесение (наформовку) защитных покрытий;
контроль качества ремонтных работ.

Обязательным условием высокого качества и долговечности ремонта с использованием ПКМ является тщательная подготовка поверхностей, подлежащих восстановлению. При наличии крупных сквозных отверстий в ремонтируемых деталях их необходимо заварить. Поверхности должны быть очищены от всевозможных загрязнений – ржавчины, окалины, остатков ранее нанесенных покрытий, консервационной смазки, жиров и др. Для очистки поверхности применяют ручные металлические щетки, песко- и дробеструйные аппараты, угловую пневматическую щетку типа УЩПР-1. После очистки на поверхности металла не должно быть окалины и следов коррозии. Очищенные поверхности должны быть шероховатыми и иметь ровный серый цвет металла. Допускается наличие ржавчины в язвинах и раковинах суммарной площадью не более 10% зачищаемой поверхности.

Для очистки труднодоступных мест применяют химико-механический способ. Участок поверхности, подлежащей очистке, периодически смачивается моющим раствором, и одновременно металлической щеткой производится удаление окалин и продуктов коррозии. Для очистки применяется моющий раствор следующего состава:

Вода, л	1
Эмульгатор ОП-7 или ОП-10, г	50
Карбоксилметилцеллюлоза, г	3
Уайт-спирит, г	300
Соляная кислота, г	50
Ортофосфорная кислота, г	50

Снятые окалину и ржавчину, не давая высохнуть моющему раствору, смывают струей пресной воды.

Сушку очищенной поверхности производят с помощью обдувки подогретым воздухом и обработки электрическими или газовыми термоинфракрасными излучателями.

Приготовление полимерной композиции производится в количестве, необходимом для разового использования с учетом ее жизнеспособности, т.е. времени нахождения в жидком состоянии и возможности использования в технологическом процессе.

Рецептура полимерных клеевых композиций приведена в табл. 10.2.

Таблица 10.2. Составы полимерных клеевых композиций без наполнителя, массовые доли

Клеевая композиция	Основа	Реактивно-способное поверхностно-активное вещество (РПВА)	Инициатор	Ускоритель
"Адгезив-ЭР" ("Спрут-9М")	Ненасыщенная полиэфирная смола НПС-609-21М, 100	Модифицирующая добавка – продукт МДИ, 70	Пероксид метилэтилкетона ПЭМК, 4	Нафтенат кобальта НК-1, 4
"Адгезив-С" ("Спрут-5МДИ")	Полиэфирная смола ПН-1 или ПН-3, 100	Модифицирующая добавка: макродиизоцианат-продукт МДИ, 80	Пероксид метилэтилкетона, 2 – 4	Нафтенат кобальта НК-1, 2 – 4
"Адгезив-ПМ"	Смесь полиэфирных смол, 100	Модифицирующая добавка: макродиизоцианат-продукт МДИ, 30	Пероксид метилэтилкетона, 2	Нафтенат кобальта НК-1, 2 – 4

Полимерную композицию приготавливают в чистой сухой эмалированной, полиэтиленовой или стеклянной посуде. Сначала приготавливают смесь из основы, модифицирующей добавки и ускорителя (если он не введен в основу) в массовых долях согласно рецептуре. Смесь тщательно перемешивают в течение 1–2 мин. Жизнеспособность полученной смеси составляет до 5 ч.

Непосредственно перед использованием в приготовленную смесь добавляют соответствующую порцию инициатора и вновь перемешивают в течение 1–2 мин до полной однородности.

Затем в состав композиции вводят наполнитель в соотношении с основой (300 ÷ 600) : 100 и все это тщательно перемешивают в течение 5–8 мин до получения пастообразной массы нужной консистенции.

В качестве наполнителя при восстановлении корпусов насосов чаще всего применяют карбид кремния фракционного состава от 0,1 до 5 мм. Крупных зерен диаметром 3–5 мм должно быть 40%, средних зерен диаметром 1–3,5 мм – 30% и мелких зерен диаметром менее 1 мм – 30%. Наполнитель должен быть сухим и чистым с содержанием пылевидных частиц менее 3%.

Перемешивание смеси с наполнителем до полной однородности производят лопастными мешалками с электроприводом или вручную.

Очищенные поверхности сразу же должны быть огрунтованы свежеприготовленным составом "Адгезив" без наполнителя. Грунтовочный состав наносится тонким равномерным слоем без пропусков или подтеков. Он тщательно втирается тампоном из ветоши или щетинной кистью до полного смачивания поверхности клеем.

После выдержки грунтовочного слоя на ремонтируемой поверхности "до отлипа" сразу же производят наформовку полимерной композиции требуемой толщины посредством деревянного, стального, резинового или пластикового шпателя. Композицию разравнивают на ремонтируемой поверхности шпателем, смоченным клеем, придавая ей необходимую геометрию с помощью шаблона и оснастки. Наформовку полимерной композиции на всей ремонтируемой поверхности производят без перерыва в работе.

Различные дефекты наформовки устраняют шпаклевкой композиций соответствующего состава.

Зачистку неровностей при исправлении дефектов наформовки (напылы, волнистости) производят абразивным кругом или наждачной бумагой после ее отверждения.

Качество полимерных композиционных покрытий определяется качеством применяемых компонентов, тщательным соблюдением режимов технологического процесса подготовки поверхностей, приготовления, нанесения и отверждения ПКМ.

Контроль геометрического профиля восстановленных поверхностей производится с помощью шаблонов.

Корпус насоса, отремонтированный с применением клеевой композиции, допускается к сборке не ранее чем через 4–7 сут, а к эксплуатации – не менее чем через 15–20 сут после ремонта.

Глава одиннадцатая

РЕМОНТ ВАЛОВ

11.1. ИЗНОС И ПОВРЕЖДЕНИЯ

Валы крупных насосов относятся к наиболее нагруженным деталям. При работе насоса на вал действуют значительные нагрузки, создаваемые массой ротора, гидравлическими силами и силами динамической неуравновешенности. В связи с этим при ремонте к валам крупных насосов предъявляются высокие требования как по качеству восстановления изношенных поверхностей, так и по точности и чистоте их обработки.

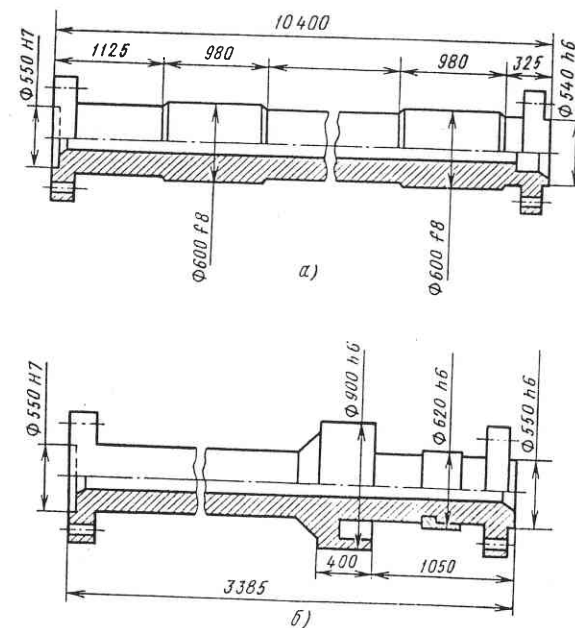


Рис. 11.1. Схемы валов крупных насосов:

а, б – осевых типа ОПВ10-260 ЭГ и центробежных типа 2400В-25/40

На рис. 11.1 показаны типовые конструкции валов крупных насосов. Валы насосов изготавливают цельноковаными с двумя фланцами на концах из стали 35. Валы осевых насосов (рис. 11.1, а) в зоне сопряжения с направляющими подшипниками на водяной смазке имеют шейки, наплавленные нержавеющей сталью марки 12Х18Н10Т на глубину 5 мм. На торцах фланцев выполнены технологические центровые отверстия.

Валы крупных центробежных насосов типа В (рис. 11.1, б) с направляющими подшипниками на масляной смазке в зоне контакта с подшипником имеют направляющий пояс, а в зоне контакта с уплотнением – съемную или приваренную защитную втулку из нержавеющей стали.

Наиболее характерным повреждением валов крупных насосов является износ шеек в месте сопряжения с направляющими подшипниками и уплотнениями. Интенсивный износ этих пар трения происходит из-за большого количества абразивных примесей в технической воде, предназначенной для смазки подшипников. Значительные зазоры между валом и подшипником увеличивают биение вала и вызывают повышенную вибрацию насосного агрегата. Кроме того, лопасти

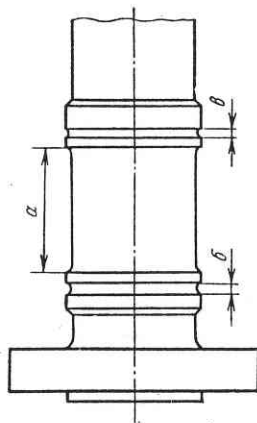


Рис. 11.2. Износ шейки вала осевого насоса

рабочего колеса насоса начинают задевать за стенки камеры рабочего колеса.

На валах обычно обнаруживают следующие дефекты, которые устраняют в период ремонта: механический износ центрирующих выступов; повышенное торцевое биение фланцев вала; несоосность шеек и центров отверстий; выработку или отслоение нержавеющей стали на шейках вала; прогиб вала.

На рис. 11.2 показан износ нижней шейки вала осевого насоса. Наиболее интенсивному износу шейка вала подвержена в зоне контакта с направляющим подшипником (зона а) и в зонах контакта с нижним (зона б) и верхним (зона в) контактными уплотнениями вала. В остальных местах шейка не изнашивается и ее диаметр остается неизменным в процессе эксплуатации.

Длительными наблюдениями установлено, что шейка вала, сопрягающаяся с нижним подшипником, имеет больший износ по сравнению с шейкой вала, сопрягающейся с верхним подшипником. Шейки в основном имеют равномерный износ по диаметру и высоте с характерными кольцевыми рисками глубиной 0,1–0,5 мм по всей высоте зоны трения, что свидетельствует об абразивном характере изнашивания. Установлено также, что значительная часть нижних шеек (около 22%) имеет односторонний "серповидный" износ. При этом неравномерность износа достигает 1–1,2 мм. Односторонний износ образуется в результате механического и гидравлического дисбалансов рабочего колеса, а также излома и отклонения общей линии вала агрегата от вертикального положения выше допустимого значения.

Износы и повреждения валов можно разделить на четыре группы: дефекты поверхностей (кольцевые выработки, наволакивание и вырывы металла), сопрягаемых с направляющим подшипником скольжения;

дефекты изменения формы и взаимного расположения поверхностей (отклонение от круглой, цилиндрической форм и нарушение соосности, прогиб);

дефекты поверхностей, сопрягаемых с контактными уплотнениями вала (сальниковым, манжетным);

дефекты в сопряжениях фланцев валов (износ торцов и центрирующих поверхностей).

Все перечисленные дефекты валов относятся к категории восстанавливаемых.

11.2. ПРАВКА ВАЛОВ

Чтобы правильно наметить способы правки искривленного вала, необходимо определить место, значение и направление прогиба.

Для определения значения и направления прогиба необходимо произвести индицирование линии вала. Если индицирование производится не на станке, а на специальном стенде или непосредственно в агрегате, то надо следить, чтобы вал при проворачивании не смещался ни в боковом, ни в осевом направлении. Перед измерениями биения размечают вал по окружности на восемь частей в каждом проверяемом сечении. Запись показаний индикатора по каждому сечению при проворачивании ротора производят в следующем порядке: ножку индикатора устанавливают против первой отметки на валу; показания индикатора приводят к нулю; ротор проворачивают вручную или краном до совпадения ножки индикатора со второй отметкой, затем с третьей отметкой и так далее до первой отметки. Повторное измерение в первой точке является контрольным, т.е. повторное показание индикатора в первой точке должно совпадать с первоначальным (должно равняться нулю). Это показывает, что индикатор во время проворачивания не был сбит, а также ротор проворачивается без осевых или поперечных смещений. Во всех точках записывают показания индикатора со знаком "+" или "-" в зависимости от отклонения стрелки индикатора от нуля. Таким же образом поступают в каждом проверяемом сечении вала.

После окончания индицирования вала определяют точку его максимального боя. В контролируемых сечениях фиксируют показания индикатора в диаметрально противоположных точках. Определяют место наибольшего биения и точку, где эта величина имеет положительное значение (т.е. записана со знаком "+"). Это является местом максимального прогиба вала, значение прогиба равно половине значения биения. Точное место и направление определяют построением кривой прогиба, которую строят по измеренным значениям радиального биения вала в контролируемых сечениях. Если точки максимального биения расположены по одной образующей вала, то имеет место прогиб без скручивания вала, в противном случае будет иметь место прогиб с одновременным скручиванием. В этом случае кривую

прогиба строят для каждой из плоскостей продольного сечения вала, нумеруя их соответственно точкам измерений.

При индцировании следует иметь в виду, что если при одном провороте вала стрелка индикатора показывает два максимума и два минимума и эти показания как в сторону плюса, так и в сторону минуса примерно одинаковы, то вал в данном сечении имеет форму эллипса. Иногда встречается односторонний износ шеек вала. Для того чтобы отличить эллипсность и односторонний износ шеек вала от прогиба, необходимо перед индцированием измерить диаметры шеек микрометрической скобой и в дальнейшем учитывать эти измерения. Максимально допустимые эллипсность и конусность шеек не должны превышать 0,05 мм.

При нормальной эксплуатации прогиб вала в любом его сечении не должен превышать 0,08 мм, так как больший прогиб снижает общую надежность работы насоса и его необходимо ликвидировать.

Применяют следующие методы правки вала: наклеп, термический, термомеханический и релаксации напряжений. Все перечисленные методы, кроме наклепа, связаны с нагревом вала. Выбор того или иного метода зависит от значения прогиба, диаметра, длины и материала вала.

Правку вала методом наклепа производят следующим образом. Вал устанавливают в специальное приспособление вогнутой стороной вверх, жестко закрепляют один его конец и в месте прогиба домкратом немного снизу приподнимают, создавая в валу напряжения. Затем с помощью зубила, имеющего ширину 30–40 мм и толщину 7–10 мм, наносят удары по выбранному месту. При наклепывании поверхностные слои металла с вогнутой стороны стремятся к удлинению, а так как удлинения не происходит (вокруг них находятся волокна металла, препятствующие удлинению), то в них возникают усилия, выпрямляющие вал. Таким образом, выпрямление вала достигается образованием в металле внутренних усилий.

В процессе чеканки после 10–15 ударов (в зависимости от значения прогиба) освобождают домкрат и зажимное устройство, и, проверив вал по индикатору, определяют степень его выпрямления. При необходимости процесс чеканки продолжают. Правка считается законченной, когда достигнут прогиб в обратную сторону на 0,03–0,04 мм.

Вал в выпрямленном состоянии будет находиться до тех пор, пока внутренние усилия в металле вала не уменьшатся. Недостатками этого метода являются порча поверхности вала и возможность выпрямления валов, имеющих относительно небольшие диаметры. Метод наклепа – самый старый метод правки валов.

Наиболее распространен термический метод правки валов, так как он прост и легко применим. Этот метод основан на одностороннем местном нагреве вала, вызывающем его прогиб. При правке термическим методом производят интенсивный местный нагрев выпуклой стороны до пластичного состояния на малую глубину. Остальное сечение вала должно оставаться по возможности холодным. Вследствие расширения нагретого участка вала сначала прогиб его увеличивается. В результате сопротивления холодной части вала в верхнем слое возникают усилия сжатия. При остывании пластически сжатых волокон создаются усилия, выпрямляющие вал. Термический способ правки применяется для валов, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей марок 35 и 40, при относительно небольших прогибах. Этим способом можно править валы на месте их установки, без демонтажа. Необходимо иметь в виду, что при правке валов этим способом возможны следующие дефекты: высокие растягивающие усилия на границах местного нагрева и остальной части поверхности вала, появляющиеся в результате местного нагрева, что может привести к образованию мельчайших, трудно выявляемых поверхностных трещинок; поверхностная закалка металла в месте нагрева; появление местных напряжений, имеющих значения выше предела прочности, что может привести к разрушению вала.

Процесс правки термическим способом производят следующим образом. После определения значения прогиба вал ставят выпуклой стороной вверх. Место правки плотно обертывают асбестовым листом, закрепляемым проволокой. Для местного нагрева в листе вырезают отверстие шириной 0,1–0,15 диаметра вала и длиной примерно 0,3 диаметра вала. Нагрев производят автогенной горелкой № 7. При диаметре вала более 400 мм следует применять две горелки. Горелки дают резкий нагрев, не допуская в то же время подплавления металла. Для этого язычок пламени горелки должен быть как можно ближе к поверхности металла вала, но в то же время не должен касаться его.

Нагрев начинается с центра, а затем горелка должна все время передвигаться к краям отверстия, вырезанного в асбестовом листе, и снова возвращаться к центру, где дается максимальный нагрев. Температура нагрева не должна превышать 650 °С (место нагрева должно быть темно-вишневого цвета). В процессе нагрева происходит выпучивание вала, причем это выпучивание должно контролироваться. Контроль производится индикаторами, установленными на некотором расстоянии от места правки – сверху и снизу вала – таким образом, чтобы деформация вала была достаточно ясно выражена их показаниями. Если правка производится далеко от места опоры вала, то ин-

Таблица 11.1. Время нагрева одной горелкой, мин,
в зависимости от диаметра и прогиба вала

Диаметр вала в местах правки, мм	Искривление линии вала, мм					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
150	1	2	4,5	6,5	8	9
200	2	3	6	8	10	12
250	3,5	5,5	8	10	12	15
300	5	7	10	12	14	18
400	8	11	14	18	—	—

дикаторы лучше всего устанавливать ближе к месту правки, но так, чтобы пламя горелки не нагревало индикаторы; если же правка производится недалеко от точки опоры, то в этом случае индикатор лучше всего устанавливать по другую сторону опоры.

Время нагрева можно устанавливать по табл. 11.1, где приведено ориентировочное время нагрева одной горелкой в зависимости от диаметра вала и значения прогиба.

В этой таблице предусмотрен нагрев горелкой № 7. При правке горелкой № 6 время необходимо увеличить примерно в 1,5 раза. При правке двумя горелками время следует уменьшить вдвое. Во время нагрева следует очень внимательно следить за цветом накаливаемого металла и не допускать перегрева металла выше температуры 650 °С, т.е. очень слабого свечения темно-бурого цвета в темноте. Одновременно необходимо наблюдать по индикаторам за значением деформации вала в процессе нагрева для того, чтобы приостановить нагрев, когда прогиб вала в месте нагрева достигнет четырех- или пятикратного значения выпрямляемого прогиба. После окончания нагрева место обработки закрывается куском асбестового листа. В таком положении вал в течение 3–4 ч полностью охлаждается, затем снимается асбестовая накладка и проверяется оставшееся значение прогиба вала. На основании этого измерения определяется степень выправления и в случае необходимости намечается режим дальнейших нагревов для доводки линии вала до допустимых норм.

Недостатком этого метода правки вала является присутствие остаточных напряжений в металле вала, что может в процессе длительной эксплуатации привести к частичному возвращению искривления вала. Этим методом нельзя править валы, изготовленные из высоколегированных сталей и работающие в области высоких температур.

Правка вала методом релаксации заключается в том, что при прогреве участка вала по всей окружности и на глубину сечения в месте

искривления вал одновременно подвергают упругой деформации при помощи нажимного устройства. В нагретом и напряженном состоянии вал выдерживают в течение некоторого времени в зависимости от прочности стали, значения искривления и выбранной температуры правки. Под действием нагрузки и повышенной температуры упругая деформация переходит в пластическую, одновременно снижаются внутренние напряжения. Это явление называется релаксацией.

Для осуществления правки вал укладывается на специальное поворотное приспособление, покрывается чешуйчатым графитом, который смешивается с машинным или льняным маслом по всей поверхности, кроме места измерения биения вала, и плотно обертывается асбестовым шнуром (желательно в два слоя). Наиболее удобно применять асбестовый шнур диаметром 12 мм.

Предварительно, до обертывания, необходимо уложить термопреобразователи и вывести провода к месту, где удобно будет измерять температуру нагрева. Термопреобразователи и провода необходимо обернуть вместе с валом асбестовым шнуром. Способы заделки термопреобразователей не сложны. Для измерения температуры до 800 °С должны применяться термопреобразователи из хромель-алюмеля. Они должны быть градуированы до указанной максимальной температуры вместе с гальванометром. Гальванометр градуируется таким образом, чтобы минимальное деление шкалы было не более 20 °С.

Расстановка термопреобразователей производится таким образом, чтобы можно было измерять температуру вала в месте нагрева и со всех сторон от места нагрева, наблюдать за степенью распространения температуры по длине вала. В месте нагрева желательно ставить по два термопреобразователя, диаметрально противоположно расположенные. Провода их, проходящие через нагретую зону вала, должны быть изолированы фарфоровыми бусами или же асбестовым шнуром. Они располагаются вдоль вала и крепятся к нему асбестовым шнуром, концы их выводятся возле шейки вала таким образом, чтобы они не мешали вращению вала. В месте вывода можно концы подсоединить к розеткам, закрепленным на валу.

На вал в месте нагрева наматывается катушка индукционного нагревателя, которая жестко закрепляется на раме или какой-нибудь специальной опоре. Катушки выбираются в соответствии с диаметром вала в нагреваемом месте. Так, для нагрева вала диаметром 300 мм до температуры 650 °С требуется катушка с магнитодвижущей силой около 20 000 А. Катушка делается шириной 300–600 мм в зависимости от места ее расположения. В зависимости от силы тока используется кабель с площадью сечения от 60 до 200 мм². Для катушки лучше всего брать медный многожильный гибкий кабель.

Таблица 11.2. Допустимые напряжения

Марка стали	Предел прочности, МПа, при температуре, °С		Допустимое напряжение, МПа, при температуре 600 °С
	20	600	
30	520	156	78
40	550	160	80
50	630	220	110
40ХН	650	200	100
35ХМ	700	210	105
30ХНЗМ	870	270	135

Наиболее целесообразным является использование для нагрева вала индукторов, которые применяются для термообработки стыков трубопроводов после сварки. Внутренний диаметр индуктора определяется диаметром вала, толщиной слоя изоляции и размером зазора (12–15 мм), обеспечивающим свободное вращение вала. Вал устанавливается выпуклой стороной вверх, собирается нажимное устройство и им создается натяжение для выправления вала.

Внешняя нагрузка, которая создает изгиб вала в сторону, обратную имеющемуся прогибу, определяется искривлением вала, температурой нагрева, релаксационной характеристикой стали и временем выдержки в напряженном состоянии. Допустимое напряжение при прогибе для правки в один прием ограничивается опасностью концентрации напряжений в месте приложения нагрузки для выправления и опасностью образования трещин на растягиваемых волокнах металла. Исходя из этих соображений рекомендуется создавать такие напряжения в металле, которые не превышали бы половины временного сопротивления разрыву или предела прочности при растяжении данных сталей при температуре 600 °С. В табл. 11.2 приводятся допустимые напряжения для сталей отдельных марок.

Если нет данных о пределе прочности при растяжении, то можно принимать максимальное допустимое напряжение равным 50 МПа. Усилие, которое должно быть приложено для того, чтобы напряжение в сечении вала не превышало 50 МПа, и соответствующую этому напряжению стрелу прогиба определяют расчетным путем.

Усилие P подсчитывается по следующим формулам:

усилие приложено не в середине вала:

$$P = \sigma Wl/(ab),$$

где σ – внутреннее напряжение (либо допустимое напряжение при

температуре 600 °С); l – длина вала между опорами; a, b – длины плеч от опоры до места приложения нагрузки P ; W – момент сопротивления; внешняя нагрузка приложена в середине вала:

$$P = 4\sigma W/l;$$

выправляется передний или задний конец вала, т.е. консольная часть вала, и усилие P приложено на конце вала:

$$P = \sigma W/l.$$

Практическое приложение силы P проверяется стрелой прогиба вала, которая получается при изгибе вала натяжным приспособлением. Эта стрела прогиба подсчитывается по следующим формулам: усилие P приложено не в середине вала:

$$f = Pa^2b^2/(3EJ),$$

где E – модуль упругости; J – момент инерции; усилие P приложено в середине вала:

$$f = Pl^3/(48EJ);$$

усилие P приложено на конце вала:

$$f = Pl^3/(3EJ).$$

Следует иметь в виду, что для прогибов валов менее чем на 0,2 мм необходимо учитывать во время правки их прогиб от собственной массы f_c . В этом случае усилие P необходимо уменьшить на усилие P_c , рассчитанное по формуле

$$P_c = 8\sigma W/l,$$

а стрелу прогиба f – на прогиб f_c , рассчитанный по формуле

$$f_c = 5Pl^3/(384EJ).$$

Если фактическое значение прогиба, подлежащего выправлению, более рассчитанного значения f , то правка вала должна происходить в несколько приемов с таким расчетом, чтобы каждое приложение усилий нажимным устройством не вызывало значения прогиба более рассчитанного значения стрелы прогиба f , следовательно, получаемые при этом напряжения в сечении вала не будут превосходить допустимых.

Таблица 11.3. Релаксационные характеристики сталей различных марок

Марка стали	Выдержка, ч	Релаксация, %, при температуре, °C		
		450	550	600
30	1	30	60	70
	5	36	66	76
	10	40	70	85
40	1	28	66	74
	5	40	71	77
	10	45	73	84
35ХМ	1	20	28	63
	5	24	33	63
	10	26	35	76
30ХНМ	1	36	58	77
	5	48	66	80
	10	61	70	90
30ХНЗМ	1	40	57	70
	5	62	78	90
	10	63	79	94

При нажиме для создания упругого прогиба вала во время правки необходимо следить за тем, чтобы вал прогибался строго вертикально. Для этого нажим следует производить равномерно, одновременной подтяжкой гаек нажимного устройства. Создав необходимый нажим и проконтролировав его по стреле прогиба, включают питание индукционной катушки, нагревают вал до выбранной температуры правки и выдерживают его в напряженном и нагретом состоянии. Температуру нагрева и время выдержки выбирают по релаксационным характеристикам стали данной марки, примеры которых приведены в табл. 11.3.

Если прогиб вала большой (более 0,5 мм), то температура правки берется высокой (около 600 °C). При начальных малых прогибах вала и при доводке в конце правки температура нагрева принимается примерно 530–550 °C с соблюдением небольшой (15–20 мин) выдержки. По окончании выдержки и после снятия напряжений от нажимного устройства вал изолируют асбестом и охлаждают при его вращении, иначе вал может получить прогиб. После остановки вала, охлаждения его до температуры окружающего воздуха и контрольной проверки биения снимают тепловую изоляцию, удаляют термопреобразовате-

ли, смывают графитовое покрытие и снимают окончательную кривую биения вала.

Метод релаксации выгодно отличается от других методов правки тем, что после правки в металле вала отсутствуют остаточные напряжения, обеспечивающие его устойчивую работу при дальнейшей эксплуатации.

11.3. АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА ШЕЕК

В практике ремонтных предприятий для восстановления изношенных шеек валов насосов наибольшее распространение получил способ автоматической наплавки под слоем флюса и в среде защитных газов.

Сущность способа наплавки под слоем флюса (рис. 11.3) заключается в том, что электрическая дуга горит в пространстве, ограниченном флюсом. В зону горения электрической дуги автоматически подается сыпучий флюс в гранулах размером 1–4 мм и электродная проволока через мунштук. Под действием высокой температуры часть флюса плавится, образуя вокруг дуги электрическую оболочку из жидкого флюса, которая защищает расплавленный металл от воздействия воздуха (окисления), поглощения азота и других элементов. Вследствие этого наплавленный металл приобретает высокую пластичность, так как в нем оказывается примерно в 20 раз меньше кислорода и в 3 раза меньше азота, чем при ручной наплавке. Кроме того, жидкий слой флюса уменьшает разбрызгивание и удар металла, улучшает формирование наплавленного слоя, использование теплоты дуги

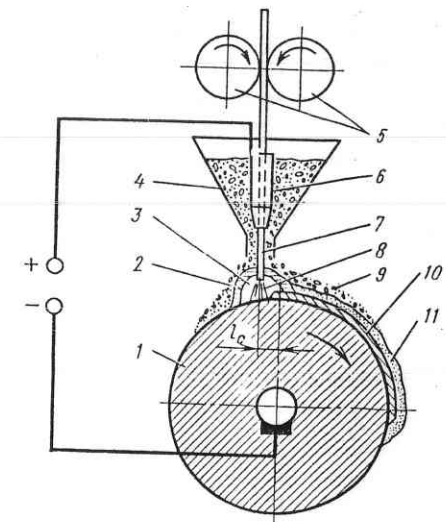


Рис. 11.3. Схема автоматической наплавки вала под слоем флюса:

1 — наплаваемая деталь; 2 — оболочка жидкого флюса; 3 — эластичная оболочка; 4 — бункер; 5 — механизм подачи проволоки; 6 — мунштук; 7 — электродная проволока; 8 — электрическая дуга; 9 — флюс; 10 — наплавленный металл; 11 — шлаковая корка

и металла электродной проволоки. Образованная при остывании шлаковая корка способствует медленному охлаждению расплавленного металла и протеканию процесса его структурных превращений.

При наплавке под слоем флюса потери металла на разбрызгивание и угар не превышают 4%, тогда как при ручной наплавке они достигают 25–30%, т.е. в 10 раз больше; потери электродной проволоки снижаются за счет уменьшения ее вылета (расстояния от мундштука б до детали 1). Наплавка проводится на постоянном токе напряжением 25–40 В при прямой полярности. Обычно для наплавки используются токарные станки, которые с помощью редуктора позволяют получать частоту вращения шпинделя, составляющую 0,2–5 мин⁻¹.

Автоматическая наплавка эффективна в тех случаях, когда нужно наплавить слой толщиной более 3 мм, а глубокое проплавление нежелательно, так как оно увеличивает деформацию детали. Главным фактором, влияющим на глубину проплавления, является сила тока:

$$h = k \sqrt{I^4 / (v_n U)},$$

где h – глубина проплавления, мм; k – коэффициент; I – сила тока, А; v_n – скорость наплавки, мм/мин; U – напряжение, В.

