

38.6  
М30

Э. З. Маршев, В. А. Тыркин, М. Л. Эльдж

**Монтаж  
машин и аппаратов  
универсального  
применения**

**Справочник  
МОНТАЖНИКА**

Москва  
Стройиздат  
1980

38,6.

М30

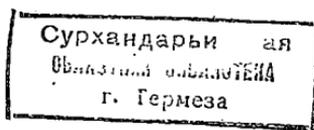
СПРАВОЧНИК МОНТАЖНИКА

В. З. МАРШЕВ, Б. А. ТЫРКИН, М. Л. ЭЛЪЯШ

# МОНТАЖ МАШИН И АППАРАТОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

*Под редакцией Б. А. Тыркина*

324884



МОСКВА  
СТРОЙИЗДАТ  
1980

ББК 38.72

М 30

УДК 621.5/.65.002.72+621.92.002. 72](031)+69.057.44(031)

Главная редакционная коллегия: *А. К. Волнянский (гл. редактор), А. Н. Блинов, А. С. Клоев, В. Я. Копейко, Г. Ф. Кузнецов, Н. С. Мовсесов, А. С. Орлов, В. М. Орлов, В. И. Перемысловский, А. К. Перешивкин, В. П. Пушкин, Г. Г. Судаков (зам. гл. редактора).*

**Маршев В. З. и др.**

М 30 Монтаж машин и аппаратов универсального применения / В. З. Маршев, Б. А. Тыркин, М. Л. Эльяш; Под ред. Б. А. Тыркина. — М.: Стройиздат, 1980 — 229 с., ил. — (Справочник монтажника).

Приведены сведения по монтажу поршневых и центробежных компрессоров, объемных и центробежных насосов, центрифуг и сепараторов, фильтров, аппаратов с перемешивающими устройствами, вращающихся сушилок, дробильно-размольного оборудования, применяемых в разных отраслях промышленности. Рассматриваются их конструкция, монтажные характеристики и условия поставки, технология монтажа, испытание и сдача.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников проектных и строительно-монтажных организаций.

М  $\frac{30207-326}{047(01) - 80}$  137-80.

2203000000

ББК 38.72  
6С4.3

© Стройиздат, 1980

## ВВЕДЕНИЕ

Основными направлениями развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы предусмотрено дальнейшее повышение темпов развития всей отраслевой промышленности. Особо высокими темпами развиваются химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая отрасли, металлургия, энергетика.

Для осуществления развития отраслей промышленности в нашей стране ежегодно строят и реконструируют сотни крупных предприятий.

Одним из основных этапов строительства новых и реконструкции действующих предприятий является монтаж технологического оборудования, качество которого существенно влияет на сокращение сроков строительства и является решающим фактором надежности дальнейшей работы построенных и реконструированных предприятий. Наиболее сложным, трудоемким, требующим высокой технической культуры и точности по сравнению с другим технологическим оборудованием является монтаж компрессоров, насосов, аппаратов с движущимися устройствами, дробильно-размольного оборудования.

Последние достижения в области машиностроения, металлургии, сварки, а также теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов позволили создать совершенное высокопроизводительное технологическое оборудование, входящее в состав крупнотоннажных производственных комплексов и работающее при температурах от  $-185$  до  $+500^{\circ}\text{C}$ , давлении до 200 МПа, глубоком вакууме и в агрессивных токсичных средах. Это предъявляет к качеству монтажа повышенные требования. Компрессоры, насосы и аппараты с приводом отличаются огромным разнообразием конструкций.

В Справочнике описание монтажа этого оборудования разделено на группы, исходя из общих для каждой группы монтажных операций. Приводятся сведения по технологии монтажа поршневых и центробежных компрессоров, объемных и центробежных насосов, центрифуг и сепараторов, фильтров, аппаратов с перемешивающими устройствами, сушилок, дробильно-размольного оборудования.

Каждая глава включает описание конструкции машин, монтажные характеристики и условия поставки, а также основных этапов монтажа, испытания и сдачи. При этом монтаж оборудования рассматривается в зависимости от условий его поставки в собранном виде, укрупненными сборочными единицами.

В связи с большой номенклатурой монтажные характеристики и условия поставки приводятся только для наиболее распространенных типов. По этой же причине технология монтажа дана в виде последовательных операций с описанием выверки узлов и основных допусков. Сведения по допускам при сборке механизмов движения для конкретного оборудования должны приниматься по инструкции завода-изготовителя.

При составлении Справочника авторы пользовались материалами монтажных и проектных организаций Министерства монтажных и специальных строительных работ СССР, каталогами министерств (ведомств) — изготовителей оборудования, государственными отраслевыми стандартами, заводскими инструкциями на монтаж отдельных видов оборудования, техническими условиями на изготовление и поставку.

Справочник написан Б. А. Тыркиным (разделы VI и VII, главы 1 раздела I, 1 раздела III, 1 раздела IV), М. Л. Эльяшем (раздел II, главы 3 раздела I, 2 раздела III, 2 раздела IV), В. З. Маршевым (раздел V, глава 2 раздела I).

# Раздел I. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

## Глава I. ПРИЕМКА ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПОД МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

К началу монтажа оборудования в зданиях должны быть выполнены монтаж железобетонных конструкций, устройство стеновых заполнений, рабочих площадок, фундаментов и оснований под оборудование и металлоконструкций, каналы для прокладки трубопроводов, черные полы, а также изоляция и штукатурка стен. Помещения и фундаменты до начала монтажа освобождают от строительных лесов и опалубки, очищают от строительного мусора.

В зданиях и сооружениях, сдаваемых под монтаж оборудования, должны быть нанесены главные оси и высотные отметки.

При приемке фундамента необходимо проверить соответствие его формы проекту, состояние поверхности, соответствие проекту высотных отметок и основных размеров фундаментов, а также проемов и проходов в нем, точность расположения колодцев для анкерных болтов или размеры между забетонированными фундаментными болтами, а также состояние резьбы на болтах, укомплектованность их шайбами и гайками, наличие закладных частей (плашек и реперов) для обозначения продольных и поперечных осей и высотных отметок.

Прочность бетона фундамента должна соответствовать проектной и подтверждаться результатом лабораторного испытания образцов.

Отклонения геометрических размеров фундаментов от проектных не должны превышать следующих величин, мм:

По привязочным размерам продольных и поперечных осей фундамента и осей колодцев	±20
По основным размерам в плане	±30
По высотным отметкам поверхности фундамента без учета высоты подливки	-30
По размерам уступов в плане	-20
По размерам колодцев в плане	+20
По отметкам уступов в выемках и колодцах	-20
По осям фундаментных болтов в плане	±5
По осям закладных анкерных устройств в плане	±10
По отметкам верхних торцов забетонированных фундаментных болтов	+20

Фундаменты сдают и принимают под монтаж оборудования с оформлением соответствующего акта между представителями строительной и монтажной организаций с участием представителя заказчика. К акту прилагается исполнительная схема фундамента с указанием проектного и фактического расположения главных осей и размеров фундамента, расположения и отметок реперов и осевых планок, заделанных в бетон фундамента.

Кроме того, при приемке фундаментов под машины с динамическими нагрузками должен быть приложен акт выполнения скрытых работ по виброизоляции в соответствии с проектом.

К началу испытаний компрессорных и насосных агрегатов должны быть:

уложены чистые полы и закончена отделка помещения компрессорного цеха;

уложено перекрытие кабельных и трубопроводных каналов вокруг компрессора в соответствии с проектом;  
смонтирована система вентиляции компрессорного цеха;  
очищена от ржавчины, грязи и пыли приточная камера;  
смонтированы, испытаны и продуты всасывающий и нагнетательный трубопроводы с фильтрами, обратными и предохранительными клапанами и арматурой;  
смонтированы и опробованы системы маслосмазки, водяного охлаждения и канализации;  
смонтирована система автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты;  
установлены все контрольно-измерительные приборы;  
подведено электропитание и проверена готовность электрической части агрегата;  
установлены защитные кожухи и ограждения;  
очищена площадка обслуживания от посторонних предметов и мусора.

## Глава 2. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА К МОНТАЖУ

Организационно-техническая и технологическая подготовка к монтажу включает:

своевременное и полное обеспечение монтажных работ качественной проектно-сметной, нормативной и другой технической документацией;

согласование сроков, вида и способов поставки оборудования, подлежащего монтажу, подготовка к его приему;

проверку качества строительной готовности объектов под монтаж с учетом требований СНиП и действующих нормативных документов;

изготовление узлов технологических трубопроводов, металлоконструкций; а при необходимости монтажных приспособлений на промбазе монтажных организаций;

составление рациональных по численности и квалификации бригад монтажников и организация их рабочих мест;

организацию монтажной площадки, инструментального хозяйства, устройство централизованных разводок сжатого воздуха, сварочных газов, электроэнергии;

организацию материально-технического обеспечения работ; комплектацию необходимых для производства работ механизмов, оснастки, приспособлений;

планирование монтажных работ, в том числе оперативное: технико-экономическое обоснование организации и производства работ.