На глубину проплавления оказывает влияние размещение электрода относительно детали. В практике применяют наплавку углом вперед, при которой глубина проплавления меньше, чем при наплавке углом назад. Глубина проплавления также уменьшается с увеличением вылета электрода.

Для наплавки под слоем флюса применяют устанавливаемые на токарных станках головки типов А-580, ОКС-1031Б, ОКС-1252М.

Качество наплавленного металла и его износостойкость зависят от марок электродной проволоки, флюса и режима наплавки.

Для наплавки низкоуглеродистых и низколегированных сталей используют проволоку из низкоуглеродистых (Св-08, Св-08А), марганцовистых (Св-08Г, Св-08ГА) и кремниймарганцовистых (Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС) сталей.

Стали с большим содержанием углерода наплавляют проволокой марок Нп-65Г, Нп-80, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13.

Для наплавки применяются флюсы различных марок в зависимости от назначения, химического состава и способа изготовления их.

По назначению флюсы делятся на флюсы для наплавки углеродистых и низколегированных сталей, высоколегированных сталей, цветных металлов и сплавов. Некоторые флюсы универсальны и могут быть отнесены одновременно к нескольким группам.

По химическому составу различают высококремнистые, марганцевые и бескислородные фторидные флюсы, а по способу изготовления – плавленые и неплавленные.

Плавленные флюсы представляют собой сложные силикаты, близкие по своим свойствам к стеклу. Температура их плавления – около 1200 °С. Эти флюсы, как правило, слабые раскислители. На ремонтных предприятиях наибольшее распространение получили плавленные флюсы марок АН-348А, ОСЦ-45 и АН-15, содержащие 35–43% оксида марганца. Эти флюсы способствуют устойчивому горению дуги, высокому качеству наплавки и меньшему выделению вредных примесей.

Керамические (неплавленные) флюсы – это механическая смесь мелко измельченных компонентов, связанных жидким стеклом и во многом сходных с толстыми покрытиями электродов. Преимущество керамических флюсов заключается в том, что они дают возможность получать износостойкие покрытия. Основное назначение этих флюсов – наплавка твердых сплавов с особыми свойствами и высоколегированных сталей. Размер зерен керамических флюсов составляет 1–3 мм. Наибольшее распространение при наплавке получили керамические флюсы марок АНК-3, АНК-18, АНК-19, АНК-30 и ЖСН-1.

При наплавке могут возникать такие дефекты: неравномерность ширины и высоты наплавленного валика из-за износа мундштука или подающих роликов, чрезмерного вылета электрода; наплыв металла вследствие чрезмерной силы сварочного тока или недостаточного смещения электродов с зенита; появление пор в наплавленном металле из-за повышенной влажности флюса (его необходимо просушить в течение 1–1,5 ч при температуре 250–300 °С); неустойчивая дуга как следствие ненадежного контакта.

На качество восстановления значительно влияет режим наплавки (табл. 11.4).

В качестве источников питания дуги используют преобразователи типа ПСГ-500, выпрямители типов ВС-300, ВДУ-504, ВС-600, ВДГ-301 с жесткой внешней характеристикой.

Из-за дороговизны и невозможности визуального контроля наплавки под слоем флюса валы восстанавливают также наплавкой с использованием защитных газов – аргона, углекислого газа (диоксида углерода), а также водяного пара и т. д. В этом случае наибольшее распространение получила наплавка валов в среде углекислого газа, т. е. для защиты расплавленного металла от воздействия воздуха вместо флюса в зону горения электрической дуги подается углекислый газ.

Таблица 11.4. Зависимость режима наплавки от диаметра восстанавливаемой детали

Диаметр, мм		Смещение с зенита, мм	Шаг наплавки, мм	Сила тока, А	Скорость, м/ч	
детали	электродной проволоки				подачи электродной проволоки	наплавки
50 – 60	1,6	2 – 4	3	140 – 150	75 – 80	16 – 24
61 – 75	1,6	3 – 4	3,5	170 – 180	110 – 115	15 – 28
76 – 100	2	5 – 7	4,5	180 – 200	125 – 130	16 – 32
101 – 200	2 – 3	8 – 10	5,6	220 – 250	160 – 170	16 – 32
201 – 300	2 – 3	10 – 15	6,7	250 – 280	180 – 190	16 – 36

При сварке в среде углекислого газа зона термического влияния значительно меньше, при этом коробление металла снижается. Это объясняется охлаждающим действием защитного газа. Однако под воздействием высокой температуры углекислый газ диссоциирует и окисляет расплавленный металл. Поэтому для раскисления наплавленного металла при наплавке применяют электродную проволоку с повышенным содержанием кремния (0,4–0,6%) и марганца (0,4–1%).

Сварка ведется на постоянном токе при обратной полярности, поскольку при переменном токе сложнее получить устойчивое горение дуги.

Для наплавки в среде углекислого газа применяются сварочные преобразователи типов ПСО-300, ПД-501, ПД-502 или универсальные сварочные выпрямители типов ВДУ-305, ВДУ-504, ВДУ-1201 и ВДУ-1601, головки типов А-580М, А-87УМ, А-38УМК, ОКС-5523 и др.

Преимущество восстановления деталей в среде углекислого газа по сравнению с наплавкой под слоем флюса состоит в видимости места наплавки, отсутствии шлаковой корки, малой стоимости углекислого газа по сравнению с флюсом и возможности наложения швов сложной конфигурации.

11.4. ОБРАБОТКА И УПРОЧНЕНИЕ

После наплавки изношенных поверхностей производят обработку вала на токарном станке до получения проектных параметров. Несмотря на большую длину и массу вала к качеству обработки сопрягаемых поверхностей предъявляются жесткие требования. Основными требованиями к качеству обработки валов являются обеспечение соосности наружных диаметров и перпендикулярности торцов фланцев к

центровым отверстиям, принятым за базу при обработке. Все аксиальные и диаметральные размеры требуется выполнить по 8-му и 7-му качествам точности. Шероховатость сопрягаемых поверхностей вала не должна превышать 1,25 мкм. Радиальное биение рабочих поверхностей шеек вала и центрирующих поверхностей должно быть не более 0,03 мм, а торцевое биение фланцев – не более 0,02 мм. Овальность и конусность посадочной шейки вала допускается в пределах половины допуска на ее диаметр:

$$(d_{\text{макс}} - d_{\text{мин}}) + (d'_{\text{макс}} - d'_{\text{мин}}) \leq \delta/2,$$

где d – диаметры, измеренные в одном поперечном сечении при определении овальности; d' – диаметры, измеренные в разных сечениях при определении конусности; δ – допуск на диаметр шейки вала.

Обработку вала производят на токарном станке, у которого длина станины позволяет устанавливать вал между передней и задней бабками. Для обработки вал устанавливают в центрах, жестко закрепленных в конических расточках шпинделей передней и задней бабок. Для передачи вращения от шпинделя передней бабки к валу его фланец зажимают в четырехкулачковом патроне планшайбы. Перед установкой вала центровые отверстия на торцах фланцев очищают и обрабатывают зенковкой или подшабривают по шаблону соответствующего центра.

Длинные и тяжелые валы обрабатывают с использованием дополнительной опоры в виде люнета. Имеющийся на валу пояс для сопряжения с люнетом предварительно протачивают до получения правильной геометрической формы. Отклонения сопряженного с люнетом пояска от цилиндрической формы дадут искажения на шейках вала при их проточке, и предъявляемые к валу требования соблюдения правильной геометрической формы обрабатываемых поверхностей не будут удовлетворены.

Наиболее точным способом подготовки базовой поверхности под люнет является ее шлифовка непосредственно над кулачками люнета с помощью специального приспособления. Если базовая поверхность имеет неправильную цилиндрическую форму, то в начале обработки слой металла, снимаемый за один оборот вала шлифовальным кругом, будет неравномерным, что легко заметить по колебаниям интенсивности искрообразования. Затем, по мере уменьшения отклонения от цилиндрической формы пояска, неравномерность снимаемого слоя будет снижаться. Шлифование пояска ведут до тех пор, пока не будет устранена неравномерность, при этом биение его не должно превышать 0,02 мм.

Токарная обработка валов подразделяется на три этапа: черновое (обдирка), получистовое и чистовое (отделка) обтачивание.

Основная задача чернового обтачивания — приблизить форму наплавки к окончательной форме вала с наименьшими затратами времени. Поэтому весь припуск на черновую обработку стремятся снять за одну установку с минимальным числом проходов. Обработку ведут проходными резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава Т5К10.

Основной задачей получистовой и чистовой обработки вала является получение проектных размеров и геометрической формы обрабатываемых поверхностей с заданной точностью.

При получистовой обработке валов все поверхности, сопрягаемые с другими деталями, обрабатывают с припуском 0,5–1 мм на диаметр, а все свободные поверхности обрабатывают окончательно.

Чистовое обтачивание вала производится при той же установке, что и при черновой и получистовой обработке. При чистовой обработке поверхности, имеющие шероховатость грубее 7-го класса, обрабатываются до проектных размеров, а поверхности с шероховатостью $R_a \leq 1,25$ мкм — с припуском 0,1–0,15 мм для следующего шлифования.

Получистовая и чистовая обработка ведутся проходными и подрезными резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава Т15К6. Для окончательной отделки шеек вала из нержавеющей стали в практике ремонта широкое распространение получил метод поверхностного пластического деформирования обрабатываемой поверхности алмазным выглаживателем. Применение алмазного выглаживателя позволяет уменьшить шероховатость обрабатываемой поверхности в 2–6 раз, повысить твердость поверхностного слоя на 20–100% и увеличить несущую способность поверхности в 2–10 раз.

При обработке алмазный выглаживатель подводят к обрабатываемой поверхности и прижимают его с силой, создавая контактное давление, равное пределу текучести металла. При одновременном вращении вала и перемещении выглаживателя вдоль образующей шейки пластическое течение металла приводит к сглаживанию неровностей поверхности с заполнением впадин микропрофиля материалом гребешков.

Схема алмазного выглаживания приведена на рис. 11.4. Выглаживание выполняется на токарном станке, в центрах которого установлен обрабатываемый вал. Алмазный выглаживатель представляет собой державку с припаянным на торце кристаллом натурального или синтетического алмаза. Рабочую поверхность алмаза выполняют в виде сферы радиусом 0,5–4 мм.

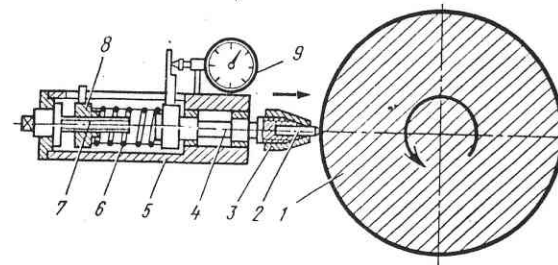


Рис. 11.4. Схема алмазного выглаживания вала:

1 — вал; 2 — алмазный выглаживатель; 3 — цанговый патрон; 4 — оправка; 5 — корпус; 6 — пружина; 7 — регулировочный винт; 8 — упорная гайка; 9 — индикатор

Алмазный выглаживатель устанавливают в державке, которая закрепляется в резцедержателе суппорта токарного станка. Державка состоит из корпуса, в котором установлена оправка с цанговым патроном для закрепления выглаживателя. Оправка поджимается к расточке корпуса пружиной, усилие которой регулируется регулировочным винтом и упорной гайкой.

Усилие поджатия алмазного выглаживателя к шейке вала регулируют винтом и контролируют индикатором при выверке.

Перед выглаживанием обрабатываемую шейку вала необходимо смазать индустриальным маслом марки И-20 и поджать к ней с определенным усилием алмазный выглаживатель. Затем следует привести вал во вращение с частотой, соответствующей скорости выглаживания, и перемещать суппорт с определенной подачей. Оптимальные характеристики режима работы алмазного выглаживателя шеек крупных валов приведены ниже:

Радиус сферы алмаза, мм	3 — 4
Усилие прижима выглаживателя, Н	200 — 300
Частота вращения вала, мин ⁻¹	10
Продольная подача выглаживателя, мм/об	0,05

Алмазное выглаживание является заключительной операцией при ремонте вала насоса. После ее завершения производят измерения

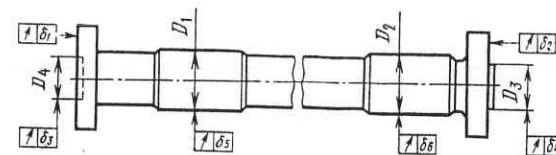


Рис. 11.5. Схема измерения геометрических параметров вала осевого насоса

Таблица 11.5. Формуляр измерения параметров вала осевого насоса

Значение	Диаметры, мм				Биение, мм					
	D_1	D_2	D_3	D_4	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6
Фактическое										
Допустимое	$D_{\text{ном}}$	f8	D_3 h6	D_4 H7		0,02			0,03	

геометрических параметров вала (рис. 11.5), а их результаты заносят в формуляр (табл. 11.5).

11.5. РЕМОНТ ВАЛОВ НА МЕСТЕ ИХ УСТАНОВКИ

Традиционная обработка валов крупных гидроагрегатов в цехах на токарных станках, связанная с их демонтажом, требует значительных материальных затрат и длительного простоя агрегатов в ремонте, а также применения уникальных металлообрабатывающих станков с длиной станины более 11 м. Во время транспортировки из ремонта и монтажа к насосному агрегату происходит нарушение точности обработки вала в результате его прогиба из-за больших длины и массы.

В связи с этим целесообразно восстанавливать вал на месте его установки, без демонтажа. Сущность этого способа заключается в проточке специальным устройством изношенных шеек вала до ремонтных размеров с использованием в качестве привода вращательного движения вала собственного электродвигателя насосного агрегата.

Конструкция устройства для обточки подшипниковых зон валов крупных осевых насосных установок приведена на рис. 11.6. Устройство состоит из корпуса, на внутренней поверхности которого выполнены прямолинейные направляющие для перемещения суппорта с резцом, а на наружной поверхности предусмотрены центрирующие и крепежные элементы с посадочной поверхностью, аналогичной корпусу демонтированного направляющего подшипника. К корпусу прикреплен механизм подачи, осуществляющий ускоренную и рабочую подачу суппорта при протачивании шейки вала. В комплект устройства входит вращающийся центр с корпусом и опорами для прикрепления его к выправляющему аппарату насоса. Вращающийся центр имеет возможность аксиального перемещения относительно корпуса для обеспечения сопряжения его рабочей поверхности с технологическим центровым отверстием, выполненным на торце вала.

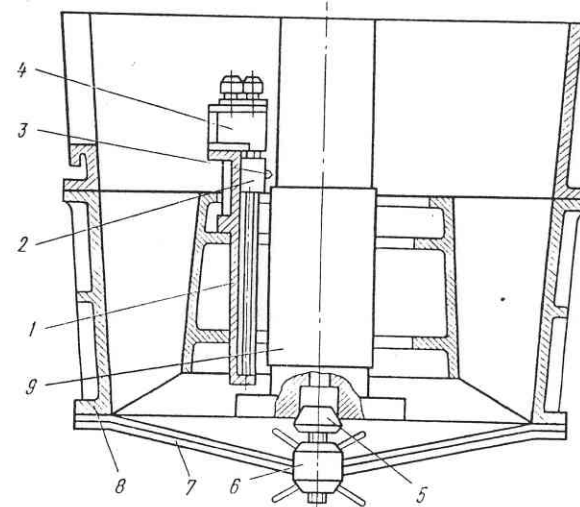


Рис. 11.6. Схема устройства для обточки шеек вала насоса типа ОПВ-260ЭГ:

1 — корпус; 2 — суппорт; 3 — резец; 4 — механизм подачи; 5 — вращающийся центр; 6 — корпус центра; 7 — опоры; 8 — выправляющий аппарат; 9 — вал насоса

Перед установкой устройства демонтируют камеру рабочего колеса, рабочее колесо насоса, переходной конус, обтекатель, верхний и нижний направляющие подшипники и уплотнения вала. После этого предварительно центрируют вал с выверкой его общей линии. Затем на сегментах верхнего и нижнего направляющих подшипников электродвигателя устанавливаются минимальные зазоры, равные 0,05–0,1 мм.

Схема обточки шеек вала осевого насоса представлена на рис. 11.7. Первоначально для создания опоры вала вместо демонтированных направляющих подшипников устанавливается и прикрепляется к выправляющему аппарату вращающийся центр. Аксиальным вращением центра относительно корпуса производят сопряжение его рабочей поверхности с поверхностью центрирующего отверстия вала. При этом контролируется и не допускается смещение общей линии вала относительно вертикальной оси агрегата. Контроль осуществляется двумя индикаторами, установленными на нижней шейке вала в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, а регулировка — регулировочными болтами, находящимися на опорах вращающегося центра. Затем производят установку, выверку относительно оси вала и закрепление устройства для обточки на посадочные места демонтированного верхнего или нижнего направляющего подшипника насоса в горловине или выправляющем аппарате.

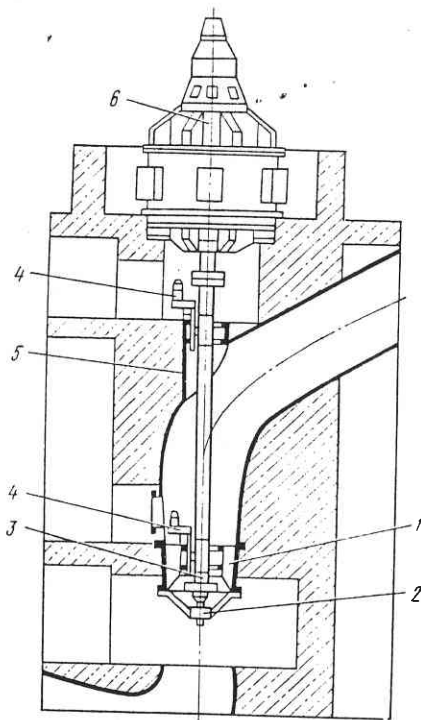


Рис. 11.7. Схема обточки шеек вала насоса типа ОПВ-260ЭГ на месте его установки:

1 — выправляющий аппарат; 2 — вращающийся центр; 3 — вал насоса; 4 — устройство для проточки; 5 — горловина; 6 — электродвигатель

Обточка шейки вала происходит при одновременном вращении вала электродвигателем насоса и перемещении суппорта с резцом с помощью механизма подачи (рис. 11.6). При этом резец устанавливается на заданную глубину резания. После каждого прохода производится остановка вращения вала и осуществляется контроль диаметра обрабатываемой шейки в нескольких сечениях, а также параметров шероховатости. Проточка шейки проводится до получения ближайшего ремонтного размера. В процессе резания обязательно обильное охлаждение режущего инструмента водой.

Для того чтобы при проточке обработать поверхность шейки до шероховатости, равной 2,5–1,25 мкм, необходимо для каждого типоразмера вала экспериментально подбирать подачу резца и глубину резания в зависимости от линейной скорости резания.

Техническая характеристика станка для проточки шеек вала насоса типа ОПВ-260 приведена ниже:

Диаметр протачиваемой шейки, мм ...	600
Материал наплавки шейки	Сталь 12Х18Н10Т
Частота вращения валов, с ⁻¹	4,16
Марка материала режущей пластины	ТСК10, Т15К6
Скорость резания, м/мин	471
Рабочая подача резца, мм/об	0,1
Глубина резания, мм	0,15–0,2
Жидкость для охлаждения резца ...	Техническая вода

К точности обработки и шероховатости поверхности восстановленных шеек валов предъявляются жесткие требования. Поэтому среди

преимуществ способа восстановления валов на месте их установки по сравнению со способом ремонта, требующим их демонтажа, необходимо отметить возможность достижения высокой точности обработки шеек валов на месте их установки. При восстановлении валов на месте отпадает необходимость в такой ответственной и трудоемкой операции, как выверка линии вала насоса и электродвигателя. Так, после проточки вала насоса типа ОПВ-260 с диаметром шеек 600 мм достигнуты следующие показатели: биение поверхностей шеек валов относительно вертикальной оси агрегата составляет не более 0,03 мм; отклонение диаметра шейки от номинального ремонтного размера равно 0,2 мм; допустимое отклонение от цилиндрической формы шеек равно не более 0,03 мм; шероховатость поверхности шеек $R_a = 1,25$ мкм.

После проточки шеек заключительной операцией является их алмазное выравнивание. Для этого в суппорт устройства в специальное гнездо вставляется алмазный выравниватель и производится еще два прохода шейки на рабочей подаче с усилием выравнивателя, создающим давление 30–60 Н. В результате выравнивания значение шероховатости улучшается до $R_a = 0,63$ мкм.

Глава двенадцатая

РЕМОНТ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПОДШИПНИКОВ

12.1. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ С БАББИТОВЫМИ ВКЛАДЫШАМИ

Многолетний опыт эксплуатации крупных центробежных насосов с направляющими подшипниками на масляной смазке (см. рис. 3.8) показал их высокую надежность и долговечность при условии хорошей работы уплотнения вала со стороны проточной части и герметичности масляной ванны. В процессе эксплуатации подшипники с баббитовыми вкладышами (сегментами) приобретают следующие наиболее характерные дефекты:

увеличение зазора между валом и сегментом вследствие износа или подплавления баббитовой поверхности трения. Недопустимым считается увеличение зазора по сравнению с проектным более чем в 1,5 раза;

выкрошивание баббита с образованием раковин и обнажением металла сегмента;

отслаивание баббитовой заливки от металла сегмента;

утечка масла из-за нарушения герметичности маслованны;

попадание воды в маслованну и повышенный нагрев подшипника из-за неисправности маслоохладителей;
нарушение изоляции.

Очищенные от грязи и масла сегменты проходят дефектацию. Дефектация проводится следующими методами:

осмотром поверхностного слоя баббита;

контрольными сверлениями отверстий диаметром 5–6 мм в наиболее изношенных участках с целью определения фактической толщины баббита;

обстукиванием подвешенной детали. При этом наносятся легкие удары латунным молотком по наружной поверхности вкладыша с целью проверки прочности сцепления баббита с основным металлом. Чистый звук без дребезжания и глухих тонов свидетельствует о плотной связи баббита с основой.

Отслаивание баббита определяют также с помощью керосиновой пробы.

После дефектации вкладыши, которые требуют ремонта, сортируют на три группы.

К первой группе относят вкладыши, требующие удаления всего слоя баббита для полной перезаливки при наличии трещин и отслаивания баббита на площади более 50 % общей площади поверхности трения, а также при подплавке и выплавке баббита.

Ко второй группе относят вкладыши, требующие удаления части баббита до основного металла для частичной наплавки при наличии трещин и отслаивании баббита на площади не более 50 % общей площади рабочей поверхности.

К третьей группе относят вкладыши с утонченным вследствие износа слоем баббита, требующие дополнительной наплавки.

Технология восстановления вкладышей, отнесенных к первой группе, включает в себя удаление старого слоя баббита, лужение рабочей поверхности, сборку вкладышей в приспособлении, заливку баббитом, растачивание и шабрение внутренней поверхности.

При удалении старого баббита вкладыш укладывают в противень и нагревают газовой горелкой с тыльной стороны до температуры 240–270 °С, после чего баббит сам отваливается или удаляется с помощью легких ударов молотка.

Лужение необходимо для защиты металла от окисления, что обеспечивает надежное соединение баббита с металлом основы.

Очищают поверхность детали стальной щеткой, удаляют заусенцы, зачищают забоины и обдувают деталь сжатым воздухом. После очистки от грязи и ржавчины деталь обезжиривают, для чего ее опускают на

10–20 мин в ванну либо с подогретым до температуры 70–80 °С 10–15%-ным раствором каустической соды с добавкой 2–3 г мыла или жидкого стекла, либо с кипящим 25–30%-ным раствором кальцинированной соды. После обезжиривания промывают деталь в горячей, а затем в холодной воде. К обезжиренной поверхности не следует прикасаться руками.

При наличии подвергшихся окислению пятен деталь подвергают травлению. Для этого поверхность сначала протирают бензином, затем дефектные места обрабатывают соляной кислотой и промывают в 10%-ном растворе каустической или кальцинированной соды и в теплой воде. Сразу после травления на поверхность детали наносят волосяной кистью флюс в виде хлористого цинка (травленной соляной кислоты) с растворенным в нем хлористым алюминием в количестве 50 г на 1 л раствора. Если отдельные места не покрываются флюсом, то деталь промывают водой и проводят повторное обезжиривание.

Непосредственно перед лужением деталь в электропечи или с помощью газовой горелки нагревают до температуры плавления полуды (для припоя ПОС-30 – до 230 °С, для баббита Б-83 – до 350 °С). Затем с помощью волосяной кисти покрывают поверхность флюсом, припудривают порошком нашатыря и натирают прутком полуды до полного покрытия поверхности тонким слоем полуды. Далее ее протирают паклей до получения ровной блестящей поверхности. Для предохранения полуды от окисления луженая поверхность обрызгивается водным раствором нашатыря, и деталь передается на заливку.

Заливка производится в специальном приспособлении (рис. 12.1), состоящем из основания с соосными проточками, в которые устанавливаются обечайка и сердечник с наружным диаметром, равным внутреннему диаметру баббитовой заливки с учетом припуска на обработку. Заливаемые вкладыши устанавливают вертикально в приспособление, в плоскости между вкладышами прокладывают стальные прокладки толщиной 1 мм, изолируемые полосками влажного асбеста. Со стороны верхнего торца вкладышей укладывают асбестовую прокладку и металлическое кольцо для образования прибыли высотой до 10 мм.

Время на сборку приспособления должно быть сокращено до минимума, чтобы предварительно нагретые вкладыши (до температуры 270–300 °С) и сердечник (до температуры 400–420 °С) не охладились. Температура проверяется с помощью контактного термопреобразователя или тонкой баббитовой палочки, которая должна оплавляться при прикосновении к детали. Если температура ниже требуемой, то необходимо подогреть вкладыши и сердечник газовой горелкой.

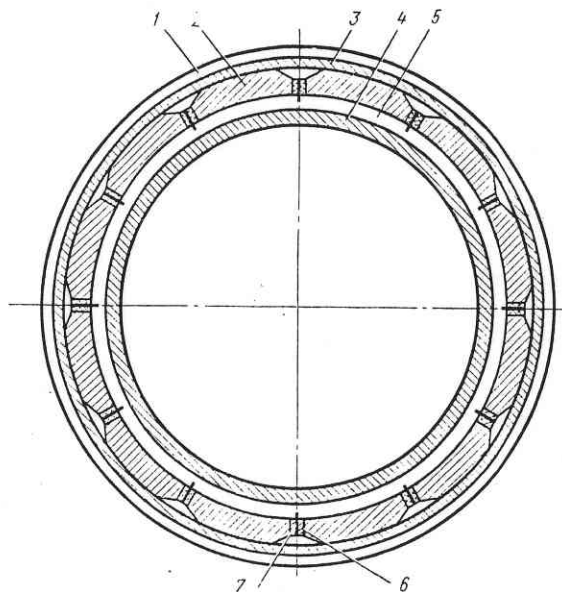


Рис. 12.1. Приспособление для заливки вкладышей баббитом:

1 — основание; 2 — вкладыш; 3 — обечайка; 4 — сердечник; 5 — заливаемый слой; 6, 7 — асбестовая и металлическая прокладки

Плавка баббита производится в глубоком тигле. Чушки баббита погружают в тигель, нагретый до температуры 400–500 °С, и расплавляют такое его количество, которое требуется для заливки подготовленных вкладышей.

Температура баббита Б-83 должна быть доведена до 410 °С, а баббита Б-16 — до 470 °С, после чего производится рафинирование и с поверхности удаляются шлаки и оксиды.

Рафинирование производят сухим нашатырем, вводимым в тигель при помощи дырчатого колокольчика. Для рафинирования 100 кг расплавленного нашатыря нужно 50–75 г сухого нашатыря. Баббит тщательно перемешивают, шлаки и оксиды удаляют шумовкой.

После рафинирования поверхность расплавленного нашатыря покрывают слоем измельченного просеянного сухого древесного угля с целью предохранения от окисления.

Перед заливкой из тигля удаляют уголь, шлак и оксиды шумовкой и перемешивают расплавленный баббит в тигле стальным прутком в течение 1 мин в вертикальном направлении.

Подогретый до 450 °С баббит заливают с помощью мерного ковша непрерывной короткой и широкой струей. После его усадки доливают прибыль.

Для предотвращения образования газовых пор по окончании заливки перемешивают залитый баббит нагретым стальным прутком диаметром 1–3 мм в вертикальном направлении. Перемешивание ведут почти до затвердевания баббита, т.е. до тех пор, когда на прутке начнет осажаться баббит.

Остывание баббита должно происходить снизу вверх. Для этого слегка подогревают горелкой верхнюю часть вкладышей в приспособлении и при необходимости охлаждают нижнюю часть струей сжатого воздуха. После полного остывания разбирают приспособление и проверяют качество заливки.

Поверхность баббита должна быть плотной, без раковин, трещин, инородных включений. Цвет поверхности баббита Б-83 должен быть светло-золотистым. Не должно быть рассыпанных по всей поверхности пор, баббит не должен отслаиваться от основы. Излом его должен иметь мелкозернистое строение, однородное по всему сечению.

Восстановление вкладышей, отнесенных ко второй и третьей группам ремонта, производится методом послойной наплавки баббита на дефектный участок.

В отдельных местах выплавляют газовой горелкой не только отслаивающийся, но и плотно связанный с основой баббит на протяжении 20–25 мм от границ отслаивания.

При наличии единичной трещины баббит выплавляют до основного металла, захватывая кромку на расстоянии 8–10 мм со всех сторон трещины.

При наличии групповых трещин границы выплавляемого участка должны быть на расстоянии 10–12 мм от крайних трещин.

При выкрошивании баббита выплавляется участок, границы которого удалены на 12–15 мм от границ участка выкрошивания.

Перед наплавкой выплавленных участков производят их лужение вышеописанным способом.

Наплавку баббита производят сварочной головкой типа СЧ-18 или типа ГС-53 с наконечниками № 4 – 6 для пропан-бутанового пламени. Пламя должно быть восстановительным, т.е. с небольшим избытком горючего газа.

Баббитовые присадочные прутки, отлитые в угловой стали, должны быть длиной 400–700 мм и иметь в сечении форму прямоугольного треугольника с катетом 10–20 мм.

Подготовленный для наплавки вкладыш зажимают в поворотных тисках. Кромки наплавляемого слоя ограждают щитками для предотвращения растекания расплавленного баббита. Щитки могут быть изготовлены из мокрого асбестового картона толщиной 3–5 мм.

Наплавку цилиндрических поверхностей производят полосами, которые должны занимать горизонтальное положение, что достигается поворотом тисков.

Толщина наплавляемого слоя за один раз должна быть не более 6 мм, при большей толщине применяется многослойная наплавка. Перед наплавкой последующего слоя предыдущий зачищается металлической щеткой до блеска.

Перед наплавкой вкладыш подогревают до температуры 50–60 °С, а затем пламенем горелки подогревают луженую поверхность до исчезновения водяной пленки на наплавляемой поверхности. Прогревают первый участок диаметром 15–20 мм до начала плавления (вспотевания) полуды, располагая сопло горелки на расстоянии 10–15 мм от поверхности. Опускают присадочный пруток сквозь пламя горелки на середину прогретого участка, не доводя его до поверхности на 8–10 мм. Направляют пламя горелки на нижнюю часть прутка и сплавляют часть баббита, достаточную для покрытия участка диаметром 15–20 мм. Поднимают пруток на 15–20 мм от поверхности, перемещают горелку на 8–10 мм по направлению наплавки и дугообразным движением пламени прогревают до расплавления полуды соседний с наплавленным участок. Опускают пруток, сплавляют баббит с прутка и одновременно оплавливают полуду на следующем участке по направлению наплавки. В таком порядке наплавляют полоску баббита по всей длине вкладыша, а затем наплавляют следующую полоску.

Ремонт вкладышей, утонченных вследствие естественного износа, но плотно прилегающих к основе баббита, производится наплавкой на утонченный слой баббита без его выплавки.

После обезжиривания детали зачищают поверхность баббита металлической щеткой до блеска. С помощью горелки прогревают поверхность детали вдоль первой полосы наплавки до температуры 120–130 °С. Пламенем горелки у края поверхности расплавляют баббит на участке диаметром 15–20 мм до образования на поверхности вогнутой ванночки расплавленного металла. Наконечник горелки должен находиться на расстоянии 15–20 мм от поверхности баббита. Опускают присадочный пруток в пламя горелки на середину ванночки на расстояние 8–10 мм от ее поверхности. Движением горелки сверху вниз сплавляют баббит с прутка. Загагообразным движением горелки вдоль направления наплавки первой полосы сплавляют поверхность баббита, одновременно сплавляя с конца прутка баббит.

Качество заливки или наплавки определяют наружным осмотром с целью обнаружения раковин, пористостей, инородных включений, отслаивания баббита, а также проверкой размеров наплавленного слоя.

Допускается исправление отдельных дефектов, если общая площадь дефектных мест не превышает 15% площади поверхности детали. При наличии дефектов на большей площади вкладыш бракуют и возвращают на переплавку.

Заключительной операцией при восстановлении вкладышей является растачивание и шабрение внутренней поверхности. Растачивание вкладышей производят в собранном виде на токарном или токарно-карусельном станке. При чистовой расточке для пришабривания по фактическому положению шейки вала обычно оставляют припуск радиуса, равный 0,1 мм. Шабрение производят при сборке насоса. Площадь касания баббитовой поверхности с шейкой вала должна составлять не менее 80% площади поверхности трения. Число точек касания должно быть 2–3 на 1 см². Проверяют касание с помощью краски или графита.

Во избежание возникновения подшипниковых токов, вызывающих электрохимическую коррозию, вкладыши направляющих подшипников изолируют от корпуса подшипника. Сопротивление изоляции между сегментом и прикрученным к нему упором должно быть не менее 0,3 МОм. Для этого всю поверхность сегмента, кроме баббита, покрывают маслостойкой эмалью. При необходимости заменяют изоляционные прокладки и втулки, если обезжиривание и чистка их не дают положительных результатов.

При каждом капитальном ремонте обязательно берется проба залитого в ванну масла, которое при потере им эксплуатационных качеств заменяется. Перед заливкой нового масла ванну очищают от шлама, промывают керосином и тщательно вытирают ветошью. Проверяют с помощью керосиновой пробы сварные соединения на герметичность. В случае обнаружения трещин в маслованне производят их разделку и заварку.

Маслоохладители перед ремонтом очищают от грязи и различного рода отложений как с наружной, так и с внутренней стороны. Для проверки плотности всех соединений, вальцовки и отсутствия повреждения самих трубок после очистки и промывки собранные маслоохладители опрессовывают, создавая в корпусе и выдерживая в течение 10 мин давление, равное 1,25 рабочего. Обнаруженную течь в трубе запаивают или в крайнем случае глушат трубку с двух сторон. Если число заглушенных трубок достигает 10% общего их числа, их обязательно заменяют.

Проверенные на плотность отдельные секции маслоохладителей собирают в ванне с трубопроводами и в собранном виде перед заливкой масла для определения отсутствия протечек опрессовывают охлаждающей водой.

12.2. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ С ОБРЕЗИНЕННЫМИ ВКЛАДЫШАМИ

Большинство насосов оснащено направляющими подшипниками с обрезиненными кольцевыми вкладышами (см. рис. 2.14). Опыт эксплуатации таких подшипников подтверждает их надежность и долговечность. Одним из условий их надежной работы является постоянное наличие очищенной от абразивных примесей смазывающей воды и удельных нагрузок на подшипник, не превышающих 1 МПа. Смазывающая вода из системы технического водоснабжения насосной станции подается в подшипник под давлением, превышающим давление внутри напорного трубопровода насоса на 0,1 МПа.

Основным видом износа подшипника при эксплуатации является увеличение зазора между шейкой вала насоса и поверхностью скольжения вследствие ее износа. Подшипник необходимо ремонтировать при увеличении зазора по сравнению с проектным значением более чем в 2 раза. Кроме того, подшипники с обрезиненными вкладышами могут иметь другие дефекты: ослабление посадки корпуса в расточках корпусных частей насоса, отслаивание или подгорание резины вкладышей.

Зазоры между валом и подшипником измеряют пластинчатым щупом или методом отжима. Для этого с одной стороны в вал упирают ножку индикатора, а с диаметрально противоположной нажимают на вал домкратом. Длина хода ножки индикатора при нажатии и отжатии должна быть одинакова и соответствовать значению одностороннего зазора в подшипнике. Измерения проводят у каждого сегмента.

Восстановление проектных значений зазоров между валом и вкладышами, у которых резиновая облицовка изношена не более 1/4 ее толщины, производят путем установки прокладок между корпусом и вкладышами. Регулировку зазоров производят в приспособлении (рис. 12.2), имитирующем шейку вала и корпус насоса. Оно включает в себя вал, жестко соединенный с фланцем, и корпус приспособления. Диаметр вала d соответствует номинальному размеру шейки вала. На внутренней поверхности корпуса выполнены расточки, соответствующие посадочным поверхностям, сопрягающимися с корпусом подшипника. Вал вместе с фланцем крепится к корпусу приспособления так, чтобы несоосность поверхности вала относительно расточек корпуса не превышала 0,05 мм.

Для проведения регулировки подшипник в собранном виде устанавливают в расточки корпуса приспособления и щупом измеряют зазор δ между валом и каждым сегментом. Измерения производят сверху и снизу подшипника по всей ширине каждого сегмента.

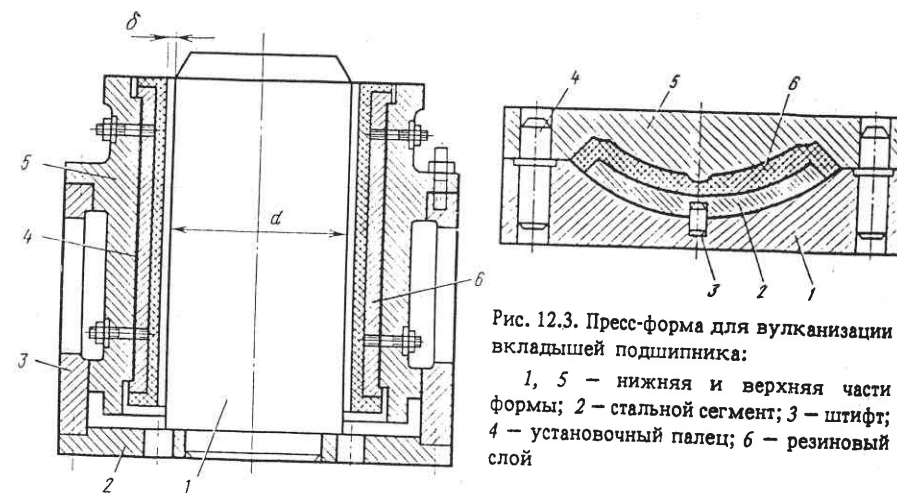


Рис. 12.2. Приспособление для регулировки зазоров в подшипнике с обрезиненными вкладышами:

1 — вал; 2 — фланец; 3 — корпус; 4 — регулировочные прокладки; 5 — корпус подшипника; 6 — вкладыш

Затем подшипник снимают с приспособления и устанавливают между корпусом и каждым вкладышем прокладки, толщину которых определяют из соотношения

$$h = \delta - \delta_1,$$

где h — толщина прокладки; δ — фактический зазор между валом и вкладышем; $\delta_1 = 0,12 \div 0,15$ мм — проектный радиальный зазор между валом и вкладышем.

Перед установкой подшипника проверяют прилегание вкладышей к шейке вала насоса. Для этого шейку вала покрывают жидким меловым раствором и после высыхания мела подшипник собирают на валу и проворачивают. Намеленные точки на резиновой поверхности пришабровывают до тех пор, пока их площадь будет не менее 50% площади прилегания каждого вкладыша. Шаблование резины выполняют шлифовальной машинкой с мелким абразивным кругом. При этом не допускают нагрева и подгорания резины.

Восстановление обрезиненных вкладышей при значительном износе, отслаивании или подгорании резины производят путем замены резинового слоя. Для этого отделяют механическим путем поврежденный резиновый слой от стального сегмента вкладыша, а затем методом вулканизации в пресс-форме наносят новый резиновый слой. Пресс-форма (рис. 12.3) состоит из нижней и верхней частей, которые фикси-

руются относительно друг друга двумя установочными пальцами. В нижнюю часть закладывают стальной сегмент вкладыша и фиксируют его штифтами. Верхняя часть, имеющая профиль рабочей поверхности вкладыша, имеет возможность перемещаться относительно установочных пальцев.

Технологический процесс вулканизации включает в себя следующие операции: подготовку поверхности сегмента, контактирующей с резиной; приготовление резиновой смеси; сборку пресс-формы; вулканизацию под прессом.

Подготовка внутренней поверхности сегмента производится с целью увеличения прочности приклеивания резины к металлу. Эту операцию производят путем дробеструйной очистки или латунирования.

Дробеструйную очистку проводят на дробеструйных и дробеметных установках. В дробеструйных установках дробь сообщается кинетическая энергия в дробеструйном сопле сжатым воздухом, подаваемым через воздушную форсунку, а в дробеметных – в центробежном дробеметном колесе. В качестве рабочего тела используют шарики из материала марки ШХ15 твердостью HRC 62 – 64 и диаметром 1–3 мм. Дробь с большими скоростью и частотой, ударяясь о поверхность сегмента, очищает ее не только от окалины, коррозии и оксидной пленки, но и от инородных молекулярных частиц. Поверхность после дробеструйной очистки должна иметь ровный матовый цвет.

Сущность процесса латунирования состоит в нанесении на стальную поверхность сегмента, предварительно очищенную от жира, ржавчины и прочих загрязнений, тонкого слоя (толщиной 0,0012–0,0015 мм) латуни. Латунирование производят в электролитных ваннах, к которым подведен постоянный ток силой 500–1000 А напряжением 6–12 В. В качестве анода служат латунные пластины с содержанием 70% меди и 30% цинка, обеспечивающие наибольшую прочность крепления резины к стальной поверхности. Необходимый слой латуни образуется в течение 20 мин. Поверхность сегмента после латунирования должна иметь равномерный соломенно-желтый цвет.

После дробеструйной очистки или латунирования поверхность сегмента обезжиривают бензином "Галоша" и просушивают, а затем покрывают тонким слоем клея "Лейконат", просушивают и снова покрывают слоем клея.

Подготовленный таким образом сегмент должен быть подвергнут вулканизации в течение суток. С учетом того, что клей "лейконат" токсичен и чувствителен к влаге, необходимым условием при работе с ним является обеспечение в помещении минимальной влажности воздуха и приточно-вытяжной вентиляции.

Сырая резиновая смесь поступает, как правило, в вальцованном виде. Листы вальцованной резины имеют разную толщину, большое число пор и поэтому могут быть использованы только после каландрования. Нагретая резиновая смесь в процессе каландрования не подвергается повторному нагреву, хорошо дублируется и прессуется, что существенно повышает качество деталей.

Для вкладышей подшипников насосов применяют сырую резиновую смесь марок 1626 и 3825. Перед употреблением резиновые листы раскатывают на рабочем столе и ножом по шаблону вырезают заготовку. Для обеспечения полного заполнения формы и создания достаточного давления в процессе прессования общая масса подготовленной к обкладке резиновой смеси должна быть на 3–5% больше массы резиновой футеровки готовой детали. Затем вырезанную заготовку приклеивают к сегменту вкладыша и закладывают его в пресс-форму, предварительно нагретую до температуры 100–120 °С. Чтобы после вулканизации готовую деталь легко было извлечь из формы, внутреннюю поверхность последней припудривают только или смазывают силиконовым лаком марки К-1, который разбавляют водой в соотношении 1 : 4.

Собранную пресс-форму подают под пресс, где производится прессование и вулканизация. В процессе прессования резиновая смесь заполняет все свободные места в форме и образует наружные контуры детали. С целью удаления из полости формы остатков воздуха и летучих продуктов, излишка резиновой смеси, предупреждения образования пор и других дефектов применяют подпрессовку формы. Подпрессовку производят в начальный период вулканизации снижением и вторичным увеличением давления в прессе. Процесс вулканизации происходит при температуре 120–140 °С в течение 40–60 мин при сомкнутых верхней и нижней частях пресс-формы.

После вулканизации и остывании пресс-формы до температуры 60–80 °С ее раскрывают, вынимают готовое изделие и обрезают излишки резины (облой).

Качество вулканизации контролируют наружным осмотром. Наиболее распространенный вид брака при вулканизации – недопрессовка, возникающая при недостаточном давлении во время прессования, неудовлетворительном качестве резиновой смеси, скоплении воздуха в отдельных местах пресс-формы, излишнем количестве резиновой смеси.

В корпусе подшипника наиболее интенсивному износу подвержены посадочные пояски, с помощью которых подшипник устанавливается в расточки корпусных частей насоса. Пояски разрушаются под

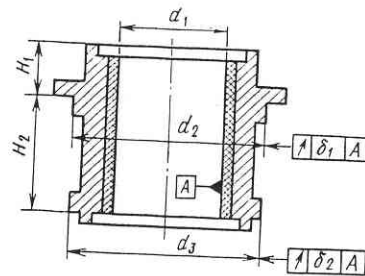


Рис. 12.4. Схема измерения параметров направляющего подшипника

действием коррозии и динамических усилий, передающихся через вал от ротора насоса. Увеличение зазора в посадочных поясах уменьшает жесткость подшипника, увеличивает биение вала и вибрацию насосного агрегата.

Измерить зазор щупом в посадочных поясах невозможно из-за отсутствия доступа, поэтому для его определения нутромером измеряют диаметры расточек, а специальной скобой – диаметр посадочных поясков на корпусе подшипника.

Восстановление проектных значений зазоров в стальных корпусах производят методом электронаплавки посадочных поясков с последующей проточкой на токарном станке.

В корпусах, изготовленных из чугуна, проектные значения зазоров восстанавливают установкой на посадочные пояски стальных бандажей с помощью гуженов и их проточкой на токарном станке.

После восстановления корпуса и обрешиненных вкладышей производят сборку подшипника и измерения геометрических размеров, отклонений формы и расположения поверхностей.

Для получения заданных геометрических размеров и форм резиновой поверхности производят ее механическую обработку на токарном или карусельном станке. Обработку ведут резцами из быстрорежущей стали без охлаждения. Оптимальными углами заточки резца, обеспечивающими качественную обработку, являются задний угол $\alpha = 5 \div 6^\circ$, угол заострения $\beta = 10 \div 15^\circ$, передний угол $\gamma = 69 \div 75^\circ$. Рекомендуемые режимы обработки приводятся ниже:

Скорость резания, м/с	0,7 – 1
Подача, мм/об:	
при черновой обработке	0,86 – 2
при чистовой обработке	0,29 – 0,43
Глубина резания, мм:	
при черновой обработке	1 – 2,5
при чистовой обработке	0,4 – 0,6

После окончания ремонта направляющего подшипника производят измерения фактических размеров внутренней расточки, посадочных

Таблица 12.1. Формуляр измерения параметров направляющего подшипника

Значение	d_1 , мм		d_2 , мм		d_3 , мм		H_1 , мм	H_2 , мм	δ_1 , мм	δ_2 , мм
	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y				
Фактическое										
Допустимое	$d_{1\text{ном}}$	$+0,3$ $+0,2$	$d_{2\text{ном}}$	h^9	$d_{3\text{ном}}$	h^7	$H_1 \pm 1$	$H_2 \pm 1$		0,05

поясков, высотных размеров, а также биения поверхностей посадочных поясков относительно поверхностей трения (рис. 12.4). Результаты измерений заносят в формуляр (табл. 12.1).

12.3. РЕМОНТ ПОДШИПНИКОВ С ЛИГНОФОЛИЕВЫМИ ВКЛАДЫШАМИ

Ремонт направляющих подшипников с лигнофолиевыми вкладышами (см. рис. 2.13) заключается прежде всего в замене изношенной клепки. Лигнофоль подлежит замене при увеличении проектного значения зазора (0,15–0,2 мм) между шейкой вала и подшипником в 2 раза, наличии трещин и надиров в лигнофолиевой клепке, а также подгорания поверхности трения.

Для изготовления вкладышей применяют листовой лигнофоль марки ДСП-Б с параллельным расположением волокон во всех слоях. Для заготовки вкладышей лист лигнофоля разрезают дисковой пилой (толщиной 2–2,5 мм и диаметром 250–350 мм) на бруски перпендикулярно направлению волокон. Высоту бруска принимают на 6–8 мм больше толщины вкладыша с учетом припуска на обработку по наружной и внутренней поверхностям.

Лигнофолиевые вкладыши устанавливают в корпус подшипника так, чтобы волокна были перпендикулярны плоскости трения (оси вала). При таком расположении лигнофоль более устойчив к истиранию и почти не разбухает вдоль волокон при наличии влаги.

Стыки брусков клепки должны быть направлены по радиусу подшипника, их наружная поверхность должна хорошо быть подогнана к внутренней расточке корпуса подшипника и плотно прилегать к ней. Для этого бруски обрабатывают на фрезерном станке. Боковые поверхности каждой клепки обрабатывают под углом, равным половине центрального угла α (рис. 12.5, б, в) заготовки. Центральный угол одной клепки определяют из соотношения

$$\alpha = 360/z,$$

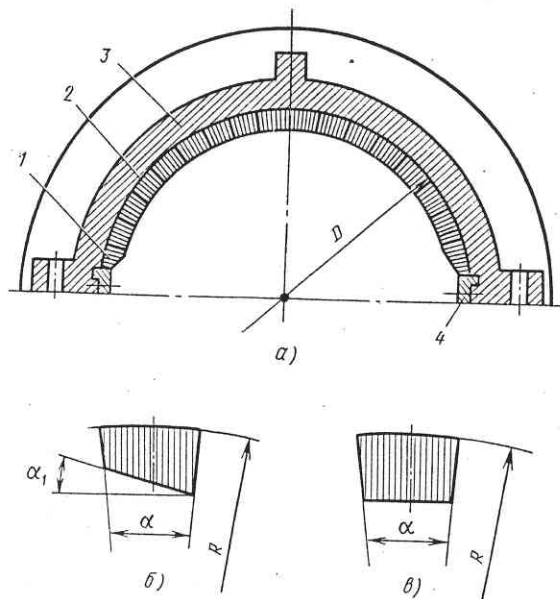


Рис. 12.5. Сборка половины подшипника с лигнофолиевыми вкладышами:
а — разрез подшипника; б, в — сечения крайнего и промежуточного вкладышей; 1, 2 — крайний и промежуточный вкладыши; 3 — половина корпуса подшипника; 4 — упорная планка

где z — число вкладышей в направляющем подшипнике, в том числе и четыре металлические упорные планки, по толщине равные вкладышу.

Наружную поверхность клепки обрабатывают по радиусу $R = D/2$, где D — диаметр внутренней расточки корпуса подшипника.

На внутренней поверхности крайних вкладышей (рис. 12.5, б) выполняют скосы под углом $\alpha_1 = 15 \div 20^\circ$ для подачи смазывающей воды в зону трения.

После изготовления вкладышей и восстановления корпуса производят сборку подшипника. Собирают отдельно каждую половину подшипника (рис. 12.5, а). Сначала устанавливают и прикрепляют к корпусу стальные упорные планки, а затем набирают лигнофолиевые вкладыши от краев к середине корпуса. Замыкающие вкладыши для плотного прилегания подгоняют под клин и забивают навстречу одна другой. Вкладыши должны быть пригнаны и установлены плотно, но не туго, так как лигнофоль в воде разбухает и может вырвать упорные планки.

После сборки каждой половины подшипника их соединяют и растачивают внутреннюю поверхность на токарном или карусельном станке. Для этого производят выверку подшипника по посадочным поясам и опорной поверхности фланца корпуса подшипника с погрешностью до 0,05 мм. Расточку производят до тех пор, пока не обеспечивается диаметральный зазор между шейкой вала и лигнофолиевой поверхностью трения подшипника, равный 0,3–0,4 мм.

Заключительной операцией при ремонте направляющего подшипника насоса является измерение фактических геометрических параметров с заполнением ремонтного формуляра (табл. 12.1), сравнение их с допустимыми отклонениями и принятие решения о пригодности подшипника к эксплуатации.

Глава тринадцатая РЕМОНТ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛА

13.1. РЕМОНТ САЛЬНИКОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Сальниковые уплотнения (см. рис. 2.15, 3.9) из-за простоты конструкции получили широкое распространение для уплотнения валов крупных осевых и центробежных насосов. Они надежно работают при давлении перед сальником до 1 МПа и окружной скорости вращения шейки вала до 20 м/с.

Многолетний опыт эксплуатации сальниковых уплотнений выявил следующие существенные недостатки: значительный износ шейки вала в месте контакта с сальниковой набивкой, особенно при наличии абразивных частиц в смазывающей воде; недолговечность сальниковой набивки; необходимость систематического поджатия грундбуксы в процессе эксплуатации.

Ремонт уплотнения заключается в замене изношенной сальниковой набивки. Замена производится при остановленном насосном агрегате. На время замены отключают подачу смазывающей воды и перекрывают доступ перекачиваемой воды к сальниковой набивке с помощью стояночного уплотнения. При отсутствии стояночного уплотнения производят осушение проточной части насоса.

Изношенные кольца сальниковой набивки извлекают из корпуса с помощью металлических крючков или приспособлений в виде шпала на гибком валу. После удаления набивки и очистки поверхностей шейки вала и расточки в корпусе под набивку проверяют их соосность путем измерения расстояния между ними в четырех или шести

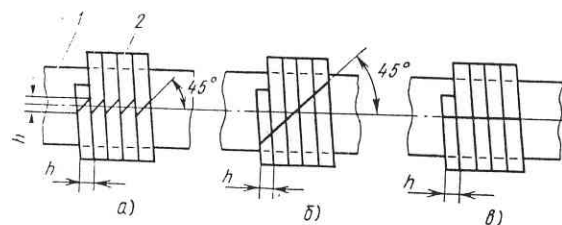


Рис. 13.1. Схема разрезки сальниковой набивки на кольца:
1 — вал; 2 — сальниковая набивка

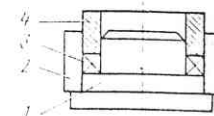
местах. Отклонение от соосности не должно превышать 0,5 мм. Визуальным осмотром определяют износ шейки вала, состояние рабочей поверхности и принимают решение о возможности дальнейшей эксплуатации.

Применяемые в крупных насосах сальниковые набивки состоят из волокнистой сплетенной основы, пропитанной смазочным материалом с добавками антифрикционных веществ. В качестве материала волокон и нитей набивок используют хлопок, волокна лубяных культур, асбест, пластмассы, углерод и др. Для пропитки набивок используют цилиндрическое масло, консистентный смазочный материал, парафин, касторовое масло, технический жир, фторопласт, графит, дисульфид молибдена. Наибольшее распространение получили асбестовые набивки, пропитанные смесью масла с графитом. Сальниковую набивку выпускают в виде шнура круглого, квадратного или прямоугольного сечения.

Для изготовления новой набивки из бухты отрезают шнур длиной $\pi(d + 2h)i$, где d — диаметр шейки вала; h — высота набивки, соответствующая размеру сальниковой коробки; i — число колец в уплотнении. Затем шнур набивки плотно наматывают на шейку вала или вспомогательную втулку того же диаметра и разрезают на кольца (рис. 13.1). Производят разрезку каждого кольца по предварительной разметке (рис. 13.1, а) или всего пакета по спирали под углом 45° (рис. 13.1, б). Допускается разрезать шнур по оси вала под прямым углом к плоскости колец (рис. 13.1, в). Аккуратный разрез получается при обмотке места разреза тонкой лентой.

Для улучшения работы сальниковой набивки с жировой пропиткой или из углеродистых нитей рекомендуется производить предварительную опрессовку колец набивки в пресс-форме (рис. 13.2). Опрессовку производят под прессом, создавая давление 35–40 МПа для асбестово-графитовой набивки (АГ) и 20–25 МПа для набивки с фторопластом (АФТ и АФ). Каждое кольцо выдерживают под давлением в течение 5–10 мин.

Рис. 13.2. Опрессовка колец сальниковой набивки:
1 — вал; 2 — втулка; 3 — кольцо набивки; 4 — пуансон



Сальниковую набивку собирают отдельными кольцами, которые устанавливают в коробку и поджимают до упора разъемной монтажной втулкой и крышкой. Кольца устанавливают со смещением разрезов на 120° при нечетном и 180 или 90° при четном числе колец набивки. Вершины углов переплетения нитей набивки должны быть направлены против вращения вала. При установке фонарного кольца следят за тем, чтобы оно не перекрывало отверстие для подвода технической воды.

Предварительную затяжку пакета набивки производят грундбуксой с помощью шпилек равномерной, без перекосов затяжкой гаек ключом до появления значительного сопротивления. Затем полностью отпускают гайки и через 3–5 мин подтягивают их вручную. Окончательную затяжку производят при работающем насосе, обеспечивая протечку технической воды через уплотнение в количестве, необходимом для смазки и отвода теплоты от уплотнения. После затяжки сальниковой набивки грундбукса должна входить в корпус не более чем на 0,3 высоты, но не менее чем на 2 мм.

В крупных насосах, как правило, применяются двойные сальниковые уплотнения, состоящие из двух пакетов набивки с фонарным кольцом между ними, к которому подводится техническая вода под давлением. Давление технической воды должно превышать давление среды перед уплотнением на 0,1 МПа.

В процессе эксплуатации из набивки выделяются жировые и другие вещества, она уплотняется и теряет герметичность. Для обеспечения герметичности производят периодически подтяжку набивки на работающем насосном агрегате.

13.2. РЕМОНТ МАНЖЕТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Манжетные уплотнения валов крупных насосов широко применяются при перепадах давления в пределах 0,05–0,15 МПа. Многолетний опыт их эксплуатации показал следующие преимущества перед сальниковыми уплотнениями: меньший износ шейки вала, удобство эксплуатации, отсутствие в необходимости регулировки и замены материала в течение межремонтного периода.

Конструкция уплотнения вала с применением в качестве герметизирующего элемента воротниковой манжеты представлена выше (см.

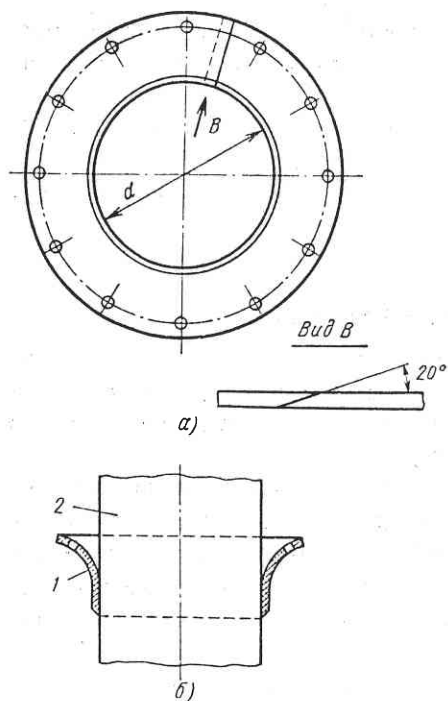


Рис. 13.3. Изготовление и установка манжеты:

а — заготовка манжеты; б — установка на вал; 1 — манжета; 2 — вал насоса

рис. 2.16). Ремонт такого уплотнения заключается в замене изношенной манжеты непосредственно на насосном агрегате.

Манжету изготавливают из листовой маслостойкой резины средней твердости толщиной 4–6 мм (рис. 13.3, а). Внутренний диаметр кольца принимают на 5–6% меньше диаметра шейки уплотняемого вала. Отверстия для крепежных шпилек вырубает пробойником, представляющим собой заточенную трубу, внутренний диаметр которой равен диаметру отверстия.