**Техническая документация по производству монтажных работ** разделяется на передаваемую заказчиком монтажной организации (табл. I.1), прямо-сдаточную и исполнительную, составляемую монтажной организацией либо с ее участием, а также документацию, разрабатываемую проектной монтажной организацией. К последней относятся проекты производства работ (ППР), состав и содержание которых определяются «Временной инструкцией по разработке проектов производства механомонтажных работ»

Т а б л и ц а 1.1. Техническая документация, передаваемая заказчиком монтажной организации

Наименование документации	Основное содержание	Примечание
Технический паспорт на аппарат, арматуру; КИПиА и другие комплектующие изделия, входящие в объем поставки	Сведения о предприятии-изготовителе, номер и дата выпуска аппарата, его масса и габариты, назначение, схема общего вида и план опорных частей, техническая характеристика аппарата, привода, сведения о материалах узлов и деталей, соприкасающихся с продуктом, акт испытаний и приемки аппарата, свидетельство о консервации и упаковке, комплект поставки, гарантийные обязательства	Составляется в соответствии с ГОСТ 2.601—68* «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы» (приложение 1); при необходимости — по форме Госгортехнадзора
Чертежи: общего вида с разрезами (сборочный), установочные с габаритными и присоединительными размерами; быстроснаживающихся деталей; спецификации к чертежам	Все необходимые сведения, необходимые для составления ППР и подготовки производства, в том числе схемы разбивки на поставочные блоки и их маркировка, схемы строповки в собранном виде	Для строящихся предприятий поставляется с заводов в двух экземплярах
Схемы: электромонтажные, гидравлические, пневматические, автоматики и блокировки, смазки и т. п.	Данные по монтажу, подключению электродвигателей, автоматики	Для строящихся предприятий поставляется заводом в двух экземплярах
Инструкции или технические описания по монтажу и обслуживанию аппаратов (машин)	Указания по сборке, установке, выверке, испытанию, обслуживанию конкретной машины с указанием допусков при сборке, выверке и т. п.	Составляется в соответствии с ГОСТ 2.601—68*
Ремонтная документация и эксплуатационные документы с приложением сборочных чертежей, основных сборочных единиц (при необходимости)	Данные по сборке уплотнений, подключению коммуникаций, указания о строповке отдельных блоков	Составляется в соответствии с ГОСТ 2.602—68*
Ведомость запасных и быстроснаживающихся деталей	Сведения о предприятии — изготовителе, номере заказа, наименовании аппарата, номера чертежей, количестве и массе поставляемых деталей	Поставляется, если данные не отражены в паспорте

Наименование документации	Основное содержание	Примечание
Ведомость специнструмента и приспособлений	Сведения о предприятии-изготовителе, номера чертежей, количество инструмента, его назначение, нормативный документ	Поставляется при необходимости
Ведомость электрооборудования, КИПиА и покупных изделий	Данные о предприятии-изготовителе, количестве и массе оборудования и изделий, номера чертежей	Поставляется, если данные не отражены в паспорте

**Примечание.** При поставке на один объект партии аппаратов одной марки сборочные чертежи, схемы, инструкции на монтаж поставляются на всю партию в двух экземплярах.

### ВСН 319-73

ММСС СССР; детализированные чертежи технологических трубопроводов (ДчТТ), разрабатываемые в соответствии с «Эталоном детализированных чертежей стальных технологических трубопроводов  $P \leq 100$  кгс/см<sup>2</sup>» МСН 183-68 ММСС СССР, «Инструкцией по изготовлению, монтажу и испытанию технологических трубопроводов условным давлением до 100 кгс/см<sup>2</sup> (до 10 МПа)» ВСН 362-76 ММСС СССР, а также «Указаниями по разработке детализированных чертежей стальных технологических трубопроводов на давление  $P_y$  свыше 10 до 250 МН/м<sup>2</sup> (свыше 100 до 2500 кгс/см<sup>2</sup>)» ВСН 313-73 ММСС СССР; рабочие чертежи металлических конструкций (КМД), разрабатываемые по чертежам КМ с учетом «Временной инструкции по проектированию, изготовлению и эксплуатации монтажных приспособлений» ВСН 42-74