Для установки манжеты на вал ее предварительно разрезают. Разрез выполняют ножом под углом 15–20° с помощью простейшего приспособления, состоящего из двух смещенных планок, накладываемых на манжету и стягиваемых болтами. На части манжеты, прилегающей к валу, напильником делают канавки глубиной 1 мм через каждые 100–150 мм для прохода смазочной воды и предупреждения подгорания резины. С противоположной стороны на кромке манжеты снимают фаску под углом 45° по всей толщине манжеты.

Подготовленную таким образом манжету устанавливают на вал (рис. 13.3, б). При этом контактирующую с валом часть ее направляют навстречу давлению уплотняемой воды, а кромки скоса в разрезе манжеты направляют в сторону вращения вала.

Затем склеивают место разреза манжеты на валу. Склеивание производят клеем марки 88, который стоек к воздействию воды и влажного воздуха. Поверхности скосов перед склеиванием промывают чистым бензином и высушивают в течение 30 мин. Затем поверхности покрываются тонким слоем клея, а через 15 мин — вторым слоем. После 20-минутной выдержки концы соединяются внахлестку и помещаются в зажимное приспособление, в котором при удельном давлении

0,2 МПа манжета выдерживается в течение 24 ч. После склеивания манжета посредством колец и шпилек прикрепляется к корпусу насоса.

Манжетные уплотнения не допускают работу без смазывающей воды, в режиме сухого трения. В этом режиме наблюдается нагрев резины, ее намазывание и наволакивание на металлическую поверхность вала.

13.3. РЕМОНТ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Использование в крупных насосах торцевых уплотнений (см. рис. 2.17, 3.10) позволило устранить существенный недостаток сальниковых и манжетных уплотнений, связанный с износом вала в месте контакта с уплотняющим элементом.

В торцевом уплотнении, пару трения которого образуют плоское резиновое кольцо и вращающийся диск из нержавеющей стали (см. рис. 2.17), наибольшему износу подвержены резиновое кольцо и рабочая поверхность диска. Ремонт такого уплотнения заключается в замене изношенного резинового кольца и в восстановлении поверхности диска.

Кольцо изготавливают из листовой маслостойкой резины средней твердости толщиной 5–6 мм. Ширина уплотняемой поверхности, на которую наносят смазочные канавки для протекания около 1 л/мин смазочной воды для предупреждения подгорания резины, должна быть не менее 50 мм. Уплотнительное кольцо для удобства монтажа предварительно разрезают, а затем склеивают на валу. Разрез выполняют в виде косого среза под углом 15–20°, направленного в сторону вращения диска. Технология склеивания аналогична технологии склеивания воротниковой манжеты.

Рабочую торцевую поверхность вращающегося диска восстанавливают проточкой на токарном станке до удаления следов износа и последующим шлифованием. Шероховатость восстановленной поверхности должна соответствовать $R_a = 0,32 \div 1,25$ мкм.

Срок службы торцевого уплотнения определяется износостойкостью пары трения контактирующих колец. Наиболее надежным, долговечным и герметичным является торцевое уплотнение с контактирующими кольцами из силицированного графита (см. рис. 3.10), который получают в результате пропитки пористого графита расплавленным кремнием. Карбидная фаза обуславливает высокие физико-механические показатели и химическую стойкость, а свободный графит — антифрикционные свойства. В уплотнениях крупных насосов пару трения изготавливают из силицированного графита марок СГ-М, СГ-П,

СГ-Т в виде колец, вклеенных в расточки вращающейся и невращающейся частей.

Ремонт уплотнения производят при изнашивании выступающей части кольца из силицированного графита над расточкой. При ремонте заменяют изношенные кольца. Для этого вначале удаляют из расточки изношенное кольцо и очищают его от остатков клея. Эту операцию выполняют проточкой на токарном или карусельном станке. Обработку выполняют резцами с пластинами из твердого сплава ВК-8 со следующей геометрией режущей части: передний угол $\gamma = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 8 \div 10^\circ$; главный угол в плане $\varphi = 45 \div 60^\circ$; радиус при вершине $r = 1 \div 1,5$ мм. Обработку производят при соблюдении следующих режимов резания: скорость $v' = 1,5 \div 1,83$ м/с; подача на оборот $s_o = 0,1 \div 0,15$ мм; глубина резания $t = 2 \div 5$ мм. Ширина расточки должна быть на 1–2 мм больше ширины кольца.

Кольца из силицированного графита изготавливают на специализированном предприятии. Кольца большого диаметра изготавливают составными из нескольких сегментов исходя из технологических возможностей производства.

Вклеивание колец в расточки корпусов производят эпоксидной смолой марки ЭД-20. Перед склеиванием составных колец тщательно подгоняют стыки сегментов. В предварительно обезжиренные расточки заливают приготовленную эпоксидную смолу в количестве, обеспечивающем заполнение пустот после установки колец. Обезжиренные кольца устанавливают в расточки, нагружают грузом, создавая удельное давление 0,2 МПа, и выдерживают в течение 24 ч. Установку колец в разъемном уплотнении производят от стыков к середине, на поверхности стыков клей не наносят.

После вклеивания колец производят обработку шлифованием рабочей торцевой поверхности на универсально-шлифовальном станке. Шлифование осуществляют алмазными кругами марки АСР в следующих режимах: скорость $v' = 30$ м/с; подача на оборот $s_o = 0,05 \div 0,1$ мм; глубина резания $t = 0,15 \div 0,3$ мм. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют эмульсию с содержанием 2–3% соды.

Для окончательной чистовой обработки рабочих поверхностей применяют доводку. Технологический процесс доводки сводится к сглаживанию неровностей с помощью абразивных порошков в присутствии смазочных средств. Смазочная жидкость образует между поверхностями притирочной плиты и кольца слой, насыщенный абразивными материалами. При ремонтных работах применяют доводку на притирочных плитах.

Для доводки могут быть использованы различные абразивные порошки: электрокорунд, белый карборунд, карбид бора, алмаз синтетический. При выборе материала абразива необходимо, чтобы твердость абразива была выше твердости поверхности притираемого элемента пары трения в 1,3–1,7 раза.

В качестве основного инструмента при ручной доводке используют чугунные и стеклянные притиры в виде кругового диска. Кольца из силицированного графита доводят с использованием алмазных паст для предварительной доводки марок АП-20, АП-14, для окончательной – марок АП-10, АП-5. Доводку производят движением кольца в виде цифры 8 под давлением 0,03–0,06 МПа при предварительной и 0,01–0,03 МПа при окончательной доводке. Скорость перемещения детали должна составлять 0,1–0,5 м/с.

Поверхности трения колец должны быть обработаны до шероховатости, равной 0,06–0,1 мкм. Неплоскостность рабочей поверхности элемента пары трения должна быть не более 0,001 мкм, на этой поверхности недопустимы риски, раковины, трещины, смолы. Плоскостность рабочей поверхности рекомендуется контролировать плоскопараллельными стеклянными пластинами по интерференции света.

При ремонте торцевого уплотнения проверяют усилие и деформацию пружин, обеспечивающих герметичность пары трения. Усилие пружины не должно снижаться более чем на 20%, а остаточная деформация не должна превышать 10%. При превышении допустимых параметров пружины отбраковывают и изготавливают новые. Для изготовления пружин применяют углеродистые и низколегированные стали марок 60Г, 60ГС, 4Х13 и других, а также нержавеющие стали и сплавы марок 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, 36НХТЮ.

Навивку пружин выполняют на токарно-винторезных станках с помощью специального приспособления.

После навивки пружины проходят специальную термообработку, соответствующую марке используемого материала.

Для уплотнения зазоров между подвижными и неподвижными деталями торцевых уплотнений применяют уплотнительные резиновые кольца. При ремонте повторная установка уплотнительных колец не рекомендуется и их заменяют на новые. В процессе монтажа уплотнительные кольца следует предохранять от перекосов, скручивания, механических повреждений и подрезов. Поверхности сопрягаемых деталей при сборке должны быть чистыми и смазанными инертной к материалу колец смазкой или рабочей жидкостью, обладающими хорошими смазывающими свойствами.

Глава четырнадцатая

СБОРКА И ЦЕНТРОВКА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

14.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СБОРКЕ НАСОСОВ

Сборка является завершающим этапом технологического процесса ремонта насоса. Качество сборки существенно влияет на работоспособность, надежность и долговечность отремонтированного насоса. Сборку крупного насоса производят на насосной станции, на месте его установки, в соответствии с требованиями сборочных чертежей, инструкций заводов-изготовителей насосов и электродвигателей, а также ремонтной документации, разработанной для данного насоса.

Перед сборкой необходимо проверить качество бетонных фундаментов и надежность связи бетона с металлическими поверхностями облицовок закладных частей насоса. Качество фундамента определяют простукиванием молотком. Глухой звук свидетельствует об отсутствии связи бетона с металлом или наличии пустот в бетоне. В этом случае в облицовках высверливают отверстия, в фундаментах вырубляют и удаляют некачественный бетон, промывают, смачивают цементным молоком и заделывают образовавшиеся пустоты пластичным бетоном, имеющим марку более высокую, чем основной бетон фундамента.

Поступающие на сборку составные части, отремонтированные или вновь изготовленные ремонтным предприятием, снятые с ремонтируемого насоса и признанные годными без ремонта, а также получаемые как запасные, должны соответствовать требованиям ремонтной документации, пройти входной контроль с заполнением соответствующего формуляра и иметь принятую на предприятии маркировку.

Монтируемое оборудование должно быть очищено от загрязнений и консервирующих защитных смазок и покрытий. Смазочные каналы и отверстия должны быть прочищены, промыты и продуты сжатым воздухом. Все составные части необходимо собирать согласно имеющейся на них маркировке. На запасных частях и вновь изготовленных деталях следует нанести маркировку, указывающую их принадлежность к определенной сборочной единице и взаимное расположение.

При сборке составных частей рекомендуется нанести тонкий слой смазочных материалов на все посадочные и резьбовые поверхности валов, боковые поверхности шпонок и шпоночных пазов, рабочие поверхности штифтов, резьбовые поверхности крепежных соединений.

Неметаллические прокладки должны быть чистыми, гладкими, без расслоений, складок, вырывов и надломов, должны плотно прилегать

к сопрягаемой поверхности. Наличие выступов прокладок относительно края сопрягаемой поверхности не допускается. Стыковка плоских прокладок должна осуществляться по способу "ласточкина хвоста". Резиновые уплотнительные кольца при установке необходимо предохранять от перекосов, скручивания, механических повреждений и порезов.

При сборке составных частей, имеющих в сопряжении посадки с зазором, должно быть обеспечено их относительное перемещение без перекоса и заеданий.

Сборка соединений с натягом производится при нормальной температуре соединяемых деталей, а также при подогреве охватываемой или охлаждении охватываемой детали. При соединении деталей с нормальной температурой применяют соответствующие прессы. Усилие прессовки определяют по соответствующим формулам. При запрессовке стального вала в стальную втулку ориентировочно считают, что усилие запрессовки $P = 20\Delta l$, где P в Н; Δ — натяг, мкм; l — длина контактируемой поверхности ступицы, мм.

При сборке соединения с применением подогрева или охлаждения деталей необходимую температуру можно определить по формуле

$$t = \frac{10^{-3} \Delta}{\alpha d},$$

где Δ — диаметральный натяг, мкм; d — номинальный диаметр отверстия, мм; α — коэффициент линейного расширения детали.

Нагрев охватываемой детали производят индукционным способом в печах и ваннах. Для охлаждения охватываемой детали используют твердую углекислоту, жидкий воздух и аммиачные холодильники.

Сборка узлов с подшипниками качения производится после промывки подшипников 8–10 %-ным раствором машинного масла в бензине, просушки, протирки и смазывания посадочных мест машинным маслом. Напрессовку подшипников производят с помощью оправок и прессы. Для облегчения напрессовки подшипника на вал его предварительно подогревают в течение 15–20 мин в ванне с горячим машинным маслом до температуры 80–100 °С, а при запрессовке в корпус его подогревают струей горячего воздуха или в масляной ванне.

При сборке подшипников должны быть обеспечены: соосность многоопорного вала, совпадение смазочных отверстий подшипников и магистрали, надежное фиксирование вкладыша в постели от проворачивания и осевого смещения, заданное значение зазора между стенкой подшипника и шейкой вала.

В собранных зубчатых и червячных передачах должны быть установлены необходимые боковые и радиальные зазоры между зубьями

колес. Зазоры измеряют щупом или определяют прокатыванием между зубьями свинцовой проволоки с последующим измерением ее деформированной части. Правильность сборки и прилегания зубьев проверяется по расположению пятен контакта на поверхностях зубьев. При правильном зацеплении отпечаток должен быть посередине и занимать не менее 0,4 высоты и не менее 0,5 длины зуба.

Затяжка резьбовых соединений при сборке должна осуществляться специальными ключами, позволяющими ограничивать и контролировать крутящий момент затяжки. Рекомендуемые моменты затяжки резьбовых соединений приведены ниже:

Диаметр метрической резьбы, мм	12	16	20	24
Момент затяжки, Н·м	35 — 50	90 — 120	130 — 170	320 — 360
Диаметр метрической резьбы, мм	30	36	42	48
Момент затяжки, Н·м	520 — 560	920 — 970	1420	2140
Диаметр метрической резьбы, мм	56	64	72	80
Момент затяжки, Н·м	3460	5200	8150	12 200
				13 800

При повторном использовании крепежных изделий момент затяжки увеличивают на 10–15%.

Болты в отверстия детали должны входить свободно, зазор между болтом и деталью должен быть равен 0,1–0,2 мм на 10 мм диаметра болта в ответственных соединениях и 0,5 мм в обычных. Шпильки должны быть завернуты плотно на всю длину резьбовой части перпендикулярно плоскости детали, перекос допускается не более 0,15 мм на 100 мм длины шпильки. Гайки должны навинчиваться на болт (шпильку) до места посадки вручную, но не должны иметь качки. Затягивание гаек при большом числе болтов и шпилек необходимо проводить в определенном порядке: завинтив предварительно все гайки до соприкосновения с деталью, постепенно (по 1/3 – 1/2 оборота) подтягивают гайки в последовательности, обеспечивающей равномерную затяжку и исключая деформацию детали. После затяжки болт (шпилька) должен выступать над гайкой на 2–3 нитки.

Для предупреждения самоотвинчивания гаек должны в обязательном порядке устанавливаться предусмотренные средства их стопорения: пружинные и фигурные шайбы, контргайки, шплинты и др.

Применять при сборке насосов кувалды, барсы и другие ударные инструменты не рекомендуется в связи с тем, что они деформируют детали, образуют вмятины и забоины.

14.2. СБОРКА ОСЕВЫХ НАСОСОВ ТИПА ОПВ

Сборку насосного агрегата после ремонта производят в последовательности, обратная изложенной в гл. 7. Сборку вертикальных осевых насосов начинают с центровки корпусных частей относительно вертикальной оси агрегата.

Нарушение центровки неподвижных частей насосного агрегата происходит из-за просадки и смещения отдельных частей здания насосной станции, разрушения бетонных фундаментов, недостаточного закрепления корпусных частей и по другим причинам. Нарушение центровки является причиной задевания подвижных частей агрегата за неподвижные. Проверка центровки неподвижных частей насоса является обязательной технологической операцией при капитальном ремонте.

Центровку выполняют (рис. 14.1, а) с помощью вертикально опущенной струны-отвеса, изготовленной из стальной проволоки диаметром 0,5 мм, с грузом массой 10–15 кг на конце. Для предотвращения колебания струны в процессе измерений груз перемещают в емкость с вязким маслом, установленную в горловине всасывающей трубы. Верхний конец струны закрепляют на изолированном кронштейне, установленном над фундаментными плитами нижней крестовины электродвигателя. Струну соединяют через чувствительный миллиамперметр или милливольтметр с одним из полюсов источника постоянного тока (сухих батареек), а другой полюс соединяют с центрируемыми корпусными частями насоса. Иногда вместо электроизмерительных приборов применяют радионаушники или электролампочки.

Перед центровкой производят совмещение струны с вертикальной осью насосного агрегата. За базу принимают цилиндрическую поверхность И фундаментных плит нижней крестовины электродвигателя, от которой струна должна находиться на одинаковом расстоянии А. Для измерения расстояния А используют нутромер с микрометрической головкой. Нутромер устанавливают так, чтобы один его конец соприкасался с цилиндрической поверхностью фундаментной плиты, а второй касался струны, и настраивают таким образом, чтобы укорочение нутромера на 0,01 мм размыкало электрическую цепь, а удлинение на 0,01 мм вновь замыкало ее. Таким образом, обеспечивается погрешность измерений, равная 0,01 мм. При разомкнутой электрической цепи стрелка прибора 4 будет стоять на нуле. При замыкании цепи нутромером степень его касания определяют по отклонению стрелки милливольтметра на два-три деления, а также по едва слышному шороху в наушниках или загоранию электролампочки. Совмещение струны с вертикальной осью насосного агрегата произво-

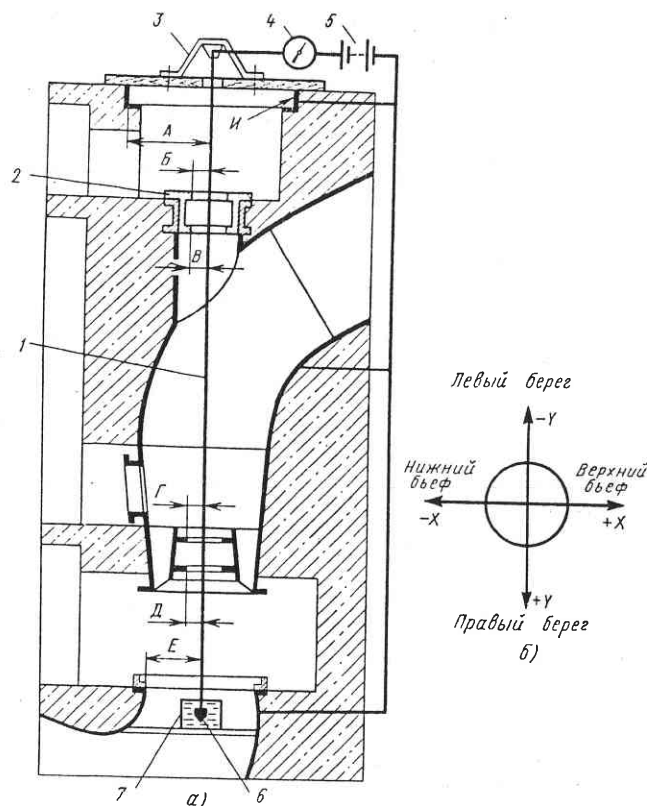


Рис. 14.1. Схема центровки корпусных частей осевого вертикального насоса:
а — установка струны; б — схема измерений; 1 — струна; 2 — закладное кольцо; 3 — кронштейн; 4 — гальванометр; 5 — батарея; 6 — груз; 7 — емкость с маслом

дят путем перемещения струны с кронштейном к центру цилиндрической поверхности фундаментных плит нижней крестовины электродвигателя. Отклонение не должно превышать 0,05 мм. После совмещения струны с осью агрегата кронштейн фиксируют.

Центровку корпусных частей насоса по струне выполняют в два этапа. На первом этапе измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях диаметры проточек под верхний и нижний направляющие подшипники, а также диаметр проточки в корпусе уплотнения переходного конуса. С помощью этих измерений можно обнаружить наличие эллипсности в расточках или нарушение их геометрической формы; ориентируясь на них, можно внести коррективы в результаты последующих измерений. На втором этапе измеряют нутромером расстояния Б, В, Г, Д и Е от струны до соответствующей расточки в четы-

Таблица 14.1. Результаты центровки корпусных частей осевого вертикального насоса

Место измерений	Расстояние от струны до расточки по осям, мм				Разница измерений, мм	
	+X	-X	+Y	-Y	фактическая	допустимая
Верхний пояс отвода	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$\frac{B_x - B_{-x}}{B_y - B_{-y}}$	0,05
Нижний пояс отвода	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$\frac{B_x - B_{-x}}{B_y - B_{-y}}$	0,05
Верхний пояс выправляющего аппарата	Γ_x	Γ_{-x}	Γ_y	Γ_{-y}	$\frac{\Gamma_x - \Gamma_{-x}}{\Gamma_y - \Gamma_{-y}}$	0,05
Нижний пояс выправляющего аппарата	Δ_x	Δ_{-x}	Δ_y	Δ_{-y}	$\frac{\Delta_x - \Delta_{-x}}{\Delta_y - \Delta_{-y}}$	0,05
Горловина всасывающей трубы	E_x	E_{-x}	E_y	E_{-y}	$\frac{E_x - E_{-x}}{E_y - E_{-y}}$	0,5

рех направлениях (рис. 14.1, б): верхнего бьефа (+X), нижнего бьефа (-X), правого берега (+Y) и левого берега (-Y). Результаты измерений заносят в табл. 14.1.

При правильной центровке разница расстояний от струны до проточки в каждой плоскости не должна превышать допустимого значения. При отклонении центров расточек от струны отвеса их совмещение производят путем перемещения корпусных деталей в горизонтальной плоскости. Перемещение производят с помощью механических или гидравлических домкратов. Значение перемещения проверяют с помощью индикаторов, установленных по направлению перемещения.

В насосах с монолитным отводом и выправляющим аппаратом центровку осуществляют перемещением закладного кольца верхнего направляющего подшипника и корпуса уплотнения переходного конуса на горловине всасывающей трубы.

После завершения центровки корпусные части фиксируются штифтами и надежно закрепляются между собой и крепятся к фундаментным плитам.

Сборку ротора насоса, состоящего из вала и рабочего колеса, производят отдельно. Сначала с помощью приспособления (см. рис. 7.10)

и мостового крана опускают вал в расточки отвода и выправляющего аппарата и устанавливают его на приспособление для поддержки ротора (см. рис. 7.6), предварительно установленного на горловине отвода. Затем к месту сборки подают на монтажно-транспортной тележке (см. рис. 7.9) рабочее колесо и соединяют его с валом, гайки крепления фиксируют, предохраняя их от самоотвинчивания. Плотность прилегания фланцев вала и колеса проверяют щупом толщиной 0,03 мм, который не должен входить в разъем плоскостей фланцев. У насосов с гидроприводом при спаривании проверяют состояние уплотнений штанг и прокладок в соединении.

Ротор насоса является исходной базой при дальнейшей сборке всего насосного агрегата. Поэтому его необходимо установить так, чтобы ось ротора была строго вертикальной и совпадала с центрами расточек в корпусных частях под направляющие подшипники, а горизонтальная и вертикальная оси рабочего колеса совпадали с соответствующими осями камеры рабочего колеса.

Схема центровки ротора приведена на рис. 14.2. Сначала устанавливают на место одну половину камеры рабочего колеса и производят ее прицентровку к одной из лопастей рабочего колеса по зазору между наружным диаметром лопасти и сферической расточкой камеры. Центровку производят смещением камеры в горизонтальной плоскости и ротора в вертикальной с помощью регулировочных винтов приспособления. Значение зазора по всей длине лопасти не должно изменяться более чем на 0,1 мм. В этом положении фиксируют высотную отметку верхнего фланца вала насоса, а затем снимают половину камеры и опускают ротор на 15–18 мм ниже полученной высотной отметки.

Затем производят предварительную центровку ротора относительно расточек под направляющие подшипники в корпусных частях насоса. При центровке ротора (рис. 14.2, а) измеряют нутромером расстояние от поверхности верхней шейки вала до расточки в горловине отвода (размер А) и от нижней шейки до расточки в выправляющем аппарате (размер Б) в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 14.2, б). Результаты измерений заносят в таблицу (табл. 14.2). По разнице расстояний от шейки вала до расточки в каждой плоскости определяют степень отклонения оси ротора от центров расточек.

При предварительной центровке ротора несоосность поверхностей шеек вала и расточек под подшипники не должна превышать 0,1 мм. При несоосности, превышающей допустимое значение, производят центровку ротора путем его перемещения на приспособлении горизонтальными винтами в соответствующем направлении.

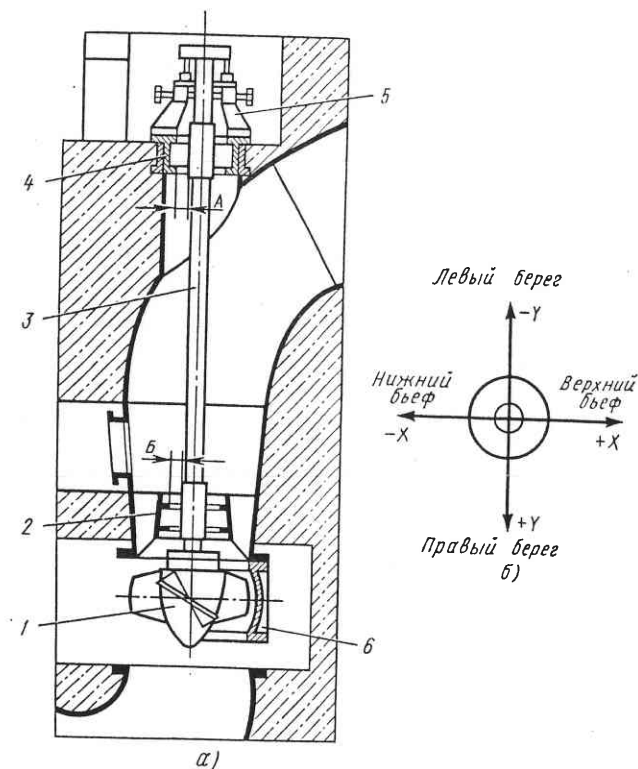


Рис. 14.2. Схема центровки ротора осевого вертикального насоса:

а — установка ротора; б — схема измерений; 1 — рабочее колесо; 2 — выправляющий аппарат; 3 — вал; 4 — закладное кольцо; 5 — приспособление; 6 — половина камеры рабочего колеса

Таблица 14.2. Результаты центровки ротора осевого вертикального насоса

Место измерения	Расстояние от вала до расточки по осям, мм				Разница измерений, мм	
	+X	-X	+Y	-Y	фактическая	допустимая
Верхняя шейка вала	A_x	A_{-x}	A_y	A_{-y}	$A_x - A_{-x}$	0,05
					$A_y - A_{-y}$	
Нижняя шейка вала	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$B_x - B_{-x}$	0,05
					$B_y - B_{-y}$	

После завершения центровки положение ротора фиксируют винтами, ввинчивающимися в подставку под вал, и винтовыми домкратами, входящими в расточки для нижнего подшипника.

Следующими технологическими операциями при сборке осевого насоса являются сборка электродвигателя, соединение валов насоса и электродвигателя, центровка валов насосного агрегата, которые подробно описаны в § 14.4 – 14.6.

При спаривании валов устанавливают и настраивают ручной или электромеханический привод разворота лопастей рабочего колеса. Он располагается между фланцами валов, и его корпус является проставком вала.

Гидравлический привод устанавливается на торце вала машинного возбудителя электродвигателя. После установки электрогидропривода на вал его соединяют рукавами с маслопроводом и заполняют индустриальным маслом до полного выхода воздуха. Для проверки работы и настройки предохранительных клапанов вместо пробок на корпусе гидрозатвора устанавливают манометры, включают электродвигатель и осуществляют полный ход поршня сервомотора до установки лопастей в крайних положениях. В данном случае предохранительные клапаны должны срабатывать при давлении 5–6 МПа, которое регулируют изменением усилия их пружин.

После заполнения маслом внутренней полости втулки рабочего колеса проверяют работу механизма разворота лопастей и производят его градуировку. При градуировке первоначально проверяют наличие всего хода механизма и возможность разворота лопастей в заданном диапазоне углов согласно рискам на фланце лопасти и втулке рабочего колеса, градуировка которых проведена на стенде (см. рис. 8.5). Затем лопасти устанавливают на минимальный угол, выбирают свободный ход в механизме разворота, который образуется в шарнирных соединениях, зубчатых зацеплениях и механизме рабочего колеса. В самом начале движения лопасти наносят риску минимального угла на указателе сельсина-приемника. При развороте лопасти на максимальный угол на указателе наносят риску с обозначением наибольшего угла и в зависимости от значения диапазона угла разворота лопастей наносят промежуточные риски на указателе. Разница в показаниях указателя угла разворота лопастей не должна превышать 30 мин.

Для определения угла и идентичности установки лопастей применяется также метод очерчивания профиля лопастей непосредственно в камере рабочего колеса на ее сферической поверхности при сборке насоса. В этом случае после выверки вертикальности оси вала насоса и центровки камеры всегда обеспечивается одинаковое расположение осей

вращения лопастей в горизонтальной плоскости. Абсолютный угол установки лопасти определяют по внешнему расчетному сечению лопасти из соотношения

$$\sin \alpha = \Delta H/k,$$

где α – угол установки лопасти; ΔH – разность по высоте начала и конца профиля; k – длина хорды профиля, измеренная по очерчиванию на сферической поверхности камеры.

Условный угол определяется как разница абсолютных значений расчетного (нулевого) и фактического углов установки.

После градуировки и выверки углов разворота лопастей проводят окончательную центровку ротора насоса в расточках под направляющие подшипники, находящиеся в отводе и выправляющем аппарате, перемещая ротор на подпятнике электродвигателя. Допустимое значение несоосности при окончательной центровке не должно превышать 0,05 мм. Результаты центровки заносят в таблицу (см. табл. 14.2).

При установке на насос верхнего и нижнего направляющих подшипников с нижними уплотнениями контролируют неизменность положения вала по двум индикаторам, установленным под углом 90° к шейке вала. При установке верхнего подшипника индикаторы устанавливают к нижней шейке вала, а при установке нижнего подшипника – к обтекателю рабочего колеса. После установки подшипников измеряют щупом зазоры между шейкой вала и поверхностью трения подшипника, а результаты измерений заносят в формуляр (см. табл. 7.4). Для направляющих подшипников с обрезиненными вкладышами зазор должен быть не более 0,15 мм, а для подшипников с лигнофолиевыми вкладышами – не более 0,2 мм.

Затем устанавливают две половины камеры рабочего колеса и проверяют щупом симметричность зазоров между лопастями при их наибольшем развороте и сферической поверхностью камеры. Несимметричность зазоров допускается не более 10% значения одностороннего зазора, который принимается равным 0,001 диаметра рабочего колеса. Результаты измерений заносят в формуляр (см. табл. 7.3).

К камере рабочего колеса присоединяют переходной конус и устанавливают его уплотнение на горловине всасывающей трубы. Собирают на направляющих подшипниках насоса верхние уплотнения, а также трубопроводы для подачи технической воды и подают воду. После устранения протечек устанавливают обтекатель вала, контрольно-измерительные приборы и закрывают люк насоса.

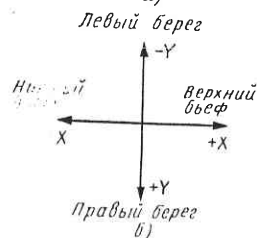
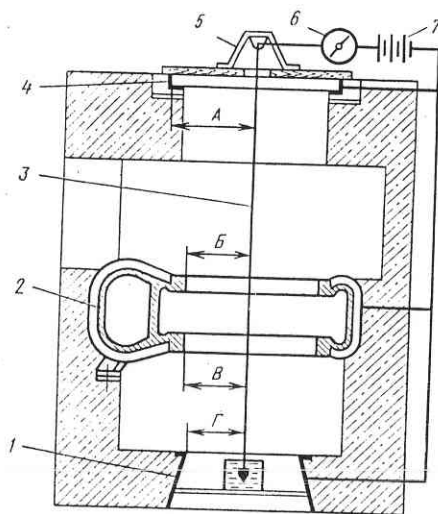
Заключительной операцией является пробный пуск насосного агрегата без воды для проверки задевания вращающихся частей о неподвижные и определения направления вращения.

После заполнения насоса водой, устранения протечек и установки пускового угла лопастей производят пробный пуск насоса под нагрузкой.

14.3. СБОРКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ТИПА В

В вертикальных центробежных насосах (см. рис. 3.1, 3.2) спиральный корпус является базовой деталью, на которой устанавливаются все остальные составные части насоса. Сборку насоса начинают с установки и выверки спирального корпуса.

Точность установки корпуса в горизонтальной плоскости проверяется по верхнему фланцу в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью нивелира или контрольной линейки и уровня. Установку корпуса в горизонтальной плоскости производят монтажными клиньями и домкратами с точностью $\pm 0,04$ мм на 1 м.



Проверку центровки расточек корпуса относительно вертикальной оси насосного агрегата производят при помощи струны-отвеса (рис. 14.3) и микрометрического нутромера. Струна с грузом на конце, опущенным в емкость с вязким маслом, закрепляется на изолированном кронштейне и подсоединяется к чувствительному гальванометру и батарее.

Рис. 14.3. Схема центровки корпуса центробежного насоса:

а — установка струны; б — схема измерений; 1 — всасывающая труба; 2 — спиральный корпус; 3 — струна; 4 — фундаментная плита; 5 — кронштейн; 6 — гальванометр; 7 — батарея

Таблица 14.3. Результаты центровки корпуса центробежного насоса

Место измерения	Расстояние от струны до расточки по осям, мм				Разница измерений, мм	
	+X	-X	+Y	-Y	фактическая	допустимая
Фундаментная плита двигателя	A_x	A_{-x}	A_y	A_{-y}	$\frac{A_x - A_{-x}}{A_y - A_{-y}}$	0,05
Верхний фланец корпуса	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$\frac{B_x - B_{-x}}{B_y - B_{-y}}$	0,05
Нижний фланец корпуса	V_x	V_{-x}	V_y	V_{-y}	$\frac{V_x - V_{-x}}{V_y - V_{-y}}$	0,05
Горловина всасывающей трубы	Γ_x	Γ_{-x}	Γ_y	Γ_{-y}	$\frac{\Gamma_x - \Gamma_{-x}}{\Gamma_y - \Gamma_{-y}}$	0,25

При совмещении струны с вертикальной осью насосного агрегата за базу принимают цилиндрическую поверхность фундаментных плит нижней крестовины электродвигателя, от которой струна должна находиться на одинаковом расстоянии А. Расстояния А, Б, В, Г от струны до соответствующей расточки измеряют микрометрическим нутромером по осям (рис. 14.3, б) в четырех направлениях (+X, -X, +Y, -Y). При измерениях добиваются, чтобы стрелка гальванометра отклонялась на одно и то же значение. Результаты измерений заносят в таблицу (табл. 14.3), в которой указывают допустимые отклонения. При отклонении центров расточек корпуса от струны более допустимого значения их совмещают путем перемещения корпуса насоса в горизонтальной плоскости с последующей фиксацией штифтами и креплением к фундаментным плитам.

Для установки ротора на нижний фланец насоса устанавливают приспособление, состоящее из четырех пластин с отжимными винтами. Каждая пластина крепится с помощью двух шпилек фланца. Отжимными винтами регулируются вертикальное и высотное положения ротора. При наличии у насоса нижней крышки или переходного кольца его ротор устанавливают на мерные прокладки.

На монтажной площадке собирают рабочее колесо с валом. Гайки затягивают равномерно и в последовательности, обеспечивающей плотное прилегание плоскостей фланцев. Плотность прилегания флан-

цев проверяют щупом толщиной 0,03 мм, который не должен входить между фланцами. После затяжки гайки фиксируют, чтобы предотвратить самоотвертывание, и размещают над ними защитный кожух. Затем краном устанавливают рабочее колесо с валом в корпус насоса на монтажные пластины. Совместив горизонтальные оси рабочего колеса и спирального корпуса, фиксируют высотную отметку фланца вала и опускают ротор с помощью отжимных винтов на 15–20 мм ниже этой отметки.

Далее устанавливают крышку насоса с прокладкой из прессшпана и спаривают вал-проставок с валом насоса (при его наличии). Центровку ротора в корпусе производят путем его смещения в горизонтальной плоскости до получения равномерных зазоров между защитным и уплотнительным кольцами щелевого уплотнения. Несимметричность зазора не должна превышать 10% его значения, которое принимается равным 0,1% диаметра защитного кольца. После центровки ротор фиксируют для предотвращения сдвига при последующих сборочных работах установкой мерных прокладок в зазор щелевого уплотнения.

Выверку вертикального положения вала производят уровнем по торцу фланца насоса с погрешностью 0,02–0,03 мм/м. Вертикальное положение вала устанавливают за счет одностороннего опускания с помощью отжимных винтов монтажных пластин.

Последующие технологические операции при сборке электродвигателя (соединение валов насоса и электродвигателя, центровка валов) описаны ниже.

Перед установкой переходного конуса или проставка всасывающей трубы (в зависимости от конструкции насоса) проверяют зазоры между уплотнительными и защитными кольцами. В случае необходимости выравнивают их перемещением ротора на подпятнике. Измеряют также зазор между рабочим колесом и рассекателем корпуса, а результаты измерений заносят в таблицу (см. табл. 7.5).

Проставок всасывающей трубы (переходной конус) устанавливают на прокладках из прессшпана, прикрепляют к нижнему фланцу насоса и собирают его уплотнение на горловине всасывающей трубы.

Приступая к сборке направляющего подшипника, проводят центровку с помощью нутромера крышки насоса по расточке под подшипник относительно вала. Несоосность расточки не должна превышать 0,05 мм. После центровки крышку фиксируют штифтами относительно корпуса насоса, собирают направляющий подшипник и измеряют зазоры между шейкой вала и вкладышами подшипника. Результаты измерений заносят в таблицы для сегментного кольцевого подшипников (см. табл. 7.2 и 7.4). В маслованну подшипника на масляной смазке заливают турбинное масло марки $T_n = 30$.

Сборку уплотнения вала насоса начинают с центровки его корпуса относительно шейки вала, фиксации штифтами и надежного закрепления. При сборке уплотнений с сальниковой набивкой производят предварительную затяжку пакета набивки. Окончательную затяжку производят при работающем насосе, обеспечивая необходимую протечку уплотняемой воды.

Сборка центробежного насоса завершается установкой служебных трубопроводов и контрольно-измерительных приборов, заполнением водой проточной части, устранением протечек в соединениях и пробным пуском.

14.4. СБОРКА ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

К началу сборки электродвигателя (см. рис. 4.1, 4.4) вал насоса должен быть надежно закреплен в вертикальном положении точно по оси агрегата, а его фланец установлен на 15–20 мм ниже проектной отметки. При дальнейшем определении высотных отметок базой является фланец вала насоса.

Сборку электродвигателя начинают с установки статора с нижней крестовиной. Перед установкой крестовины очищают внутреннюю поверхность масляной ванны и проверяют швы на маслонепроницаемость. Нижнюю крестовину устанавливают на фундаментные плиты согласно маркировке, нанесенной перед разборкой. Проводят ревизию гидравлических домкратов, обратив особое внимание на свободное опускание поршня в цилиндре от собственной массы. Устанавливают домкраты на нижней крестовине и собирают масляные трубопроводы.

Перед установкой статора проводят тщательный осмотр вентиляционных каналов активного железа, обмоток и продувают их сухим сжатым воздухом. Статор устанавливают на фундаментные плиты, производят их центровку и выверку вертикального положения расточки статора (рис. 14.4). Центровку статора выполняют с помощью струны с грузом на конце, опущенным в емкость с маслом, которая установлена на фланце вала насоса. Перед центровкой совмещают струну, закрепленную на балке, с вертикальной осью насосного агрегата. За базу принимают цилиндрическую расточку в нижней крестовине под гнездо нижнего направляющего подшипника, от которой струна должна находиться на одинаковом расстоянии В. Струну устанавливают нутромером с погрешностью 0,05 мм. Центровку статора производят по верхнему и нижнему пакетам сердечника путем измерения соответственно размеров А и Б. Число точек измерения должно быть не менее четырех (по двум взаимно перпендикулярным диаметрам). Допустимые отклонения при центровке должны быть не бо-

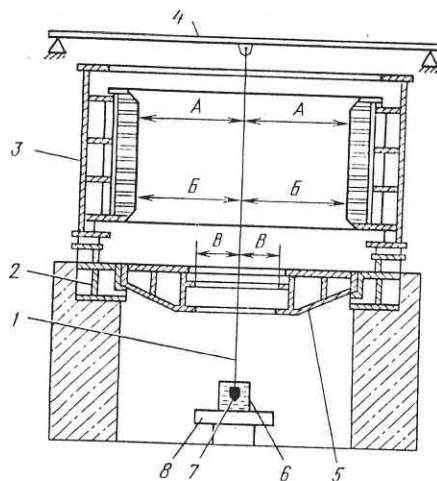


Рис. 14.4. Схема центровки и выверки вертикального положения расточек статора:
1 — струна; 2 — фундаментная плита;
3 — статор; 4 — балка; 5 — нижняя крестовина; 6 — емкость с маслом; 7 — груз;
8 — фланец вала насоса

более 5% значения расчетного воздушного зазора между статором и ротором. При отклонениях выше допустимых значений смещают статор с помощью домкратов в соответствующем направлении. Результаты центровки заносят в таблицу (табл. 14.4). Горизонтальное положение верхнего кольца корпуса статора, служащего опорой для верхней крестовины, проверяют по уровню. После центровки статор фиксируют штифтами и закрепляют болтами к фундаментным плитам.

Перед установкой воздухоохладителей на статор их подвергают гидравлическим испытаниям давлением не более 0,3 МПа в течение 15 мин.

Таблица 14.4. Результаты центровки статора электродвигателя

Место измерения	Расстояние от струны до расточки по осям, мм				Разница измерений, мм	
	+X	-X	+Y	-Y	фактическая	допустимая
Верхний пакет	A_x	A_{-x}	A_y	A_{-y}	$A_x - A_{-x}$ $A_y - A_{-y}$	5% от воздушного зазора
Нижний пакет	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$B_x - B_{-x}$ $B_y - B_{-y}$	
Нижняя крестовина	B_x	B_{-x}	B_y	B_{-y}	$B_x - B_{-x}$ $B_y - B_{-y}$	0,5

У электродвигателей меньшей мощности нижняя крестовина прикреплена к статору и является неразборным узлом, поэтому статор устанавливают на фундаментные плиты вместе с крестовиной и выверяют их по вышеописанному методу.

До установки ротора в статор подготавливают сегменты направляющих подшипников и подпятника. Для этого баббитовую поверхность сегментов подпятника подшабривают по рабочей поверхности вращающегося диска, а сегментов направляющих подшипников — по поверхности соответствующих втулок. Площадь касания поверхностей трения должна составлять не менее 80%. Число пятен касания после шабровки на 1 см² должно быть три-четыре для сегментов подпятника и два-три для сегментов направляющих подшипников. Пятна касания должны быть равномерно распределены по поверхности трения. После шабровки поверхности трения сегментов промывают спиртом или авиационным бензином и смазывают тонким слоем несоленого топленого говяжьего или свиного жира, смешанного с графитом.

Перед установкой ротор продувают сжатым воздухом и тщательно осматривают. Особое внимание обращают на крепление вентиляторов, полюсов, межполюсных соединений, токопроводов, соединений пусковой обмотки и стопорение болтовых соединений. Проводят испытание катушек на отсутствие витковых замыканий током промышленной частоты при напряжении 220 В. Это напряжение с помощью специальных зажимов подается на выводы последовательно соединенных катушек, число катушек выбирают из расчета три-четыре на один виток, время испытаний 5 мин. При испытании определяют напряжение на выводах каждой катушки, которое не должно различаться более чем на 5%. Сопротивление изоляции полюсов катушек должно быть не менее 0,5 МОм. Корпусную изоляцию ротора испытывают при повышенном напряжении и токе промышленной частоты.

Перед опусканием ротора вывинчивают винты гидравлических домкратов на такую высоту, чтобы после опускания ротора фланец вала оказался на проектной отметке. Мостовым краном ротор опускают в расточку статора и устанавливают его так, чтобы он опирался на гидравлические домкраты. При опускании ротора принимают меры для предотвращения повреждения активного железа и обмотки статора. Для этого в четырех диаметрально противоположных местах между статором и ротором помещают картонные прокладки толщиной 5–6 мм. Если вал ротора съемный, его опускают в расточку статора и устанавливают втулкой нижнего направляющего подшипника на монтажные крюки, расположенные в гнезде направляющего подшипника, нижней крестовины, а затем запрессовывают ротор на его посадочное

место, соединяют с втулкой вала и устанавливают на гидравлические домкраты.

Перед установкой верхней крестовины очищают внутреннюю полость маслованны и проверяют сварные швы на герметичность обмазкой швов с внешней стороны меловым раствором, а с внутренней — керосином. Затем верхнюю крестовину устанавливают на статор, предварительно центрируют и закрепляют ее болтами.

Сборку подпятника начинают с установки ограничительных винтов и опорных болтов сегментов подпятника. Опорные болты должны вручную до конца ввинчиваться и вывинчиваться. На опорные болты устанавливают сегменты подпятника на 3–5 мм ниже проектной отметки, предварительно уложив в сегменты медные прокладки. При наличии в конструкции подпятника опорной тарелки ее устанавливают между сегментом и опорным болтом. Зеркало вращающегося диска промывают спиртом или авиационным бензином, смазывают тонким слоем несоленого топленого говяжьего или свиного жира, присоединяют к втулке подпятника и проверяют изоляцию диска, сопротивление которой должно быть не менее 1 МОм.

Запрессовку на вал втулки подпятника с прикрепленным вращающимся диском производят с использованием приспособления (см. рис. 7.8). Если втулка подпятника запрессовывается с большим усилием, то ее подогревают индукционным способом (см. § 7.3).

Перед установкой запорного кольца микрометром проверяют параллельность плоскостей кольца, которая должна быть не более 0,05 мм. Запорные полукольца забивают в проточку вала через медную или алюминиевую прокладку. После поджатия сегментов подпятника к зеркалу и опускания ротора на сегменты щупом проверяют отсутствие зазоров между верхней плоскостью запорного кольца и проточкой вала, а также между нижней плоскостью запорного кольца и плоскостью втулки подпятника. Наличие зазоров недопустимо.

Установив гнездо верхнего подшипника в проточке крестовины и сегменты верхнего направляющего подшипника, приступают к регулировке равномерного поджатия сегментов подпятника к вращающемуся диску. Для этого на фланце вала двигателя устанавливают два индикатора под углом 90° друг к другу. Поджатие сегментов к диску выполняют ударами легкой кувалды по ключу, фиксируя при этом значение изменений показаний индикаторов после поджатия каждого сегмента. Эту операцию выполняют до тех пор, пока показания индикаторов не будут отличаться друг от друга не более чем на 0,01 мм.

Для выверки перпендикулярности оси вала двигателя к плоскости вращающегося диска подпятника сегменты подпятника смазывают

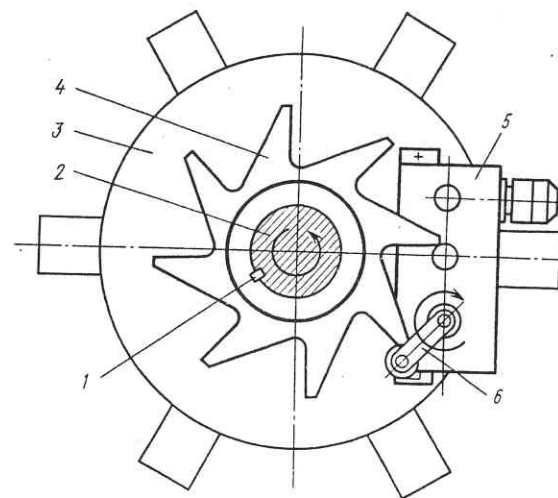


Рис. 14.5. Схема устройства для проворота ротора:

1 — шпонка; 2 — вал двигателя; 3 — верхняя крестовина; 4 — делительный диск; 5 — редуктор; 6 — кривошип

техническим жиром и устанавливают "нулевые" зазоры в верхнем направляющем подшипнике, заложив металлические клинья между сухарями сегментов и гнездом направляющего подшипника или поджав сегменты к втулке отжимными болтами (сегменты нижнего направляющего подшипника не устанавливаются). На верхний конец вала двигателя устанавливают устройство для проворота ротора (рис. 14.5), состоящее из делительного диска, жестко прикрепленного через шпонку к валу двигателя, и редуктора с кривошипом на тихоходном валу, закрепленного на верхней крестовине. После включения электродвигателя привода редуктора кривошип с роликом на конце начинает вращаться. При взаимодействии ролика с зубом делительного диска происходит проворот ротора. За один оборот кривошипа ротор проворачивается на один зуб и останавливается до следующего цикла. При делительном диске с восемью зубьями ротор будет проворачиваться на 45°.

Во время холостого проворота ротора окружность вала разбивают через 45° на восемь частей (рис. 14.6, а). Риски наносят на вал мелом или белой масляной краской и нумеруют их в направлении, противоположном направлению вращения ротора. Точку 1 обычно выбирают рядом с какой-либо заметной деталью, например с вертикальной шпонкой втулки или токопроводом. Для измерений используют индикаторы часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,01 мм, которые устанавли-

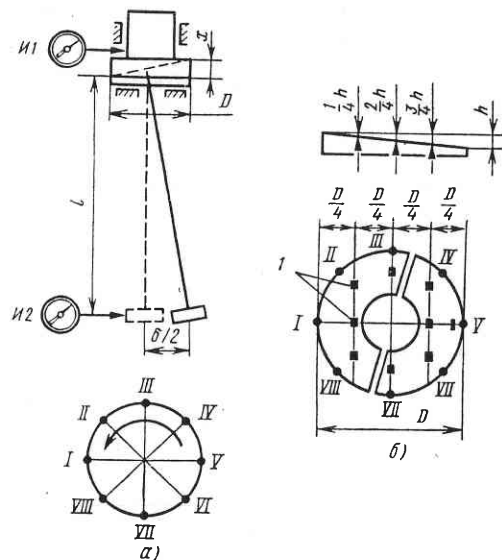


Рис. 14.6. Схема выверки перпендикулярности оси вала к плоскости вращающегося диска подпятника:

а — схема измерений; б — разметка прокладки для снятия клиновидного слоя; 1 — «маяки»

вают в одной вертикальной плоскости у точки I. Индикатор И1 устанавливают на втулке верхнего направляющего подпятника, а индикатор И2 — на фланце вала. Ножки индикаторов подводят к точке I таким образом, чтобы стрелка отсчета сотых долей миллиметра стояла на нуле, а стрелка миллиметрового отсчета — в середине шкалы.

Ротор проворачивают с остановками через каждые 45° и записывают показания индикаторов. При этом обращают внимание на направление перемещения ножки индикатора. Если она перемещается к оси вала (большая стрелка поворачивается против часовой стрелки), показания записывают со знаком «минус», а при перемещении ножки от оси вала (стрелка поворачивается по часовой стрелке) — со знаком «плюс». Показания индикаторов в каждой точке записывают в таблицу (табл. 14.5). Поворот ротора заканчивают при возвращении точки

Таблица 14.5. Результаты измерений при выверке перпендикулярности оси вала к плоскости вращающегося диска подпятника

Индикатор	Показание индикатора в точках измерения, мм								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I
И1	0	0	-0,04	-0,06	+0,03	+0,05	-0,01	+0,02	0
И2	0	+0,06	+0,12	+0,26	+0,38	+0,34	+0,19	+0,08	0
И2 - И1	0	+0,06	+0,16	+0,32	+0,35	+0,29	+0,20	+0,06	0

I в исходное положение. Если большие стрелки индикаторов возвращаются к нулю или разница показаний индикаторов И2 - И1 = 0, считают, что измерения выполнены правильно. В противном случае измерения необходимо повторить.

Записав в таблицу показания индикаторов И1 и И2, находят разность И2 - И1 для каждой точки, которая показывает истинное значение отклонения вала с учетом смещения его в верхнем направляющем подпятнике.

Определив истинные значения отклонений валов в четырех вертикальных плоскостях, проходящих через точки I и V, II и VI, III и VII, IV и VIII, находят полный размах (биение) вала δ и определяют плоскость, в которой лежит наибольшее биение:

Плоскость ...	V - I	VI - II	VII - III	IV - VIII
Биение, мм ...	0,35	0,23	0,04	0,26

При этом в обозначении плоскости цифру плюсовой точки пишут первой для облегчения дальнейшей работы. Отсюда видно, что наибольшее биение фланца $\delta = 0,35$ мм измерено в плоскости V - I и плюсовое отклонение направлено в сторону точки V.

Максимально допустимое значение биения фланца вала δ определяют из условия, чтобы относительное биение $\delta_{отн}$ не превышало 0,02 мм на 1 м длины вала и было не более 0,07 мм. Относительное биение определяют по формуле

$$\delta_{отн} = \delta/l,$$

где l — длина вала от зеркального диска до места установки индикатора И2, мм.

В рассматриваемом случае (при $l = 4,65$ м) относительное биение $\delta_{отн} = 0,35/4,65 = 0,075$ мм/м, что значительно превышает допустимое значение. Перпендикулярность оси вала к плоскости вращающегося диска подпятника достигается шабрением или проточкой обратной стороны зеркального диска «на клин» у асинхронных двигателей либо шабрением «на клин» изоляционной гетинаксовой прокладки, состоящей из двух половин и устанавливаемой между вращающимся диском и втулкой подпятника, у крупных синхронных двигателей. Наибольшую высоту сшабриваемого клина определяют из соотношения

$$h = \delta D/(2l),$$

где h — наибольшая высота клина, мм; D — диаметр втулки подпят-

ника, мм; δ – наибольшее биение фланца вала, мм; l – расстояние от зеркального диска до фланца двигателя, мм.

В рассматриваемом случае $h = \frac{0,35 \cdot 1400}{2 \cdot 4650} = 0,053$ мм. Для точ-

ного сшабривания клина на поверхность прокладки перпендикулярно плоскости наибольшего биения ($V-I$) наносят равномерно отстоящие друг от друга, например на расстоянии $D/4$, параллельные линии, вдоль которых вышабривают шабером "маяки" глубиной соответственно $\frac{1}{4}h$, $\frac{2}{4}h$, $\frac{3}{4}h$ и h (рис. 14.6, б). Глубину "маяков" проверяют с помощью индикатора. По натирам шабровочной плиты на плоскости прокладки проводят ее шабровку до удаления "маяков".

Установив клиновидную прокладку между втулкой подпятника и вращающимся диском, вновь определяют значение биения фланца вала. При неудовлетворительных результатах эту операцию повторяют до достижения допустимого значения биения.

Одновременно с проверкой радиального биения фланца вала проверяют и его торцевое биение, значение которого не должно превышать 0,02 мм. Проверка торцевого биения производится индикатором со специальным наконечником при проворотах ротора на 45°.

По окончании выверки перпендикулярности диска пяты к оси вала проверяют центровку вала относительно гнезда верхнего направляющего подшипника (допустимое отклонение составляет не более 0,5 мм) и регулируют воздушный зазор между ротором и статором перемещением верхней крестовины по отношению к статору в необходимом направлении. Воздушный зазор измеряют металлическими щупами между зубцами активной стали ротора и серединой шихтованной части каждого полюса сверху и снизу статора. Результаты измерений заносят в таблицу (см. табл. 7.1). Значение зазора считается удовлетворительным, если максимальное его отклонение от среднеарифметического значения не превышает 5%, при этом максимальное значение зазора отличается от номинального не более чем на 10%. Если имеется большая разница значений воздушного зазора сверху и снизу полюсов, проверяют вертикальность вала и изменяют положение ротора, опуская или поднимая с одной стороны сегменты подпятника.

Для определения совпадения магнитных осей статора и ротора измеряют расстояние от внешней плоскости сегментов демпферной обмотки до шихтованной части полюсов и до сердечника статора. Несовпадение магнитных осей определяется как разность между среднеарифметическими значениями измерений сверху и снизу полюсов. Несовпадение магнитных осей должно быть не более 3 мм. При несов-

падении магнитных осей выше допустимого значения изменяют высотное положение ротора регулировкой положения сегментов подпятника опорными винтами. Результаты измерений заносят в таблицу (см. табл. 7.1).

После соединения валов двигателя и насоса и выверки общей линии вала насосного агрегата собирают верхние и нижние воздухораспределительные щиты, устанавливают необходимые зазоры между щитами и вентиляторами (см. табл. 7.1) и стопорят крепежные болты, шпильки и гайки.

Сборку и регулировку направляющих подшипников начинают с верхнего подшипника. Для предотвращения смещения вала во время регулировки половину сегментов (через один) устанавливают с "нулевым" зазором, а на остальных устанавливают зазор между втулкой подшипника и сегментом, равный 0,12–0,15 мм. Регулировку зазоров на остальных сегментах производят после закрепления вала отрегулированными сегментами. Зазоры регулируют одним из двух методов. По первому методу сегмент подтягивается двумя болтами к гнезду направляющего подшипника так, чтобы гребень был плотно поджат к гнезду. Зазоры измеряют щупом по всему контуру рабочей поверхности сегмента. Регулируют зазор изменением толщины металлических прокладок между сухарем и сегментом. После окончания регулировки натяжные болты снимают. По второму методу сегмент плотно прижимают к втулке, измеряют зазор между гребнем сухаря и гнездом направляющего подшипника. Зазоры как в верхней, так и в нижней части сегмента должны быть одинаковыми. Значения зазоров, полученные после регулировки каждого подшипника, заносят в таблицу (см. табл. 7.2).

Одновременно с регулировкой зазора проверяют сопротивление изоляции сухарей относительно сопротивления сегментов, которое должно быть не менее 1 МОм.

Перед сборкой масляных ванн производят подготовительные работы для прокладки цепей термоконтроля подпятника и направляющих подшипников. Устанавливают "нулевые" зазоры в нижнем направляющем подшипнике, ротор поднимают домкратом на 10–15 мм, демонтируют сегменты и гнездо верхнего направляющего подшипников, делают ревизию сегментов подпятника и законтривают ограничительные винты и опорные болты сегментов. Внутренние полости масляной ванны и все остальные детали тщательно промывают авиационным бензином, смазывают вращающийся диск и сегменты и затем окончательно собирают подпятник и верхний направляющий подшипник.

Перед установкой маслоохладителей, масло- и водопроводных труб продувают сжатым воздухом их внутренние полости и проводят гидравлические испытания давлением 0,3 МПа в течение 15 мин.

Аналогичным образом собирают нижний направляющий подшипник и производят заливку масляных ванн маслом, марка которого должна соответствовать инструкции завода-изготовителя. Заливку производят через фильтр-пресс дважды. Сначала наполняют ванны и сливают масло, а затем вторично заполняют ванны до номинального уровня. Максимальный уровень масла соответствует погружению направляющего подшипника до половины высоты сегмента, минимальный уровень — до 1/3 его высоты. Максимальный и минимальный уровни масла отмечают на маслоуказателях красной краской.

Заключительными операциями при сборке электродвигателя являются штифтовка верхней крестовины со статором и статора с фундаментными плитами, сборка схемы теплоконтроля и установка контрольно-измерительных приборов, сборка возбuditеля, проведение испытания изоляции обмоток согласно инструкции.

Перед пробным пуском двигателя необходимо выполнить следующие работы:

- обеспечить чистоту машинного помещения;
- обследовать доступные для осмотра внутренние части двигателя и убедиться в отсутствии посторонних предметов;
- продуть двигатель сжатым воздухом давлением 0,2–0,3 МПа из резинового шланга;
- проверить уровень масла в масляных ваннах обеих крестовин;
- поднять ротор домкратами на 2–4 мм для подачи масла к трущимся поверхностям подпятника, затем опустить ротор и убедиться в опускании поршней домкратов в крайнее нижнее положение;
- проверить соответствие напряжения сети техническим данным двигателя;
- проверить правильность присоединения выводов двигателя к сети и правильность чередования фаз;
- проверить работу масляного выключателя, защитной и сигнальной аппаратуры, системы теплоконтроля;
- проверить согласно существующим нормам заземление корпуса двигателя;
- проверить циркуляцию охлаждающей воды.