ММСС СССР, «Инструкции по членению стальных конструкций на отправочные элементы и их комплектности» МСН-141-67 ММСС СССР, «Инструкции по составу и оформлению рабочих чертежей КМД» ГПИ Укрпроектстальконструкция, М., 1966 г., действующих общесоюзных документов (СНиП и ГОСТ).

Организация рабочего места бригады монтажников включает обеспечение бригады производственно-бытовыми помещениями и инвентарем, их рациональное размещение и использование; осуществление в месте производства работ временных разводок электроэнергии, сварочных газов, пара, воды; оснащение бригады необходимыми механизмами, инструментами, приспособлениями и их рациональная компоновка; оборудование рабочих мест с точки зрения техники безопасности.

При подготовке рабочего места необходимо руководствоваться следующими основными правилами:

механизмы, инвентарь, оснастка, монтируемое оборудование не

должны загромождать монтажную зону и рабочие места, проходы и проезды;

на рабочих местах не должны находиться механизмы, материалы и инструменты, которые не применяются при монтаже данного аппарата;

рабочее место нужно содержать в чистоте, должны быть предусмотрены средства для уборки отходов.

Организация инструментального хозяйства включает в себя рациональное хранение, выдачу, ремонт и проверку инструмента.

Хранить инструмент необходимо в участковой (центральной) инструментальной кладовой. Участковые кладовые размещают в зданиях контейнерного типа, оснащенных стеллажами, поддонами, верстаками и т. д. При длительном хранении инструмента наружные детали ручных электрических машин необходимо покрыть слоем технического вазелина УН с присадкой 3% церезина. Пневмомашины очищают от смазки и грязи, промывают керосином, протирают насухо, продувают сжатым воздухом, заливают через входной штуцер подогретое до 70°C турбинное масло 22 с присадкой 3% церезина и обрабатывают смазкой. Защитную смазку меняют через 6 мес. Хранят инструмент при температуре 5—25°C и влажности воздуха не более 70%.

Инструмент выдают по двухмарочной системе. При этом одну марку со своим табельным номером при получении инструмента рабочие меняют на жетон, находящийся в ячейке с инструментом. Одновременно инструмент проверяют на стенде и знакомят рабочих с правилами его обслуживания.

Периодические проверки ручных машин (осмотр щеток и очистку электродвигателей) проводят через 50 ч работы; промывку керосином и смазку редуктора и деталей, работающих на трение выполняют через 200 ч работы; общую проверку выполняют через 100 ч работы. Капитальный ремонт ручных машин проводят через 300—400 ч работы. Для замены быстроизнашивающихся деталей в центральной кладовой должен быть запас подшипников и материалов. Мелкий ремонт проводят силами кладовщиков, средний и текущий — силами ремонтной группы.

Материально-техническое обеспечение монтажных работ в соответствии со СНиП III-1-76 «Правила производства и приемки работ. Организация строительного производства» осуществляется на основе производственно-технологической комплектации строящихся объектов и включает поставку на объект материальных ресурсов, необходимых для выполнения производственной программы, а также комплектацию объекта изделиями, материалами, инженерным оборудованием. Потребность в материально-технических ресурсах увязывается со сроками монтажных работ. В натуральном выражении она определяется по проектно-сметной документации, технически обоснованным производственным нормам расхода, нормам производственно-технологической комплектации и развития прямых хозяйственных связей на длительный период.

Вопросами материально-технического обеспечения монтажных работ занимаются управление производственно-технологической комплектации трестов (УПТК), участки подготовки производства (УПП) и отделы материально-технического снабжения монтажных управлений (ОМТС).

Группа проверки и обработки проектно-сметной документации УПП выполняет следующие функции по материально-техническому обеспечению монтажных работ:

разрабатывает ведомости комплектации (по сводной спецификации, спецификациям по линиям, по смете) на монтируемое оборудование, материалы, поставляемые заказчиком, материалы, поставляемые управлением;

составляет лимитно-заборные карты;  
укомплектовывает объект технической документацией;  
составляет и направляет заказы на разработку ДчТТ, КМД,

ППР:

контролирует ход обеспечения работ оборудованием, материалами, монтажными заготовками;

корректирует комплектовочные ведомости;

подготавливает задание промбазе управления на изготовление металлоконструкций, трубопроводов, монтажных приспособлений.