После выполнения вышеуказанных работ двигатель считается подготовленным для пуска на холостом ходу и испытания под нагрузкой.

14.5. СОЕДИНЕНИЕ ВАЛОВ НАСОСА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

При соединении валов насоса и электродвигателя необходимо сохранить центровку ротора насоса относительно корпусных частей и установить в вертикальное положение ротор всего насосного агрегата. Перед соединением фланцев необходимо тщательно зачистить плоскости сопряжения и проверить лекальной линейкой отсутствие забоин и заусенцев. Для соединения валов необходимо выполнить следующие операции: провести центрирование вала электродвигателя и вала насоса, установить отверстия во фланцах друг против друга, разместить болты и подтянуть ротор насоса к ротору электродвигателя, развернуть отверстия и установить призонные болты, произвести окончательную затяжку и стопорение соединительных болтов.

Центрирование валов ведется в двух направлениях (рис. 14.7). С одной стороны, образующие фланцев валов насоса и электродвигателя должны служить продолжением друг друга, что указывает на совпадение их осей. Допустимое несовпадение осей не должно превышать 0,05 мм. Регулировку совпадения осей валов электродвигателя и насоса производят перемещением всего электродвигателя в требуемом направлении (если перемещение ротора может привести к нарушению воздушного зазора) либо перемещением ротора на подпятнике по контрольной линейке до достижения равномерного зазора во всех направлениях (в пределах 0,05 мм).

С другой стороны, торцы фланцев валов должны быть параллельны. Параллельность определяют путем измерения торцевого зазора *a* с помощью щупа и бруска в четырех диаметрально противоположных точках. Разница значений торцевых зазоров не должна превышать 0,02 мм. Регулировку параллельности фланцев производят односторонним изменением высоты опорных болтов подпятника.

Перед спариванием валов совмещают оси соответствующих отверстий под болты крепления на обоих фланцах поворачиванием ротора двигателя до совпадения меток, нанесенных на фланцах при маркировке перед разборкой насосного агрегата. Затем в отверстия вставляют монтажные болты и подтягивают ими ротор насоса к ротору электродвигателя до полного соприкосновения фланцев. Контроль плотности прилегания фланцев осуществляют щупом толщиной 0,03 мм, который не должен заходить между фланцами на глубину более 10 мм.

Для установки призонных болтов вместо монтажных производят совместную обработку отверстий во фланцах валов насоса и электродвигателя. При небольшом износе или смещении отверстий совместную обработку производят с помощью цилиндрических разверток со-

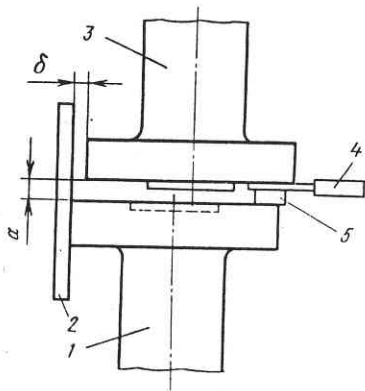


Рис. 14.7. Центрирование валов насоса и электродвигателя:

1, 3 — валы насоса и электродвигателя; 2 — контрольная линейка; 4 — шуп; 5 — брусок

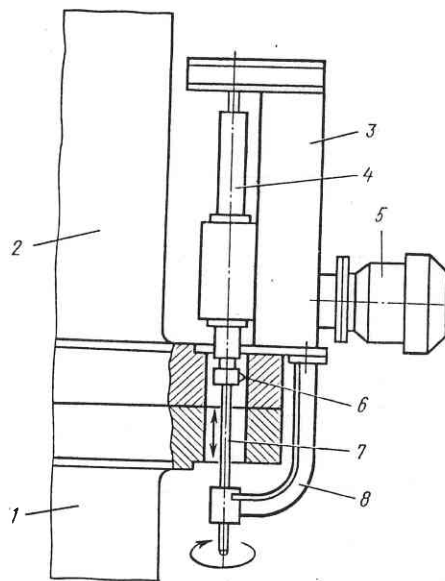


Рис. 14.8. Станок для растачивания отверстий во фланцевом соединении валов:

1, 2 — валы насоса и двигателя; 3 — станина; 4 — пиноль; 5 — электродвигатель; 6 — резец; 7 — шпиндель; 8 — съемная опора

ответствующего размера. При значительном смещении отверстий обработку производят переносным расточным станком (рис. 14.8), состоящим из станины, пиноли, электродвигателя привода станка, шпинделя с резцом и съемной опоры. Станок устанавливают на фланец вала электродвигателя, выверяют и закрепляют. Затем устанавливают на шпиндель съемную опору и закрепляют ее к основанию станины. Перед расточкой настраивают резец на необходимую глубину резания, а затем включают электродвигатель привода станка, который приводит во вращение шпиндель с резцом и осуществляет осевое перемещение пиноли вместе со шпинделем. Проточку производят за несколько проходов до образования единой цилиндрической поверхности ремонтного размера.

Сопрягаемую цилиндрическую поверхность призонного болта изготавливают по переходной посадке, номинальный диаметр которой равен диаметру отверстия во фланцах.

После установки призонных болтов окончательно затягивают все болты. У крупных насосов болты затягивают при помощи гидравлического ключа (см. рис. 7.7) с контролируемым моментом затяжки. Затягивать болты следует равномерно, чтобы момент затяжки не превы-

шал рекомендуемых значений. В гидравлическом ключе регулирование момента затяжки осуществляют за счет изменения рабочего давления в маслonaпорной установке.

После окончательной затяжки гайки законтривают от самоотвинчивания посредством стопорных шайб, сварки или других способов.

14.6. ПРОВЕРКА ВЕРТИКАЛЬНОСТИ ОБЩЕЙ ЛИНИИ ВАЛА НАСОСНОГО АГРЕГАТА

Общую линию вала насосного агрегата выверяют после спаривания вала насоса с валом электродвигателя. Во время этой проверки определяют наличие излома линии вала во фланцевых соединениях и ее уклона относительно вертикальной оси. Сначала производят проверку на наличие излома общей линии вала. Для этого определяют значения биения вала у шеек подшипников и фланцев. Причинами биения вала являются как наличие излома линии вала во фланцевых соединениях, так и неперпендикулярность оси вала к плоскости трения подпятника.

Биение из-за неперпендикулярности оси вала к плоскости трения подпятника иногда может иметь недопустимые значения, даже и в том случае, если выверка с доведением до норм сделана заранее, до спаривания валов. Это объясняется появлением дополнительных деформаций в сопряжениях вала с втулкой и диском подпятника вследствие догрузки подпятника после спаривания с ротором насоса.

Общую линию вала проверяют перед окончательной подбивкой сегментов подпятника при "нулевых" зазорах в верхнем подшипнике электродвигателя и демонтированных нижнем подшипнике двигателя и подшипниках насоса. Проверку осуществляют с помощью индикаторов, установленных в характерных точках по высоте вала и проворота ротора, а также методом четырех струн.

Наибольшее распространение при проверке общей линии вала крупных насосных агрегатов получил способ проверки с помощью индикаторов и проворота ротора. Для этого на верхний торец вала электродвигателя устанавливают приспособление для проворота ротора. Поворот ротора малых насосов производят вручную. Роторы крупных насосных агрегатов проворачивают лебедкой или мостовым краном с помощью специального приспособления. Наиболее эффективным оказалось устройство для проворота ротора (см. рис. 14.5), которое обеспечивает автоматическую работу, точную остановку ротора в заданных точках и исключает влияние на ротор посторонних нагрузок.

В одной вертикальной плоскости (рис. 14.9) вдоль ротора устанавливают четыре индикатора. Один индикатор (И1) устанавливают на втул-

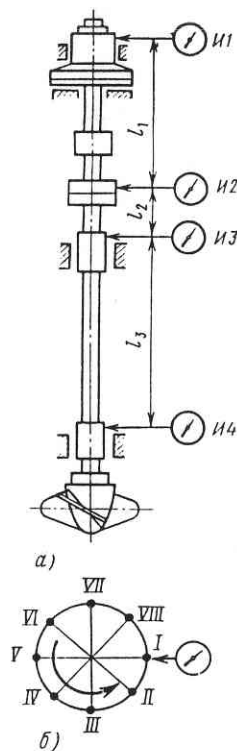
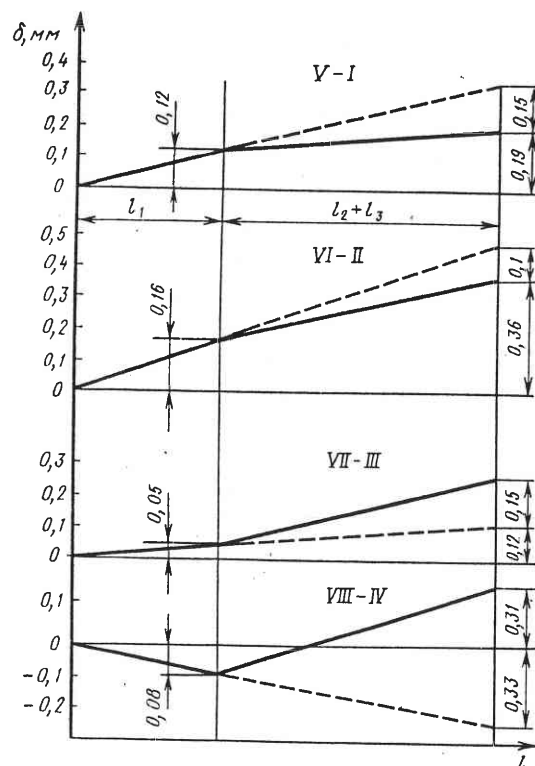


Рис. 14.9. Выверка излома вала насосного агрегата по индикаторам:
а, б — схемы установки индикаторов и проворота ротора

Рис. 14.10. График состояния линии вала в четырех диаметральных плоскостях (V—I, VI—II, VII—III, VIII—IV)

ке подпятника в месте расположения верхнего направляющего подшипника двигателя для определения сдвига ротора на подпятнике (вследствие зазоров в подшипнике). Остальные индикаторы (И2—И4) располагают на расстояниях l_1 , l_2 и l_3 друг от друга соответственно у фланца вала двигателя, у верхней и нижней шеек вала насоса.

Окружность вала разбивают на восемь точек (располагая их в направлении, противоположном направлению вращения ротора). Перед проворачиванием вала индикаторы устанавливают в точку I, а шкалу сотых долей миллиметра ставят в нулевое положение. Миллиметровую стрелку устанавливают в середину шкалы, чтобы она могла показывать плюсовые и минусовые значения. У каждого индикатора ставят наблюдающих, которые одновременно при остановке вала записывают



их показания в каждой точке. Запись показаний индикаторов сводят в таблицу (табл. 14.6), в которой подсчитывают также значения отклонений вала с учетом его смещения в направляющем подшипнике двигателя, т.е. И2 — И1; И3 — И1; И4 — И1.

Если при провороте на 360° индикаторы не возвращаются к нулевому положению или их смещения от нулевого показания не одинаковы по знаку и по абсолютному значению, проверку необходимо повторить.

В качестве примера приведена проверка общей линии вала насосного агрегата типа ОПВ10-260 ЭГ, у которого $l_1 = 4,65$ м, $l_2 = 1,15$ м и $l_3 = 8,35$ м.

Чтобы получить ясную картину состояния линии вала, разность показаний индикаторов (табл. 14.6) обрабатывают. Обработку начинают с подсчета биений (полного размаха вала) в различных плоскостях, рассекающих вал вдоль вертикальной оси. Подсчет биений ведут алгебраическим вычитанием отклонений вала, взятых из табл. 14.6, в противолежащих на одном диаметре точках. Так, биение шейки нижнего подшипника (индикатор И4) для плоскости VI—II подсчитывают следующим образом:

$$\delta_{VI} - \delta_{II} = +0,28 - (-0,08) = 0,36 \text{ мм.}$$

Полученный результат записывают без знака (по абсолютному значению), только при этом в наименовании плоскости первой записывают точку, в которую направлено положительное показание индикатора. Такая запись показывает, что отклонение вала от осевой линии направлено в сторону этой точки.

Обработав таким образом значения отклонений вала, составляют таблицу (см. табл. 14.7) и по ее данным в масштабе строят график состояния линии вала в четырех диаметральных плоскостях с расстоянием между точками измерения l_1 , l_2 и l_3 (рис. 14.10), на основании которого исправляют имеющуюся расцентровку валов. Из табл. 14.7 и графика видно, что наибольшее биение на фланце электродвигателя находится в плоскости VI—II и составляет 0,16 мм. Для его исправления необходимо провести шабрение "на клин" гетинаксовой прокладки, установленной между опорными поверхностями втулки и вращающегося диска подпятника. Высоту шабруемого клина в точке VI определяют как

$$h_1 = \frac{\delta_1 D_{в.п}}{2l_1} = \frac{0,16 \cdot 1400}{2 \cdot 4650} = 0,024 \text{ мм,}$$

Таблица 14.6. Результаты измерений при выверке общей линии вала насосного агрегата

Индикатор	Показание в точке измерения, мм								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I
И1	0	-0,01	-0,02	+0,02	+0,01	+0,03	+0,02	-0,01	0
И2	0	+0,01	+0,02	+0,12	+0,13	+0,21	+0,11	+0,01	0
И3	0	-0,03	-0,01	+0,06	+0,13	+0,19	+0,10	-0,03	0
И4	0	-0,09	-0,06	-0,07	+0,20	+0,31	+0,25	+0,21	0
И2 - И1	0	+0,02	+0,04	+0,10	+0,12	+0,18	+0,09	+0,02	0
И3 - И1	0	-0,02	+0,01	+0,04	+0,12	+0,16	+0,08	-0,02	0
И4 - И1	0	-0,08	-0,04	-0,09	+0,19	+0,28	+0,23	+0,22	0

Таблица 14.7. Определение биения вала насосного агрегата, мм, в четырех диаметральных плоскостях

Фланец двигателя		Верхний подшипник		Нижний подшипник	
V - I	0,12	V - I	0,12	V - I	0,19
VI - II	0,16	VI - II	0,18	VI - II	0,36
VII - III	0,05	VII - III	0,07	VII - III	0,27
VIII - IV	0,08	VIII - IV	0,06	VIII - IV	0,31

где $\delta_1 = 0,16$ мм – наибольшее биение фланца вала электродвигателя; $D_{в.п} = 1400$ мм – диаметр втулки подпятника; $l_1 = 4650$ мм – расстояние между индикаторами.

Наибольший излом во фланцевом соединении валов насоса и электродвигателя лежит в плоскости VIII - IV. Значение отклонения оси вала насоса от оси вала электродвигателя можно определить, если построить на графике (рис. 14.10) продолжение оси вала электродвигателя до пересечения с линией измерений на шейке нижнего подшипника насоса и по масштабу отсчитать значение смещения δ_2 . В данном случае значение смещения

$$\delta_2 = 0,33 + 0,31 = 0,64 \text{ мм.}$$

Устранение излома общей линии вала производится перетяжкой болтов во фланцевом соединении (при небольшом значении излома) или шабрением сопрягаемых поверхностей фланцев.

Из схемы на рис. 14.11 видно, что для устранения излома необходимо с фланца снять клиновидный слой высотой h_2 , которую вычисляют

по формуле

$$h_2 = \frac{\delta_2 D_{фл}}{2(l_2 + l_3)} = \frac{0,64 \cdot 980}{2(1150 + 8350)} = 0,033 \text{ мм.}$$

Здесь $D_{фл} = 980$ мм – диаметр фланца; $l_2 + l_3 = 9500$ мм – длина вала между фланцем и шейкой нижнего подшипника; $\delta_2 = 0,64$ мм – смещение вала.

Снять клиновидный слой металла удобнее с фланца вала насоса, не имеющего выступающего буртика. Для этого болты фланцевого соединения заменяют монтажными и с помощью них опускают ротор насоса на подставку под верхним фланцем вала. Ротор опускают на высоту не менее 200 мм. На торце фланца перпендикулярно плоскости наибольшего биения (IV - VIII) наносят равномерно отстоящие друг от друга параллельные линии, вдоль которых вышабровывают шабером маяки такой глубины, при которой их вершины будут лежать в одной плоскости, образующей с первоначальной нешлифованной поверхностью подлежащий снятию клиновидный слой. Глубину маяков проверяют индикатором. После нанесения маяков поверхность фланца шлифуют "на клин", ориентируясь на эти маяки.

В результате должна получиться плоскость, проходящая через вершины маяков. При этом контроль осуществляют проверочными линейкой и плитой, покрытой не высохшей краской. С учетом того, что шабер снимает стружку толщиной 0,002–0,005 мм, припуск на шабрение

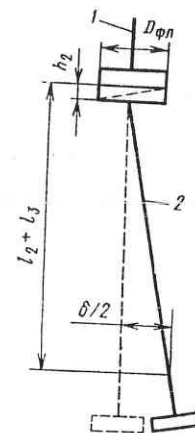


Рис. 14.11. Схема определения высоты клиновидного слоя при устранении излома линии вала:

1, 2 – валы электродвигателя и насоса

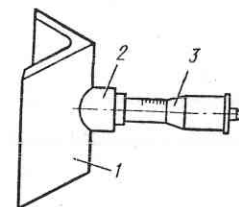


Рис. 14.12. Приспособление для измерения расстояния от поверхности вала до струны:

1 – угольник; 2 – втулка; 3 – нутромер

составляет 0,1 – 0,2 мм. При большей толщине рекомендуется предварительно торцевой шлифовальной машинкой или напильником снимать грубо клиновидный слой.

После устранения излома и затягивания болтов фланцевого соединения вновь проворачивают ротор агрегата и измеряют отклонения. Результаты этих измерений вносят в таблицу (см. табл. 14.6) и обрабатывают. Если при этом значения излома и неперпендикулярности втулки оказываются в допустимых пределах, выверку вала прекращают и переходят к проверке его вертикального положения. Абсолютное значение биения вала считают допустимым, если оно не превышает значения зазора в подшипнике.

Вертикальное положение валов проверяют методом четырех струн. Этим методом можно также проверить и устранить излом линии вала во фланцевых соединениях. Отклонение от вертикального положения, или уклон линии валов насосного агрегата появляется, когда зеркальная поверхность вращающегося диска подпятника наклонена относительно горизонтальной поверхности.

Для проверки вертикального положения валов этим методом разбирают все направляющие подшипники насоса и электродвигателя, при этом ротор агрегата оказывается свободно подвешенным на сегментах подпятника. К валу двигателя крепят через изолированную прокладку крестовину, к которой подвешивают струны из калиброванной проволоки диаметром 0,3–0,5 мм с грузом массой 6–15 кг на конце, опущенным в емкость с вязким маслом. Струны ориентируют по осям насосной станции следующим образом: верхний бьеф (+X), нижний бьеф (–X), правый берег (+Y) и левый берег (–Y). Струны опускают так, чтобы они не касались конструкций и висели свободно. Для удобства измерений струны подвешивают на одинаковом расстоянии от вала. С целью повышения точности измерений струны и вал включают в электрическую цепь с напряжением 6–12 В. Струны соединяют через электролампочку или чувствительный гальванометр с одним полюсом батарейки, а вал – с другим полюсом. В момент, когда нутромер касается струны, электрическая цепь замыкается и загорается электрическая лампа или отклоняется стрелка гальванометра. Погрешность измерений достигает 0,01 мм.

Проверка вертикального положения заключается в том, что с помощью микрометрического нутромера измеряют расстояния между валом и четырьмя струнами в нескольких горизонтальных плоскостях по высоте вала. После соответствующей обработки полученных измерений судят о состоянии линии вала, наличии уклона и излома.

Для удобства измерений применяют приспособление (рис. 14.12), состоящее из угольника размером 50 × 50 или 75 × 75 мм и длиной

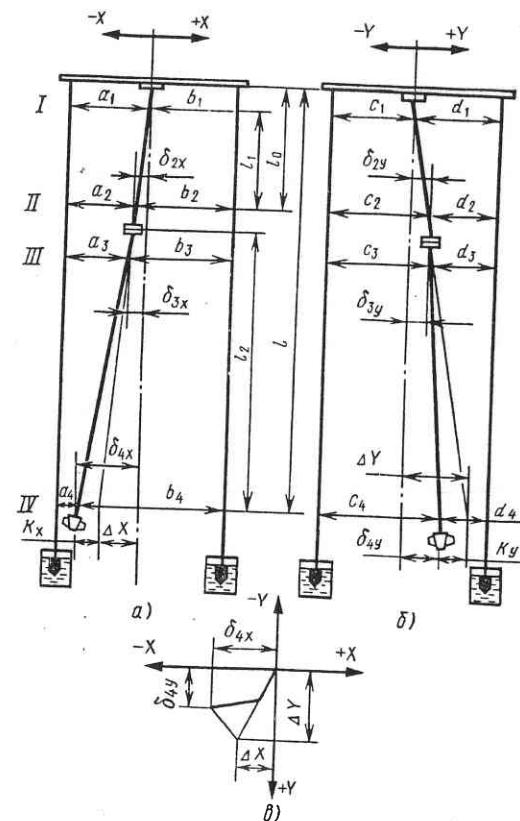


Рис. 14.13. Схема измерений при проверке вертикального положения линии вала агрегата по струнам:

a – по оси X; б – по оси Y; в – проекция линии вала на горизонтальную плоскость

50–60 мм с приваренной к нему втулкой, во внутреннюю резьбу которой ввинчивают микрометрический нутромер. Плоскости прилегающего угольника к валу шаблятся на плите. Для точной установки нутромера с приспособлением при измерении на вал надевают специальный хомут, который располагают в плоскостях измерений, а угольник устанавливают так, чтобы он опирался на верхний торец хомута и прижимался к валу. При этом на верхней стороне угольника наносят ясное клеймение.

Схема измерений при проверке вертикального положения общей линии вала агрегата по струнам показана на рис. 14.13, где $a_1 - a_4$, $b_1 - b_4$, $c_1 - c_4$, $d_1 - d_4$ – точки измерения нутромером в горизонтальных плоскостях I–IV.

Таблица 14.8. Результаты измерений проверки вертикального положения линии вала агрегата по струнам

Ось измерения	Показание в плоскостях измерения, мм			
	I	II	III	IV
-X	a_1	a_2	a_3	a_4
+X	b_1	b_2	b_3	b_4
-Y	c_1	c_2	c_3	c_4
+Y	d_1	d_2	d_3	d_4
Сумма	$a_1 + b_1$	$a_2 + b_2$	$a_3 + b_3$	$a_4 + b_4$
	$c_1 + d_1$	$c_2 + d_2$	$c_3 + d_3$	$c_4 + d_4$
Разность	$a_1 - b_1$	$a_2 - b_2$	$a_3 - b_3$	$a_4 - b_4$
	$c_1 - d_1$	$c_2 - d_2$	$c_3 - d_3$	$c_4 - d_4$

При проверке вертикального положения линии вала фактические значения диаметров шеек не берутся во внимание, а измерения проводятся относительно вертикальной оси вала. Поэтому нет необходимости брать истинное значение расстояния от вала до струны. Достаточно принять какое-либо постоянное значение за нулевой начальный отсчет и в табл. 14.8 записывать значения по нутромеру, превышающие принятое. Необходимо в каждой плоскости измерения записывать расстояния до всех четырех струн относительно принятого нулевого отсчета.

Для проверки точности проведенных измерений пользуются условием

$$[(a_1 + b_1) + (c_1 + d_1)] = [(c_1 + d_1) + (a_1 + b_1)],$$

где a_i, b_i, c_i, d_i — измерения нутромера от вала до струн в одной из плоскостей.

Если это равенство выдержано или расхождение между правой и левой его частями не превышает 0,04 мм, результаты измерений считают правильными, при этом можно приступить к дальнейшей их об-

работке. Если расхождение превышает 0,04 мм, измерения необходимо повторить. Одновременно следует проверить, не касаются ли струны каких-либо конструкций агрегата.

Для определения уклона линии вала относительно вертикальной оси используют полученные результаты измерений, записанные в табл. 14.8, и схему, приведенную на рис. 14.13. Из схемы видно, что уклон вала двигателя определяется измерениями в плоскостях I и II, а уклон вала насоса — в плоскостях III и IV.

Уклон вала двигателя δ_{2x} в плоскости X (рис. 14.13, а) и δ_{2y} в плоскости Y (рис. 14.13, б) находят из геометрических соотношений:

$$\delta_{2x} = [(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)]/2;$$

$$\delta_{2y} = [(c_2 - d_2) - (c_1 - d_1)]/2.$$

Направление отклонения конца вала двигателя в плоскости II определяют по знаку, полученному при подсчете величин δ_{2x} и δ_{2y} . Если со знаком "минус" будет δ_{2x} , то конец вала имеет отклонение в сторону нижнего бьефа, а если со знаком "минус" будет δ_{2y} , то конец вала отклонен в сторону левого берега. Уклон вала в общем случае может быть расположен между осями X и Y, что видно из рис. 14.13, в, и его абсолютное значение получают из соотношения

$$\delta_2 = \sqrt{\delta_{2x}^2 + \delta_{2y}^2}.$$

Для оценки допустимого значения уклона принят так называемый относительный уклон, т.е. уклон, приходящийся на 1 м длины вала. Для насосов значение относительного уклона не должно превышать 0,02 мм на каждый метр вала. Относительный уклон вала двигателя подсчитывают по формуле

$$\delta_{\text{отн.дв}} = \delta_2/l_1,$$

где $\delta_{\text{отн.дв}}$ — относительный уклон вала двигателя; δ_2 — абсолютный уклон; l_1 — длина вала между плоскостями I и II.

Если значение относительного уклона выше допустимого, его устраняют изменением высоты опорных болтов сегментов подпятника. Значение подъема или опускания сегментов $h_{\text{сег}}$ определяют по формуле

$$h_{\text{сег}} = \delta_2 d_{\text{сег}}/l_0,$$

где δ_2 — абсолютное отклонение вала в плоскости II; $d_{\text{сег}}$ — диаметр

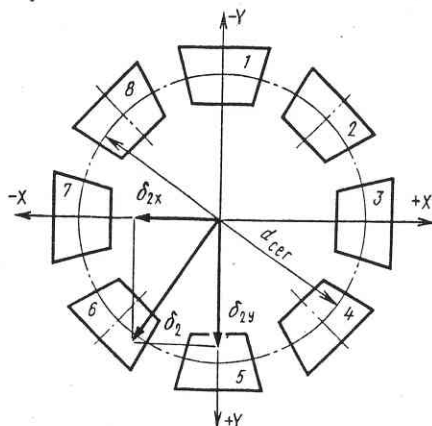


Рис. 14.14. Схема определения значения подъема сегментов подпятника при устранении уклона линии вала:

1 – 8 – номера сегментов

окружности расположения опорных болтов; l_0 – длина вала от плоскости сегментов до плоскости II.

Место наибольшего подъема сегментов определяют по схеме, показанной на рис. 14.14, которую строят в масштабе. По осям X и Y откладывают полученные значения отклонений вала δ_{2x} , δ_{2y} и их геометрическим сложением находят направление и значение действительного отклонения. На схему наносят расположение сегментов относительно осей. Из схемы видно, что отклонение вала произошло в сторону сегмента 6. Следовательно, для устранения уклона вала двигателя нужно поднять сегмент 2 либо опустить сегмент 6 на значение $h_{сер}$, подсчитанное ранее. Остальные сегменты должны быть подняты (опущены) на меньшее значение пропорционально их удалению от сегмента 2.

Высоту подъема сегментов определяют по углу поворота опорных болтов. Например, при шаге резьбы болта 3 мм для подъема сегмента на 0,5 мм болт необходимо повернуть на 1/6 оборота, для подъема на 1 мм – на 1/3 оборота и т.д.

Для определения уклона линии вала насоса и его устранения необходимо пользоваться измерениями в плоскостях III и IV. Сначала определяют отклонения вала от вертикали в плоскости IV – δ_{4x} и δ_{4y} (рис. 14.13). Эти отклонения для рассматриваемого случая складываются из двух величин: $\delta_{4x} = (\Delta X) + K_x$ (по оси X) и $\delta_{4y} = (\Delta Y) - K_y$ (по оси Y), где ΔX , ΔY – отклонения от вертикали вала двигателя в плоскости IV, вызванные его уклоном; K_x , K_y – отклонения линии вала насоса относительно вала двигателя в плоскости IV, вызванные изломом во фланце.

Величины ΔX и ΔY можно определить, пользуясь выражениями

$$\Delta X = \delta_{2x} l / l_0; \quad \Delta Y = \delta_{2y} l / l_0,$$

где l_0 – длина вала от плоскости сегментов до плоскости II; l – то же до плоскости IV.

Подставляя эти выражения, получаем

$$\delta_{4x} = \delta_{2x} l / l_0 + K_x; \quad \delta_{4y} = \delta_{2y} l / l_0 - K_y,$$

откуда

$$K_x = \delta_{4x} - \delta_{2x} l / l_0; \quad K_y = \delta_{2y} l / l_0 - \delta_{4y}.$$

Абсолютное значение смещения вала насоса в плоскости IV в результате излома во фланцевом соединении определяют как

$$K = \sqrt{K_x^2 + K_y^2}.$$

Допустимое значение смещения в результате излома определяют из выражения

$$K \leq 0,02 l_2,$$

где l_2 – длина вала от фланца до плоскости IV, м.

Если излом больше допустимого, его устраняют шабрением "на клин" фланца вала насоса. Максимальная высота шабруемого клиновидного слоя, мм, определяется по формуле

$$h_{кл} = K d_{фл} / l_2,$$

где $d_{фл}$ – диаметр фланца, мм; l_2 – длина вала от фланца до плоскости IV, мм; K – абсолютное смещение вала в плоскости IV, мм.

После завершения выверки общей линии вала насосного агрегата и проверки его вертикального положения производят окончательную регулировку равномерного поджатия сегментов подпятника к вращающемуся диску, проверяют центровку ротора и заполняют ремонтные формуляры.

Глава пятнадцатая

ИСПЫТАНИЯ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

15.1. ПОДГОТОВКА К ПУСКУ

Каждый насосный агрегат после капитального ремонта должен быть всесторонне осмотрен и испытан по специальной программе. Эта программа включает в себя следующие этапы: осмотр и проверка действия отдельных узлов и механизмов до заполнения водой проточной части

насоса; пробный пуск и испытание на холостом ходу; заполнение проточной части водой и проверка герметичности соединений; испытания под нагрузкой.

Перед заполнением водой проточную часть насоса очищают от мусора и посторонних предметов, проверяют плавность сопряжения ее элементов и монолитность соединения с бетоном. Монолитность определяют простукиванием. Глухой звук означает наличие неплотностей. При этом необходимо заполнить пустоты бетоном. В местах сопряжения элементов проточной части переходы должны быть плавными, размеры уступов не должны превышать допустимых значений.

Кроме того, необходимо проверить действие и плотность закрытия спускного клапана всасывающей трубы, надежность крепления и плотность сопряжения люков и фланцевых соединений.

Тщательному осмотру подвергают электродвигатель для того, чтобы не допустить попадания на ротор и статор посторонних предметов или плохого закрепления и фиксации сопрягаемых узлов и деталей. Плохо закрепленная или ненадежно законтреннная деталь при отвертывании и отрыве в процессе работы может вызвать серьезную аварию вплоть до пожара.

Осмотр электродвигателя, и в первую очередь его вращающихся частей, воздухоотводящих щитов и обмотки статора, обычно проводят несколько человек, осуществляя повторный контроль. При этом осматривают все болтовые и сварные соединения. Воздушный зазор между статором и ротором освещают переносной лампой сверху и снизу полюсов. Через зазор протаскивают веревку по кругу для того, чтобы убедиться в отсутствии в воздушном пространстве посторонних предметов. При осмотре воздушных зазоров выборочно проверяют их размеры, сопоставляя их с данными формуляра, составленного при сборке.

При осмотре лобовых частей обмотки статора особое внимание уделяют чистоте поверхности головок и отсутствию на них повреждений. Обнаруженные вмятины или цапаины устраняют, снова изолируют или покрывая поверхности головок лаком.

При осмотре контактных колец и траверс со щеткодержателями обращают внимание на места стыков колец, надежность крепления траверс и щеткодержателей, а также плотность прилегания щеток к кольцам и коллектору. Стыки колец не должны иметь уступов, а щетки должны плотно прилегать к кольцу или коллектору.

Гидродомкраты двигателя проверяют в режиме подъема ротора. При этом фиксируют значение давления масла в системе и наличие протечек через манжеты и трубопроводы.

В маслованнах направляющих подшипников проверяют уровень масла, герметичность ванн и трубопроводов.

В поворотно-лопастных осевых насосах проверяют работоспособность механизма разворота лопастей рабочего колеса. Лопасты 2-3 раза разворачивают на закрытие и открытие, а затем устанавливают на пусковой угол.

В центробежных насосах проверяют работоспособность механизма открытия и закрытия дискового затвора. С помощью секундомера определяют время полного закрытия дискового затвора, которое не должно быть меньше расчетного (заданного заводом-изготовителем).

Проверяют подключение всех систем вспомогательных трубопроводов (охлаждения, гидроуплотнений, подвода масла, дренажных, сливных и др.), отсутствие протечек во фланцевых соединениях, наличие давления и слива воды в трубопроводах для охлаждения маслоохладителей и направляющих подшипников насоса.

До пуска насосного агрегата проверяют готовность электрооборудования. Приборы, не имеющие клейма метрологической поверки, удостоверяющего их исправность и класс точности, к установке не допускаются. Все элементы автоматики и защиты необходимо тщательно испытать, чтобы исключить подачу ложных импульсов на сигнал или аварийную остановку.

Цепи предупредительной сигнализации проверяют поочередным замыканием контактов соответствующих реле, при этом на пульте управления должен выпасть соответствующий бликер и появиться сигнал.

Имитируя пуск и аварийную остановку вследствие различных причин, проверяют действие схемы автоматического управления насосным агрегатом.

В насосных агрегатах с сифонным водовыпуском обязательно осматривают и испытывают клапан срыва вакуума. Осмотру и испытаниям подвергают герметизирующий элемент, механизмы закрытия, фиксации и открытия клапана.

К отремонтированному насосному агрегату перед его испытаниями подготавливают следующие документы: ремонтные формуляры основных размеров, протокол испытаний, акт о выдаче агрегата из ремонта.

15.2. ИСПЫТАНИЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

После полного завершения предпусковых работ осуществляют пробные пуски агрегата без нагрузки. Для образования масляной пленки между сегментами и диском подпятника и облегчения режима его ра-

боты при пусках ротор поднимают домкратами на 4–5 мм и затем опускают. При этом следят, чтобы поршни домкратов опустились в крайнее нижнее положение.

Первоначально производят пробное кратковременное включение (толчок) двигателя в сеть на 2–3 с, позволяющее проверить направление вращения двигателя, отсутствие задевания вращающихся частей насоса и двигателя за неподвижные и посторонних шумов, которые могли бы указывать на какие-либо неполадки в агрегате.

Повторно двигатель включают в сеть без нагрузки на 4–5 мин для проверки вибрации агрегата, биения во фланцевом соединении валов, отсутствия выброса масла в направляющих подшипниках через выгородку. При этом пуске проверяют работу пусковой аппаратуры и отсутствие дефектов сборки.

После указанной проверки насосный агрегат включают для работы в режиме холостого хода 8–10 ч. При этом осуществляют постоянный контроль за нагревом обмотки статора и подпятника, направляющих подшипников и уплотнений. Если двигатель пускается при низкой температуре в машинном зале, то для прогрева машины до температуры 50–60 °С и масла в ваннах до температуры 35–40 °С подача воды в масло- и воздухоохладители производится через 15–20 мин после пуска. Температура нагрева подпятника и подшипников должна равномерно повышаться в течение 2–4 ч. Скачкообразное повышение температуры нагрева подпятника и подшипников указывает на ненормальную их работу, в этом случае необходимо остановить насосный агрегат и произвести ревизию узла, в котором возник повышенный нагрев.

После устранения неисправностей в работе насоса и двигателя, обнаруженных при испытании на холостом ходу, заполняют протокол и приступают к испытаниям под нагрузкой.

15.3. ИСПЫТАНИЯ ПОД НАГРУЗКОЙ

Для проведения испытаний под нагрузкой проточную часть насоса заполняют водой. В крупных осевых и центробежных насосах, работающих с подпором, заполнение проточной части водой осуществляют с помощью подъема шандоров, которые герметизируют входное отверстие всасывающей трубы. Заполнив водой проточную часть, тщательно осматривают все места, где возможны протечки.

Убедившись в исправности водоподводящего тракта, приступают к испытаниям под нагрузкой. Включают электродвигатель агрегата и постепенно открывают трехходовые краны манометров, продувают их и закрывают. Возрастание нагрузки насоса до рабочего режима должно быть равномерным. При достижении электродвигателем центробеж-

ного насоса номинальной частоты вращения и соответствующего давления открывают дисковый затвор на напорном трубопроводе. Работа центробежного насоса при закрытом затворе более 6 мин не допускается. При испытании осевых насосов задвижка на напорном трубопроводе (при ее наличии) должна быть открыта, а лопасти должны быть установлены на минимальный пусковой угол разворота.

Испытания проводят до стабилизации температуры обмоток, подпятника, направляющих подшипников, масла, охлаждающего воздуха. Продолжительность испытания должна быть не менее 4 ч. В этот период тщательно осматривают и прослушивают работающие узлы агрегата и делают измерения.

Качественно отремонтированный насосный агрегат должен соответствовать следующим требованиям:

- он должен работать спокойно и плавно, без стуков, ударов и повышенного шума в пределах рабочей зоны характеристики;
- не должно быть задевания вращающихся деталей о неподвижные, выбивания масла из корпусов подшипников, утечек перекачиваемых, смазывающих и охлаждающих жидкостей в местах соединений деталей;

- температура масла в масляных ваннах не должна превышать 60 °С;
- нагрев корпусов подшипников, подпятника, корпуса насоса, электродвигателя и всех трущихся поверхностей деталей и узлов агрегата не должен превышать 65 °С;

- через уплотнения вала должна непрерывно протекать жидкость, температура сальника не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 25 °С;

- значение вибрации подшипниковых опор и крестовин не должно превышать санитарных норм, а также значений, установленных технической документацией на насос (допустимые амплитуды перемещений составляют 0,16–0,005 мм при частотах 5–90 Гц);

- напор и потребляемая мощность должны соответствовать значениям рабочей зоны технической характеристики насоса при различных режимах работы;

- клапан срыва вакуума должен обеспечивать выпуск воздуха из сифона при заполнении напорного трубопровода водой, надежную герметизацию горловины сифона при работе насоса, а также срыв вакуума и впуск воздуха в сифон при остановке насосного агрегата;

- частота вращения ротора агрегата в угонном режиме при остановке насоса не должна превышать значения, указанного в паспорте насосного агрегата.

После 4–5 часовой работы под нагрузкой насосный агрегат останавливают и тщательно осматривают все узлы, особенно механические крепления деталей и составных частей, монтажные и сварные соединения, уплотнения, предохраняющие от утечки масла и воды, и др. Если во время испытания температура подшипника и направляющих подшипников была близка к предельно допустимым значениям, то делают ревизию этих составных частей.

Все обнаруженные при работе насосного агрегата под нагрузкой неисправности и отклонения от норм устраняют до проведения следующего этапа испытаний.

По условиям нагрева активных частей двигателя допускаются два пуска подряд из холодного состояния и один из горячего. Последующие пуски допустимы после паузы, необходимой для охлаждения обмоток (ориентировочно не менее чем через 30 мин). Если агрегат не работал более 120 ч, перед пуском необходимо поднять ротор на домкратах.

Заключительной операцией при ремонте крупных насосов является непрерывное испытание их под нагрузкой (обкатка) в течение 72 ч. В период обкатки проверяют соответствие фактических значений параметров насосного агрегата, полученных в результате измерений и расчетов, паспортным, а также устанавливают оптимальный режим работы.

Фактические параметры на этапе обкатки определяют по показаниям угла установки лопастей, уровня воды в нижнем бьефе, давления на напорном трубопроводе и потребляемой мощности. При отклонении фактических параметров от паспортных меньше допустимых значений техническое состояние насосного агрегата считается удовлетворительным.

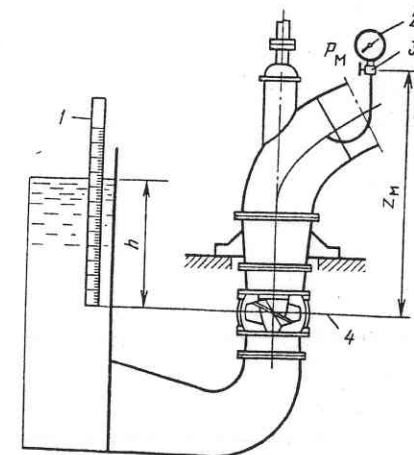
По окончании нормальной работы насосного агрегата под нагрузкой в течение 72 ч оформляют протокол испытаний с указанием параметров и акт выдачи агрегата из ремонта. После этого насосный агрегат считается пригодным к эксплуатации.

15.4. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Периодические испытания (проверки) крупных насосов производятся для текущего контроля соответствия их требованиям технической документации. Периодические испытания проводит специализированная организация с привлечением представителей эксплуатационной и ремонтной организаций. Периодичность и методы проведения испытаний указывают в технических условиях и технической докумен-

Рис. 15.1. Схема установки приборов для измерения напора вертикального насоса:

1 — гидрометрическая рейка; 2 — манометр; 3 — трехходовой кран; 4 — ось рабочего колеса



тации на насос. Результаты периодических испытаний заносят в протокол, который подписывают представители организаций, принимавших участие в испытаниях, и утверждает руководитель организации, проводившей испытания. При периодических испытаниях крупных насосов должны быть получены напорные и энергетические характеристики, определены внешние утечки и проверены вибрации опор.

Для снятия характеристик насосов необходимо произвести одновременные измерения следующих параметров: частоты вращения, напора, мощности, подачи, вибрации опор и внешних утечек.

Частоту вращения вала насоса измеряют непосредственно тахометрами или измерителями скорости. Погрешность измерения тахометра марки Ф-487 составляет 0,01%. Для этого прибора не требуется механического контакта с валом. Достаточно точно частоту вращения можно измерить при помощи электроимпульсного счетчика оборотов. При испытаниях насосов в условиях эксплуатации для измерения частоты вращения широко применяется стробоскопический метод.

Напор H , м, крупных осевых и центробежных насосов, работающих с отрицательной высотой всасывания (подпором), вычисляется (рис. 15.1) по формуле

$$H = \frac{p_M}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} + z_M - h,$$

где p_M — давление жидкости на выходе из насоса, Па; γ — плотность жидкости, Н/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; v — скорость жидкости в сечении, где проводится измерение, м/с; z_M — расстояние

от оси рабочего колеса до манометра, м; h – подпор, м; α – коэффициент Кориолиса.

Давление жидкости p_m измеряют манометром, погрешность измерений которого не должна быть выше 0,6 Па. Измерение давления рекомендуется производить на расстоянии 1,5–2,5 диаметра от выходного патрубка насоса через отверстие диаметром 3–6 мм, просверленное перпендикулярно внутренней поверхности трубопровода. При диаметре трубопровода более 400 мм измерение давления должно производиться в четырех отверстиях, расположенных в двух взаимно перпендикулярных направлениях плоскости сечения и соединенных между собой кольцевым трубопроводом, внутренний диаметр которого должен быть не менее 1,5 диаметра отверстий. В месте соединения трубопровода с манометром устанавливают трехходовой кран для продувки линии измерения. Расстояние z_m до оси рабочего колеса измеряется от оси трехходового крана.

Подпор h измеряют гидрометрической рейкой с ценой деления 0,05 м. За начало отсчета рейки принимается ось рабочего колеса насоса.

Мощность насоса, кВт, определяется по формуле

$$N_n = N_{эл} \eta_{эл},$$

где $N_{эл}$ – мощность, потребляемая электродвигателем, кВт; $\eta_{эл}$ – КПД электродвигателя, определяемый по паспорту (каталогу).

Мощность электродвигателя $N_{эл}$ определяют с помощью электроизмерительных комплектов марок К 50, К 51, К 506.

Подача насосного агрегата Q определяется как произведение предварительно измеренной средней скорости потока на площадь проходного сечения трубопровода в месте измерения скорости. Подача насоса, как правило, определяется на выходе из насоса после мест отбора жидкости на собственные нужды.

При испытании крупных насосов одним из наиболее точных способов определения подачи является измерение скоростей в трубопроводе гидрометрическими вертушками, смонтированными на крестовинах. Определение подачи осуществляется аналитическим или графическим способом по специальной методике.

Очень практичны и удобны для измерения подачи воды в трубопроводах большого диаметра ультразвуковые расходомеры фирмы "Полисоникс" с погрешностью измерения 1–1,5%. Датчики этого расходомера устанавливаются снаружи трубопровода и не требуют никаких врезок в трубопровод, а генератор ультразвука, усилитель и приемник собраны в единый блок в виде небольшого переносного ящика.

Подача крупных насосов может быть измерена с помощью гидродинамического зонда или интегрирующей трубки. Зонд представляет собой полую трубку, на одном конце полусферической формы которой просверлено отверстие для приема полного давления потока, а на другом установлен штуцер, соединенный с одной из ветвей дифманометра. Другая ветвь дифманометра соединена со штуцером для отбора статического давления, установленным на стенке трубопровода. Для измерения подачи проходное сечение трубопровода условно разбивается на интервалы с равными значениями площадей ΔF . Измерение скорости производится в центре соответствующего интервала путем установки в него мерного отверстия зонда навстречу потоку.

Скорость, м/с, в измеряемой точке определяется как

$$v_i = \sqrt{2g\Delta H},$$

где ΔH – разность уровней в ветвях дифманометра, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

Подача, м³/с, в данном интервале проходного сечения

$$Q_i = \Delta F v_i,$$

где ΔF – площадь интервала проходного сечения, м².

Подача насосного агрегата

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i.$$

Интегрирующая трубка позволяет определять непосредственно среднюю скорость потока в мерном сечении. Она представляет собой полый цилиндр с радиальными отверстиями в расчетных точках. Один конец трубки заглушен, а на другом установлен штуцер, соединенный с ветвью дифманометра. Другая ветвь соединена со штуцером отбора статического давления. Интегрирующая трубка устанавливается в горизонтальной диаметральной плоскости трубопровода отверстиями навстречу потоку. Средняя скорость потока в мерном сечении трубопровода, м/с, определяется как

$$v_{ср} = \sqrt{2g\Delta H}.$$

Подача насоса, м³/с, вычисляется по формуле

$$Q = v_{ср} F,$$

где F – площадь проходного сечения трубопровода, м².

Расход внешней утечки воды через уплотнения вала должен измеряться с погрешностью не более 5% путем определения объема утечек за определенное время с помощью мерного сосуда с делениями.

Температура элементов насоса измеряется при помощи датчиков температуры или термометров с погрешностью не более $\pm 1^\circ\text{C}$.

Вибрация насосного агрегата должна измеряться виброметрами класса точности не ниже 2,0. Места измерения вибрации определяются программой и методикой испытаний. Для крупных насосов с частотой вращения вала менее 10 с^{-1} должно измеряться пиковое значение (размах) виброперемещения. Измерения вибрации производятся аппаратурой завода "Виброприбор", фирм "Брюль и Кьер" (Дания) и "Шенк" (Германия).

Испытания насоса должны проводиться при частоте вращения вала насоса, близкой к номинальной, указанной в технической документации.

При испытании регулируемых насосов напорные и энергетические характеристики должны быть получены при различных положениях регулирующего органа или значениях регулируемого параметра, в том числе при крайних и номинальном.

Контроль КПД насоса должен производиться при номинальном положении регулирующего органа или номинальном значении регулируемого параметра.

При испытании крупных насосов на местах эксплуатации изменение режимов работы производят открытием и закрытием клапана срыва вакуума на сифонном водовыпуске, изменением уровня нижнего бьефа, числа одновременно работающих агрегатов на один трубопровод (при параллельной работе насосов), угла разворота лопастей рабочего колеса (в осевых насосах) и степени открытия (закрытия) дискового затвора на напорном трубопроводе (в центробежных насосах).

Перед началом испытаний выбирают рабочую схему испытываемого насоса с таким расчетом, чтобы свести к минимуму число операций при установлении задаваемых режимов.

Показания приборов следует записывать в журнал наблюдений одновременно по всем рабочим точкам и только при установившемся режиме. При этом периодичность записей должна составлять 3–5 мин. Продолжительность каждого опыта составляет 15–30 мин.

После завершения испытаний производят обработку полученных результатов измерений. Результаты измерений должны быть обработаны с целью получения количественных значений параметров работы насоса в условиях проведенного испытания на каждом режиме, а затем пересчитаны на номинальные условия для сравнения с нормирован-

ными значениями параметров, приведенными в технической документации.

Первоначально проводят подсчет средних наблюдаемых значений величин с внесением необходимых поправок к приборам, а затем определяют параметры для построения напорной и энергетической характеристик насоса. Напорная характеристика $H(Q)$ представляет собой графическую зависимость напора насоса от его подачи. Для ее построения необходимо определить частоту вращения, подачу, диаметр рабочего колеса, напор и температуру перекачиваемой жидкости.

Энергетические характеристики $N(Q)$ и $\eta(Q)$ представляют собой графические зависимости потребляемой мощности насоса и его КПД от подачи. Для их построения необходимо помимо вышеуказанных величин определить мощность насоса и КПД.

Частоту вращения и температуру перекачиваемой жидкости определяют непосредственно по результатам измерений. Подачу, напор и потребляемую мощность насоса вычисляют по вышеприведенным формулам.

Коэффициент полезного действия насосного агрегата, %, определяют расчетным путем по формуле

$$\eta_{н.а} = \frac{N_{п}}{N_{эл}} 100,$$

где $N_{п}$ – полезная (гидравлическая) мощность насоса, кВт; $N_{эл}$ – мощность, потребляемая электродвигателем, кВт.

Полезную мощность насоса, кВт, находят по формуле

$$N_{п} = \gamma Q H / 102.$$

Коэффициент полезного действия насоса, %,

$$\eta_{н} = \frac{N_{п}}{N_{н}} 100 = \frac{\eta_{н.а}}{\eta_{эл}} 100,$$

где $\eta_{эл}$ – КПД электродвигателя, %; $N_{н}$ – мощность насоса, кВт.

При опытным определении КПД необходимо учитывать, что у насосов с отводом под углом 90° и камерным подводом КПД будет на 2–3% меньше, чем у насосов с отводом под углом 60° и коленчатым подводом.

По результатам испытаний составляют сводную таблицу, в которую записывают результаты измерений на всех режимах с указанием всех вводимых поправок, а также результаты определения расчетным пу-

тем параметров насоса, приведенные к номинальным условиям, соответствующим технической документации, с указанием предельных погрешностей.

Соответствие результатов испытаний, представленных в виде количественных значений параметров на заданных режимах, требованиям технической документации устанавливается исходя из условий, что полученные при испытаниях приведенные значения параметров находятся в пределах, обусловленных допуском на значение параметра, а также погрешностью измерений в соответствии с требованиями к точности измерений.

Оценку соответствия результатов испытаний требованиям технической документации производят также графическим способом. Для этого в масштабе строят паспортную характеристику насоса. Масштаб выбирают так, чтобы допустимое отклонение результата испытаний по любой оси характеристики отмечалось отрезком длиной не менее 5 мм. На напорной характеристике наносят линии, ограничивающие зону допустимых отклонений параметров. Затем на характеристику наносят точки, соответствующие фактическим параметрам для каждого режима испытаний.

Насос считается удовлетворяющим требованиям технической документации, если значения всех параметров, полученных в результате испытаний, находятся в допустимых пределах, установленных в технической документации в виде числовых значений или графических изображений. В случае отклонения фактических параметров от паспортных данных выше допустимого предела определяют причины и разрабатывают рекомендации по их устранению.

15.5. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

В процессе испытаний и последующей эксплуатации насосных агрегатов в их работе могут возникнуть всевозможные неисправности, вызванные различными причинами. Встречаются неполадки, общие для осевых и центробежных насосов, некоторые неполадки присущи определенному типу насосов.

При выявлении причин неисправностей в первую очередь необходимо убедиться в исправности контрольно-измерительных приборов, затем необходимо проверить отсутствие внешних источников возмущения и лишь после этого искать неисправности внутри насоса.

В табл. 15.1 приведены наиболее характерные неисправности в работе крупных осевых и центробежных насосов, вероятные причины их возникновения и рекомендуемые методы устранения.

Таблица 15.1. Характерные неисправности в работе осевых и центробежных насосов, причины возникновения и методы их устранения

Неисправность, внешнее проявление	Вероятная причина	Рекомендуемый метод устранения
Насосный агрегат не запускается ввиду чрезмерной перегрузки электродвигателя	Резкое снижение напряжения в энергосистеме	Повысить напряжение до номинального
Насос не обеспечивает расчетной подачи	Недостаточная частота вращения ротора насоса Угол разворота лопастей осевого насоса не соответствует заданной подаче Негерметичен клапан срыва вакуума Прикрыт дисковый затвор на напорном трубопроводе Большие зазоры между камерой и лопастями рабочего колеса, а также в щелевом уплотнении вследствие их износа	Остановить насос до восстановления нормальной частоты Определить по характеристике и установить требуемый угол разворота лопастей Герметизировать клапан срыва вакуума Отрегулировать гидравлическое сопротивление напорного трубопровода Произвести ремонт и восстановить проектные значения зазоров
Насос не создает требуемого напора, возможна перегрузка электродвигателя	Недостаточная частота вращения ротора Значительный износ торцов лопастей рабочего колеса. Износ щелевого уплотнения рабочего колеса	Остановить насос до восстановления номинальной частоты тока Восстановить лопасти и щелевое уплотнение до проектных размеров
Появление вибрации и увеличение биения вала, сопровождающиеся ударами и стуками в рабочем колесе, напор и подача пульсируют и не соответствуют рабочему режиму	Первый критический кавитационный режим с характерными стуками, похожими на удары камней о металл Забивание решеток или всасывающей трубы Резкое снижение уровня воды в аванкамере, повышенная закрутка потока с образованием воронок и попадание воздуха во всасывающую трубу	Изменить режим работы насоса Очистить решетки и всасывающую трубу Повысить уровень воды в аванкамере

Продолжение табл. 15.1

Неисправность, внешнее проявление	Вероятная причина	Рекомендуемый метод устранения
Напор пульсирует, подача ниже расчетного значения, электродвигатель перегревается	Помпажные явления. Гидравлическое сопротивление превышает допустимое значение	Снизить сопротивление. Открыть дисковый затвор, устранить негерметичность клапана срыва вакуума. Проверить крепление и угол установки лопастей рабочего колеса
Работа насоса сопровождается сильным шумом, вибрацией двигателя и насоса	Попадание посторонних предметов в зону рабочего колеса Задевание лопастей рабочего колеса за камеру	Остановить насос, осмотреть и удалить посторонние предметы Произвести перецентрировку камеры рабочего колеса
Увеличение биения вала и вибрации насоса	Износ шеек вала и подшипников Нарушена центровка вала Нарушена идентичность углов установки лопастей рабочего колеса Нарушена балансировка ротора	Проверить зазоры между валом и подшипником. Отрегулировать или заменить подшипник Проверить центровку и при необходимости отцентрировать Проверить идентичность углов установки и при отклонении выше нормы отрегулировать Проверить балансировку, устранить дисбаланс
Повышение температуры масла, подшипников и подпятника	Загрязнение или несоответствие марки масла, недостаточное его количество Малы зазоры между валом и вкладышами подшипника Перенос между подшипниками и зеркалом подпятника Неравномерная загрузка сегментов подпятника Прекращение подачи охлаждающей воды, засорение маслоохладителей	Проверить, долить или сменить масло Установить номинальные зазоры, пришабрить вкладыши по валу Устранить перекося регулировкой сегментов Произвести подбивку сегментов подпятника Обеспечить подачу воды и очистить маслоохладители
Переливание масла через выгородки крестовин и засос его внутрь двигателя	Чрезмерное количество масла в маслованнах, эксцентричное расположение расточки втулки подшипника относительно выгородки маслованны	Слить излишнее масло, отцентровать выгородку относительно расточки втулки подшипника

Продолжение табл. 15.1

Неисправность, внешнее проявление	Вероятная причина	Рекомендуемый метод устранения
Повышенная вибрация электродвигателя	Неправильная выверка линии вала агрегата, биение направляющих втулок вала, большой зазор между сегментами подшипников и втулками, неудовлетворительная балансировка ротора, неравномерный воздушный зазор, смещение или ослабление крепления роторных катушек, короткое замыкание витков катушек, неисправная работа механической или гидравлической части насоса	Остановить насосный агрегат. Осмотреть, произвести необходимые измерения, установить причину и устранить неисправность
Утечка воды через уплотнение вала	Износ герметизирующего элемента Неправильная центровка корпуса уплотнения относительно шейки вала Слабо поджата набивка сальникового уплотнения Повышенное радиальное биение защитной втулки	Заменить герметизирующий элемент Проверить центровку Подтянуть гайки нажимной втулки Устранить биение втулки
При подаче масла в полости сервомотора не происходит разворот лопастей на заданный угол	Нарушена герметичность уплотнения поршня	Заменить уплотняющие резиновые кольца
Самопроизвольное сворачивание лопастей	Изношено гнездо клапана подачи масла в маслопроводы Утечки в соединениях маслопроводов, разрушение маслопроводов	Заменить клапан Устранить утечки
Не работает указатель угла разворота лопастей	Рейка не опустилась вслед за маслопроводами Перекося в установке датчика	Заменить пружину возврата рейки Обеспечить свободный ход толкателя

**БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ
И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ РЕМОНТЕ
НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

16.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Насосные станции в большинстве случаев являются непрерывно действующим производством, и поэтому ремонтные работы на насосных станциях часто ведутся рядом с действующим оборудованием, электрическими проводами, находящимися под напряжением, и вращающимися механизмами. Часто ремонтный персонал работает в подводной части агрегата, в этом случае затруднена связь с людьми, находящимися наверху, иногда работы приходится выполнять в стесненных условиях, на высоте или над поверхностью воды. Подобные условия требуют от ремонтного персонала знания безопасных методов и приемов работы, а также неуклонного их выполнения.

При техническом обслуживании и ремонте насосного оборудования необходимо руководствоваться действующими правилами, нормами и инструкциями по технике безопасности и промышленной санитарии.

Каждый работник обязан знать и строго выполнять правила техники безопасности. Вновь принятый производственный персонал допускается к самостоятельной работе после проверки знаний в объеме, обязательном для данной должности, и в сроки, установленные руководством предприятия.

Ремонтный персонал ежегодно проходит проверку знаний. "Правил техники безопасности". Работники несут персональную ответственность за каждое нарушение правил, происшедшее по их вине.

Для ремонтного персонала устанавливаются обязательные формы производственного обучения и повышения квалификации.

При обучении персонала особенно тщательно изучают вопросы, связанные с нарушением правил безопасности, производственным травматизмом и несчастными случаями на производстве. Один раз в месяц и перед началом каждого ремонта мастер или бригадир должны проводить с рабочими обязательные инструктажи. Ремонтный персонал должен обеспечиваться по действующим нормам спецодеждой, спецобувью и индивидуальными средствами защиты, которыми он обязан пользоваться во время работы. Необходимо следить, чтобы полы, рукава и другие части одежды не могли быть захвачены вращающимися частями механизмов. Нельзя засучивать рукава и работать в

одежде без рукавов. Весь персонал должен уметь оказывать первую помощь утопающему, а также пострадавшим при поражении электрическим током, ожогах, отравлениях. В служебных и бытовых помещениях и на рабочих местах должны быть обязательно вывешены правила оказания первой медицинской помощи, плакаты, иллюстрирующие безопасные методы ремонтных работ. В машинном зале должна быть аптечка с медикаментами и перевязочными материалами.

Выполнять ремонтные работы на действующих механизмах, двигателях, подключенных к электросети, насосах, не отключенных от трубопроводов, не приняв меры против ошибочного включения механизмов, запрещается.

Нельзя при ремонтных работах становиться на барьеры площадок, ограждения муфт и вращающихся частей механизмов, ходить по трубопроводам и конструкциям, не предназначенным для хождения.

Запрещается чистить, вытирать и смазывать вращающиеся и движущиеся части машин на ходу, заходить за ограждения и просовывать через них руки.

Работник должен о любых неисправностях оборудования и защитных устройств, а также о других неполадках, представляющих опасность для людей или оборудования, сообщать непосредственному или вышестоящему руководителю.

Работники, нарушающие правила техники безопасности, подвергаются строгим дисциплинарным взысканиям, предусмотренным правилами внутреннего распорядка. Должностные лица, виновные в нарушении правил техники безопасности, привлекаются к административной или уголовной ответственности.

**16.2. ДОПУСК К РЕМОНТНЫМ РАБОТАМ
И ОБОРУДОВАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА**

Прежде чем допустить бригаду или рабочего к ремонтным работам, мастер проверяет наличие удостоверений о праве допуска к работе у каждого рабочего. После этого проводят обязательный инструктаж о безопасных способах выполнения данной ремонтной работы. Дату инструктажа записывают в журнал, где расписывается каждый работник. Ремонтный персонал приступает к работе после получения мастером наряда-допуска, где должны быть указаны фамилии ответственного руководителя ремонтных работ и рабочих, описание содержания работ, сроки начала и планируемого окончания ремонта, а также перечисляются все меры по отключению ремонтируемого оборудования и мероприятия для обеспечения безопасного ведения работ. Наряд выдает начальник насосной станции, его заместитель или

мастер. Дежурный инженер производит сам или проверяет выполнение мероприятий по отключению оборудования и технике безопасности и после этого допускает персонал к работе. Один экземпляр допуска хранится у дежурного инженера. Второй остается у производителя работ. Действующий наряд передают посменно, чтобы вновь пришедшая смена знала обо всех переключениях и принятых мерах безопасности и случайно не нарушила их. Оборудование может быть включено в работу только после того, как ответственный руководитель закроет наряд и сдаст свой экземпляр дежурному персоналу. Закрытый наряд-допуск удостоверяет, что работы на оборудовании закончены, персонал выведен, инструмент и материалы убраны, механизмы подготовлены к работе. После сдачи наряда-допуска производить ремонтные работы категорически воспрещается.

Все рабочие места, площадки, полы и перекрытия, относящиеся к ремонтируемому оборудованию, должны хорошо освещаться и содержаться в чистоте; их нельзя захламлять и загромождать посторонними предметами и деталями разбираемого оборудования. Пролитое на пол масло необходимо немедленно убирать, чтобы рабочие не поскользнулись. Лестницы и проемы надо ограждать перилами.

Детали разбираемого оборудования следует укладывать в заранее предусмотренные места и на площадки, которые рассчитаны на размещение груза.

В подводной части агрегата, в замкнутых сосудах и масляных баках должны работать не менее двух человек одновременно; категорически запрещается направлять туда одного человека.

При опускании деталей через вскрытые люки в полу и перекрытиях около люка ставят обязательно дежурного для предупреждения проходящих мимо людей. По окончании работ люки немедленно закрывают. Люки и проемы, открытые на длительное время, обязательно ограждают.

При рубке металла рабочее место должно быть ограждено, чтобы куски металла не поранили проходящих мимо. Рубщик должен пользоваться предохранительными очками.

В помещении машинного зала запрещается хранить легковоспламеняющиеся и горючие вещества (бензин, спирт, растворители, нитро-краски).

16.3. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ

Такелажные работы при ремонте крупных насосов являются сложными и ответственными ремонтными операциями. К их проведению допускаются только специально обученные работники, сдавшие экзамены по специальности стропальщика. Проведение любых такелажных работ требует строгого выполнения правил техники безопасности, так как малейшее нарушение и недосмотр могут привести к несчастным случаям.

Руководить такелажными работами должен специально назначенный и обученный человек. Только он имеет право подавать команды крановщику, который обязан их выполнять.

Однако при неисправности, аварийных положениях и в других случаях, которые могут привести к авариям, повреждению оборудования и несчастным случаям, любой член бригады или постороннее лицо, заметившее неисправность, имеет право подать команду "стоп", крановщик обязан ее немедленно выполнить. Сигналы крановщику подают рукой в соответствии с правилами проведения такелажных работ. Если крановщик не видит подаваемых сигналов, такелажные работы проводить нельзя. Место проведения такелажных работ должно быть хорошо освещено.

Следует помнить, что ремонт оборудования проводится рядом с действующими насосными агрегатами. Любое неправильное действие может привести к поломке и аварии действующих механизмов и машин. Все это требует особой осторожности при выполнении такелажных работ.

Строповка тросами деталей на крюк производится такелажными узлами. При этом следует помнить, что увеличение угла наклона троса к вертикали уменьшает его грузоподъемность. При равномерном распределении груза на двух вертикальных ветвях тросов на каждую ветвь приходится половина массы деталей, на трех ветвях, расположенных под углом 120° , — одна треть массы на каждую ветвь, а на четырех — четвертая часть.

На двурогих крюках крана нагрузка равномерно распределяется на оба рога. Перед использованием троса или стропа необходимо проверить его грузоподъемность и дату последних испытаний.

При закреплении деталей на их острые углы под трос устанавливают прокладки, чтобы трос не перерезался. Не разрешается оттягивать груз краном, поэтому перед подъемом кран устанавливают так, чтобы крюк и центр тяжести поднимаемой детали находились на одной оси.

После окончания строповки перед транспортировкой груз предварительно поднимают на 100–200 мм от пола и в таком положении выдерживают несколько минут, при этом проверяют надежность строп, отсутствие вытяжки или затяжки, равномерность натяжения тросов. Убедившись, что груз подвешен прочно, можно его поднимать и транспортировать.

При перемещении груза по машинному залу его поднимают так, чтобы он был на 0,5 м выше самой высокой точки оборудования, расположенного на пути следования. Двигающийся груз всегда сопровождает стропальщик-зацепщик.

Перемещение груза лучше производить в стороне от действующего оборудования и от места прохода людей. Посторонних лиц удаляют с пути следования груза. Перед опусканием следует убедиться в отсутствии помех, возможности сползания или опрокидывания груза на месте установки. На пол под груз устанавливают подкладки, защищающие пол от повреждений и позволяющие снять тросы. Устанавливать груз следует только в местах, перекрытие которых рассчитано на нагрузку от его массы.

При такелажных работах следует знать основные правила складирования оборудования, материалов. Складирование можно производить на специально выделенных площадках, хорошо выровненных и утрамбованных, а в зимнее время очищенных от снега и льда. Должны быть приняты меры против самопроизвольного смещения, просадки, осыпания и раскатывания хранимых материалов. При складировании ширина проходов между штабелями принимается равной не менее 1 м. Ширина же проезда принимается в зависимости от габаритов погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих склад.

Крупногабаритное и тяжеловесное оборудование укладывают в один ряд, стальные крупные трубы укладывают в штабеля с прокладками и концевыми упорами до 3 м, трубы мелких диаметров – в стеллажи до 3 м.

Запрещается прислонять материалы и изделия к заборам и элементам сооружений.

16.4. СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

При проведении ремонтов большое внимание уделяется сварочным работам. К электросварочным, газосварочным и другим огневым работам допускаются лица, прошедшие специальную подготовку, имеющие практические навыки, знания инструкций по охране труда и правил пожарной безопасности. Электросварщики должны иметь группу по электробезопасности не ниже второй.

До начала сварочных работ каждая емкость, в том числе и находившаяся в эксплуатации, должна быть провентилирована. Перед сваркой емкости, в которых находились жидкость, топливо или горючие жидкости, газы и прочее, должны быть очищены, промыты горячей водой, пропарены, просушены, после чего проверяется отсутствие в них опасной концентрации вредных веществ. Естественно, что данная емкость должна быть отключена от трубопроводов, по которым возможно попадание в нее транспортируемых веществ. Освещение при сварочных работах внутри емкостей должно осуществляться с помощью светильников направляющего действия, установленных снаружи, или ручных переносных светильников на напряжение 12 В, оборудованных защитной сеткой.

Сварочные и огневые работы должны выполняться после тщательной очистки свариваемых деталей снаружи и изнутри от окалины, пыли, горючих веществ. Поверхности свариваемых деталей должны быть сухими. Кромки заготовок и деталей не должны иметь заусенцев, место сварочных работ должно быть ограждено.

Запрещается производить сварочные работы с приставных переносных лестниц. Сварщики должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и обязаны пользоваться ими во время работы. Место проведения сварочных и других огневых работ должно быть обеспечено средствами пожаротушения.

Баллоны с газом внутри помещения устанавливают не ближе 10 м от открытого огня во избежание взрыва и обязательно закрепляют. В зависимости от заполняемого газа баллоны окрашивают в определенные цвета: при наличии кислорода – в голубой, водорода – в темно-зеленый, ацетилена – в белый, пропан-бутана – в красный, углекислоты – в черный.

Во время работы с кислородными баллонами необходимо следить, чтобы на редукционный и другие клапаны не попадало масло или жир, потому что при соединении с ними кислорода происходит взрыв.

Длина шлангов от баллонов до места сварки или резки должна быть не менее 10 м. Запрещается использовать изношенные шланги, шланги с намотанной изоляционной лентой. Рваное место в шланге вырезают и вставляют металлический ниппель, присоединяя к нему шланги хомутами.

Карбид кальция хранят и перевозят только в герметически закрытых металлических бочках. Бочки вскрывают осторожно, чтобы не вызвать искры. Газ из баллонов расходуют так, чтобы давление оставшегося в них газа было не менее 0,05 МПа. Необходимо, чтобы при подкачке давление в баллонах не поднималось выше красной черты, от-

меченной на манометре. При повышении давления в баллоне нельзя подходить к нему с зажженным резак. Не допускается работа в одежде, облитой маслом, красками или горючими жидкостями. Запрещается выпускать из рук горящую горелку или резак. Если работнику необходимо отложить их, горелка или резак должны быть потушены. Газосварщики и резчики, а также их подручные должны работать в защитных очках и брезентовых рукавицах. При электросварке основным правилом техники безопасности является заземление корпусов рубильника, пускателей, сварочных генераторов, трансформаторов, а также сварочных плит. Если свариваемый предмет не имеет металлического контакта со столом, он также должен быть заземлен.

При временных работах заземление устраивают перед началом сварки и не снимают до ее окончания. Заземление осуществляют с помощью гибкого провода, снабженного зажимами.

Переносные кабели, подводящие ток к месту сварки, должны быть гибкими, хорошо изолированными и рассчитанными на долговременный (без нагрева) пропуск большой силы тока. Ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, исходящие при сварке от электрической дуги, вредно действуют на зрение и кожу. Поэтому при работе электросварщик и подручный должны пользоваться средством индивидуальной защиты. При потолочной сварке необходимо надеть нарукавник из асбестовой ткани, чтобы не прожечь искрами спецодежду.

При выполнении сварки в сырых местах сварщик и подручный должны становиться на сухую доску, покрытую резиновым ковриком. При сварке внутри резервуаров и в стесненных условиях работать необходимо на коврике и голову защищать резиновым шлемом.

Сварщика и подручного, работающих внутри резервуара, должен страховать наблюдающий, постоянно видящий и слышащий сварщика. У него под рукой должен находиться рубильник, чтобы немедленно, в случае необходимости, отключить ток.

Место, где проводится сварка, необходимо ограждать переносными щитками темного цвета. При перерывах в работе и временном уходе со сварочного поста следует выключать сварочный трансформатор со стороны высокого напряжения.

16.5. РАБОТА С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

Прежде чем допустить бригаду или рабочего к ремонтным работам, мастер должен проверить наличие допуска к работе у каждого рабочего, провести обязательный инструктаж. Рабочий при получении инструмента в свою очередь должен проверить его исправность и при-

годность к работе. Неисправный слесарный инструмент необходимо сдать в инструментальную.

Прежде чем получить пневматический инструмент, каждый работник обязан овладеть правилами обращения с ним. Присоединение пневматического инструмента к воздушным шлангам сжатого воздуха и отсоединение его разрешается только после прекращения подачи воздуха. До присоединения к инструменту воздушный шланг должен быть продут. Включать подачу воздуха можно лишь после того, как инструмент поставлен в рабочее положение. При перерыве подачи воздуха во время работы, а также при перерывах в работе инструмент должен быть обязательно отключен.

Категорически запрещается исправлять или регулировать инструмент, подключенный к воздушной сети. Запрещается оставлять инструменты на обрабатываемой детали при перерывах в работе, работать с инструментом стоя на приставных лестницах и пользоваться для работы воздухом, давление которого выше указанного в паспорте.

Нельзя работать пневматическими шлифовальными машинками со снятым защитным кожухом камня. Камни перед установкой необходимо испытать. Прежде чем приступить к шлифовке, слесарь должен включить машинку на полную мощность и опробовать, не разорвется ли камень. При этом необходимо принять меры предосторожности, чтобы в случае разрыва камня не поранить себя и других осколками.

Работа с электрическим инструментом также требует определенных знаний правил техники безопасности, специальной подготовки и навыков в работе с электроинструментом. Электродрели и электроинструмент хранят в инструментальной и проверяют не реже одного раза в месяц.

Получая электроинструмент, слесарь должен проверить, нет ли изломов, оголений и других повреждений электрошнура, убедиться в наличии заземляющего провода. Запрещается подключение к сети с помощью оголенных проводов. Рабочие обязаны получать в инструментальной в комплекте с электроинструментом резиновые перчатки и резиновый коврик. Подключение к электросети электроинструмента осуществляет электрик.

Если слесарь почувствовал хотя бы слабое действие тока, он должен немедленно прекратить работу и сдать электроинструмент для проверки и ремонта.

Работать с электроинструментом разрешается только в резиновых перчатках при заземленном корпусе машины. Категорически запрещается держать дрель за провод или за сверло, вставлять или вынимать сверло до полной остановки патрона, удалять руками стружку

из-под сверла, а также работать стоя на приставной лестнице. При отключении тока или при перерыве в работе электродрель и любой электроинструмент должен быть обязательно отключен от сети.

В закрытых резервуарах и подводной части агрегата разрешается пользоваться только высокочастотным инструментом с напряжением не выше 36 В.

16.6. ЛЕСТНИЦЫ, ЛЕСА И ПОДМОСТИ

При ремонтных работах на насосных станциях рабочим часто приходится пользоваться лесами, стационарными и переносными лестницами, а также подмостями.

Леса бывают инвентарные, опорные стойки и каркас которых изготовлены из металла, а настил — из дерева. Эти леса используют многократно. При сборке инвентарных лесов рабочие должны проверить исправность их деталей, надежность соединений. Леса и подмости рассчитывают на прочность так, чтобы они могли выдержать нагрузку массы рабочих, инструментов, материалов и деталей разбираемого оборудования. Опоры лесов надежно укрепляются раскосами и распорами.

Для подъема людей и спуска материалов леса оборудуют прочными лестницами и трапами, а для подъема и спуска тяжелых деталей и материалов устанавливают специальные подъемные устройства, не связанные с лесами. Мастер или руководитель работ после сборки лесов обязан проверить правильность сборки, надежность и прочность лесов и проинструктировать всех работающих о допустимых нагрузках на них. Только после инструктажа и проверки лесов можно дать разрешение на проведение работ. В течение всего периода работ нельзя допускать перегрузки лесов.

Запрещается использовать бочки, ящики и другие случайные предметы вместо лестниц. Необходимо устанавливать прочные подмости с ограждением. При работе на решетчатых площадках на них обязательно накладывают дощатые настилы. Во время работы на лесах проход под ними запрещен. Если внизу находятся оборудование и рабочие, под лесами подвешивают брезент без дыр и рваных краев. Работавшим на высоте следует обращать особое внимание на то, чтобы не уронить инструмент или материалы и не нанести травм находящимся внизу людям.

Разрешается производить кратковременную работу с приставных лестниц и стремянок, но при этом особо тщательно проверяют их устойчивость и надежность закрепления. Рабочий при этом должен применять предохранительный пояс. Особое внимание следует обра-

тить на полную исправность лестниц и стремянок. При работе на плиточных и бетонных полах опорные концы лестниц обивают резиной, а при работе на деревянных и земляных полах их снабжают железными остриями.

Разрешается сращивать две лестницы в высоту, но при условии соединения их хомутами или накладками с болтами. Сращивать лестницы гвоздями нельзя. Если лестница имеет сверху площадку она должна быть ограждена с трех сторон.

Переносные деревянные лестницы запрещается красить. Нельзя придерживать лестницу снизу, так как на держащего может упасть инструмент.

16.7. ПРОМЫШЛЕННАЯ САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА ТРУДА

Промышленная санитария призвана создать на производстве нормальные, с точки зрения медицины, условия труда путем применения санитарно-технических средств, лечебных и профилактических мероприятий.

Рабочие площадки, где трудятся рабочие, имеют условия, которые отличаются от природных. Естественно, что целый ряд факторов при производственном процессе отрицательно влияет на здоровье человека. К таким факторам относятся: повышенная влажность в подземной части насосных станций; постоянный шум в машинном зале; производственная пыль; стесненные условия работы, при которых вызывается одностороннее растяжение мышц; выделение вредных и ядовитых веществ; напряжение слуха и зрения. Эти факторы могут вызвать профессиональные заболевания, если с ними не вести борьбу.

На каждом предприятии должны проводиться следующие мероприятия: всемерная механизация производственных процессов, применение рациональных методов производства, установка вентиляции и кондиционирования воздуха для устранения ненормальной температуры и влажности воздуха в помещении; замена вредных материалов на безвредные, нормальное освещение рабочих мест, рациональные режимы работы и отдыха, ослабление производственных шумов и вибрации.

Кроме того, на современных предприятиях обязательно устраивают помещения личной гигиены: души, умывальники, раздевалки и другие бытовые устройства. На предприятиях действуют медицинские пункты, в которых ведется дежурство медицинского персонала. На рабочих местах цехов и участков за счет предприятия устанавливают аптечки с запасом медикаментов.

16.8. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Даже небольшой пожар может надолго вывести насосную станцию из строя, поэтому необходимо строго соблюдать противопожарные мероприятия. Возможные причины возникновения пожаров: короткое замыкание в неисправном электрооборудовании или электропроводке, его перегрузка, разряды молнии, неосторожное обращение с огнем, курение в пожароопасных местах, небрежное обращение с электрообогревательными приборами и др. Возникновению пожаров способствует также захламленность цехов горючими материалами, хранение в недозволенных местах легковоспламеняющихся горючих веществ, наличие в цехах пыли, паров горючих жидкостей.

При ремонтных и монтажных работах необходимо большое внимание уделять пожарной безопасности и выполнять следующие мероприятия: обеспечить свободные проходы и проезды на пути эвакуации, а также проходы к средствам пожаротушения; сварочные и другие огнеопасные работы проводить только на том оборудовании, которое нельзя вынести на постоянный сварочный пост; пролитое масло и другие жидкости следует немедленно убирать. Промасленные обтирочные материалы необходимо складывать в закрытые железные ящики, которые после окончания работ следует выносить из помещения для утилизации; работы по окраске следует проводить при наличии средств пожаротушения; должна быть обеспечена вентиляция зоны окраски; на предприятии должна быть предусмотрена сеть противопожарного водопровода, обеспечивающая определенную гибкость схемы подачи воды, а также требуемый напор и пропуск расчетного количества воды для пожаротушения. Должен вестись контроль за работоспособностью сети. Пожарные краны окрашивают в красный цвет, рукава длиной 10–20 м должны быть скатаны и уложены в специальные шкафы.

На пожарных щитах должны размещаться только те первичные средства тушения пожара, которые могут применяться в данном помещении. Краны огнетушителей должны быть опломбированы. И использованные или с сорванными пломбами огнетушители должны быть немедленно изъяты для проверки или перезарядки. Нельзя устанавливать огнетушители у обогревателей, горячих трубопроводов. Недопустимо тушить горящую электропроводку и электрооборудование, находящееся под напряжением, водой из пожарного ствола, так как вода проводит электрический ток и работающего на стволе может поразить током. С персоналом насосной станции проводятся занятия по пожаробезопасности, при этом его обучают методам тушения пожаров. Все помещения снабжают средствами пожаротушения: устанавливают ог-

нетушители, ящики с песком, оборудуют пожарные щиты инструментами и приспособлениями, предназначенными для тушения пожаров (запрещается пользоваться ими в производственных целях).

Для предотвращения пожаров следят за тем, чтобы в производственных помещениях и на территории не скапливался мусор, промасленная ветошь. Большую роль в предупреждении пожаров играет пожарная сигнализация. На видных местах вывешивают или сообщают всему персоналу номер телефона пожарной команды. В помещении устанавливают кнопочные извещатели, а в местах отсутствия людей – автоматические сигнализаторы, которые срабатывают при повышении температуры и появлении дыма.

К нарушителям правил противопожарной безопасности применяют меры административного воздействия. Виновные в возникновении пожара могут быть привлечены к уголовной ответственности.

Контроль за выполнением техники безопасности при ремонте насосного оборудования в полном объеме осуществляется должностными лицами ремонтного и эксплуатационного предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубновский Б.И., Ефимов В.Н., Морозов В.И. Ремонт шагающих экскаваторов: Справочник. М.: Недра, 1991.
2. Гловацкий О.Я., Очилов Р.А. Совершенствование эксплуатации крупных мелиоративных насосных станций. М., изд. ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1990.
3. Демин В.С., Иванов Н.И. Такелажные работы. М.: Стройиздат, 1989.
4. Ковалев Н.И. Проектирование гидротурбин: Учебное пособие для вузов. Л.: Машиностроение, 1974.
5. Крупные осевые и центробежные насосы. Монтаж, эксплуатация и ремонт: Справочное пособие. М.: Машиностроение, 1977.
6. Лысов К.И., Чаюк И.А., Мускевич Г.В. Эксплуатация мелиоративных насосных станций. М.: Агропромиздат, 1988.
7. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. М.: Машиностроение, 1977.
8. Марциновский В.А., Ворона П.Н. Насосы атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Монтаж оборудования атомных электростанций: Учебник для ПТУ/В.В. Гирнис, Г.Ф. Филаткин, В.А. Федулов и др. М.: Высшая школа, 1990.
10. Насосы АЭС: Справочное пособие/Под ред. П.Н. Пака. М.: Энергоатомиздат, 1989.
11. Насосы и насосные станции/Под ред. В.Ф. Чебаевского. М.: Агропромиздат, 1989.
12. Насосы осевые типов О, ОП и центробежные вертикальные типа В: Каталог-справочник. М., ЦИНТИхимнефтемаш, 1970.
13. Насосы центробежные и осевые: Справочник. М., изд. ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1972.
14. Нейман Э.Б., Пекне В.З., Моз Л.С. Крупные вертикальные электродвигатели переменного тока. М.: Энергия, 1974.

15. Новодережкин Р.А. Насосные станции технического водоснабжения тепловых и атомных электростанций. М.: Энергоатомиздат, 1989.
16. Осевые вертикальные насосы (типов ОВ и ОПВ). М., ЦИНТИхимнефтемаш, 1983.
17. Полушкин К.П. Монтаж гидроагрегатов. — 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергия, 1977.
18. Прибытов Б.П. Эксплуатация циркуляционных насосов ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1991.
19. Рахимлевич З.З. Насосы в химической промышленности: Справочное пос. М.: Химия, 1990.
20. Рычагов В.В., Флоринский М.М. Насосы и насосные станции. — 4-е изд. М.: Колос, 1975.
21. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования на предприятиях и в организациях Минводхоза СССР. Псков, изд. СПТИ "Мехводремаш", 1988.
22. Справочник монтажника тепловых и атомных электростанций. Технология монтажных работ. — 2-е изд., перераб./Под ред. В.П. Банника, Д.Я. Винницкого. М.: Энергоатомиздат, 1983.
23. Справочник по гидротурбинам/Под общ. ред. Н.Н. Ковалева. Л.: Машиностроение, 1984.
24. Справочник по ремонту и модернизации гидроагрегатов/Под ред. В.М. Надтечного, Я.С. Уринцева. М.: Энергоатомиздат, 1987.
25. Справочник по ремонту крупных электродвигателей/Под ред. Р.И. Соколова. М.: Энергоатомиздат, 1985.
26. Справочник по эксплуатации и ремонту гидротурбинного оборудования/Под ред. Е.П. Штерна. М.: Энергоатомиздат, 1985.
27. Степеньков Ю.А. Устройство и ремонт оборудования машинных цехов гидроэлектростанций: Учебник для подготовки рабочих на производстве. — 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1985.
28. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник/Под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986.
29. Шиповский И.А. Эксплуатация и ремонт оборудования шахт: Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1987.
30. Энгель-Крон И.В. Ремонт паровых турбин. М.: Энергоиздат, 1981.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава первая. Общие сведения о насосах, насосных установках и насосных станциях	4
1.1. Понятие о насосе, область применения и классификация насосов	4
1.2. Насосные установки, насосные агрегаты и насосные станции	5
1.3. Основные параметры насосов	6
Глава вторая. Осевые насосы	10
2.1. Классификация, конструкция и характеристики осевых насосов	10
2.2. Рабочие колеса	15
2.3. Приводы механизма разворота лопастей	21
2.4. Корпусные части	25
2.5. Вал насоса	27
2.6. Направляющие подшипники насоса	27
2.7. Уплотнения вала насоса	29

Глава третья. Центробежные насосы	32
3.1. Классификация, конструкция и характеристики вертикальных центробежных насосов	32
3.2. Рабочие колеса	37
3.3. Корпус насоса	39
3.4. Уплотнение рабочего колеса	40
3.5. Вал насоса	42
3.6. Направляющие подшипники	43
3.7. Уплотнения вала насоса	45
Глава четвертая. Крупные вертикальные электродвигатели	48
4.1. Общие сведения	48
4.2. Конструкция и характеристики синхронных электродвигателей серии ВДС	49
4.3. Конструкция и характеристики асинхронных электродвигателей серии ВАН	55
Глава пятая. Организация ремонтных работ на насосных станциях	58
5.1. Система технического обслуживания и ремонта насосов	58
5.2. Виды и объем ремонтов, ремонтные циклы	61
5.3. Ремонтная документация	63
5.4. Планирование и финансирование ремонтов	66
Глава шестая. Подготовительные этапы ремонтного производства	68
6.1. Организационная, конструкторская и технологическая подготовка ремонта	68
6.2. Оборудование ремонтной площадки	70
6.3. Подъемно-транспортное оборудование и такелажные приспособления	71
6.4. Такелажные работы при ремонте	81
Глава седьмая. Разборка и дефектация насосных агрегатов	83
7.1. Подготовительные работы	83
7.2. Измерение зазоров и заполнение ремонтных формуляров	84
7.3. Разборка насосного агрегата	90
7.4. Очистка и мойка	94
7.5. Дефектация и сортировка деталей	96
Глава восьмая. Ремонт рабочих колес осевых насосов	99
8.1. Износ и повреждения	99
8.2. Восстановление проточной части	101
8.3. Ремонт уплотнений, деталей крепления и поворота лопастей	105
8.4. Сборка рабочих колес	106
8.5. Статическая балансировка	109
8.6. Контроль геометрических параметров и испытание	112
Глава девятая. Ремонт рабочих колес и щелевых уплотнений центробежных насосов	117
9.1. Износ и повреждения	117
9.2. Ремонт рабочих колес	118
9.3. Ремонт щелевых уплотнений	121
Глава десятая. Ремонт деталей проточной части насосов	124
10.1. Ремонт камеры рабочего колеса осевого насоса	124
10.2. Ремонт выправляющего аппарата	125
10.3. Ремонт корпуса центробежного насоса	131
Глава одиннадцатая. Ремонт валов	134
11.1. Износ и повреждения	134
11.2. Правка валов	137

11.3. Автоматическая наплавка шеек	145
11.4. Обработка и упрочнение	148
11.5. Ремонт валов на месте их установки	152
Глава двенадцатая. Ремонт направляющих подшипников	155
12.1. Ремонт подшипников с баббитовыми вкладышами	155
12.2. Ремонт подшипников с обрезиненными вкладышами	162
12.3. Ремонт подшипников с лигнофолиевыми вкладышами	167
Глава тринадцатая. Ремонт уплотнений вала	169
13.1. Ремонт сальниковых уплотнений	169
13.2. Ремонт манжетных уплотнений	171
13.3. Ремонт торцевых уплотнений	173
Глава четырнадцатая. Сборка и центровка насосных агрегатов	176
14.1. Основные требования к сборке насосов	176
14.2. Сборка осевых насосов типа ОПВ	179
14.3. Сборка центробежных насосов типа В	186
14.4. Сборка вертикальных электродвигателей	189
14.5. Соединение валов насоса и электродвигателя	199
14.6. Проверка вертикальности общей линии вала насосного агрегата	201
Глава пятнадцатая. Испытания насосных агрегатов	211
15.1. Подготовка к пуску	211
15.2. Испытания на холостом ходу	213
15.3. Испытания под нагрузкой	214
15.4. Периодические испытания	216
15.5. Характерные неисправности и методы их устранения	222
Глава шестнадцатая. Безопасность труда, промышленная санитария и противопожарные мероприятия при ремонте насосного оборудования	226
16.1. Общие положения	226
16.2. Допуск к ремонтным работам и оборудование рабочего места	227
16.3. Такелажные работы	229
16.4. Сварочные работы	230
16.5. Работа с пневматическим и электрическим инструментом	232
16.6. Лестницы, леса и подмости	234
16.7. Промышленная санитария и гигиена труда	235
16.8. Противопожарные мероприятия	236
Список литературы	237