Отдел материально-технического снабжения:

обеспечивает объекты оборудованием и материалами, поставляемые управлением и доставляет их на монтажную площадку;

оформляет комплектовочную документацию на материалы, поставляемые генподрядчиком для получения фондов на объемы работ следующего года;

согласовывают спецификации на оборудование, арматуру и другие изделия, поставляемые заказчиком, с заказчиком и проектной организацией;

информирует УПП о получении оборудования и материалов от заказчика;

ежедневно составляет выписки материалов и оборудования, которые надо завезти на объект, и сведения об уже имеющихся в наличии;

при необходимости готовит документацию на возможные замены материалов, оборудования и согласовывает ее с Главным инженером монтажного управления, заказчиком, проектной организацией.

Функции управления производственно-технологической комплектации (УПТК) изложены в «Рекомендациях по организации управления производственно-технологической комплектации в строительном-монтажном тресте» НИИЭС Госстроя СССР (М., Стройиздат, 1973).

### Глава 3. ПРИЕМКА ОБОРУДОВАНИЯ В МОНТАЖ

#### ПОСТАВКА

Технологическое оборудование, передаваемое в монтаж, должно поставляться в соответствии с «Положением о поставках продукции производственно-технического назначения», утвержденного постановлением Совета Министров СССР № 269 от 9 апреля 1969 г.

Согласно ОСТ 26-291-71 «Сосуды и аппараты стальные сварные. Технические требования» аппараты, нетранспортабельные по длине или превышающие по массе грузоподъемность железнодорожного подвижного состава, должны быть поставлены транспортабельными частями, при этом каждая часть аппарата должна быть полностью собрана с внутренними устройствами и в соответствии с проектом подвергнута гидравлическому или пневматическому испытанию. Заводом — изготовителем аппарата производится контроль

ная сборка стыкуемых частей и нанесение монтажной маркировки. Сборка (доизготовление) таких аппаратов на месте монтажа производится силами и средствами завода-изготовителя. Аппараты, транспортные в сборе, поставляются в полностью собранном виде на прокладках, предусмотренных технической документацией, с установленными внутренними устройствами, не требующими разборки при монтаже.

Ответные фланцы поставляются прикрепленными к штуцерам аппаратов, с рабочими прокладками и крепежными деталями (допускается поставка ответных фланцев, прокладок и крепежных деталей в ящиках).

Вместе с аппаратами должны поставляться эксплуатационные документы в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601—68\*: техническое описание, инструкция по эксплуатации, инструкция по техническому обслуживанию, инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия на месте его монтажа, формуляр, паспорт, этикетка, ведомость ЗИП, ведомость эксплуатационных документов.

В соответствующей технической документации, поставляемой заводом-изготовителем вместе с оборудованием (чертежах или другой техдокументации), должны быть указаны:

перечень поставочных сборочных единиц в объеме заводской поставки;

места установки уровня для выверки положения аппарата в процессе его монтажа (при необходимости);

габаритные размеры, масса и положение центра тяжести аппарата в сборе, а также каждого поставочного блока;

схемы строповки аппарата в сборе, а также каждого поставочного блока в упаковке и без упаковки.

В отдельных случаях в сопроводительной документации должны быть указаны: метод проверки правильности сборки и установки внутренних устройств (при наличии специальных требований к их установке); мероприятия по подготовке внутренних поверхностей к нанесению защитных покрытий либо по сохранению защитных покрытий в процессе транспортировки и монтажа аппарата; места установки пломб.

## КОНСЕРВАЦИЯ НА ВРЕМЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ

Консервацию оборудования производит завод-изготовитель. В соответствии с ОСТ 26-01-890-73 «Консервация изделий химического машиностроения» консервации подлежат металлические поверхности оборудования, в том числе с металлическими и неметаллическими неорганическими покрытиями. Окрашенные поверхности оборудования, а также оборудование, изготовленное из коррозионностойких металлов и их сплавов с содержанием хрома не менее 13%, консервации не подлежат.

Консервацию упаковочной антикоррозионной (ингибированной) бумагой марок МБГИ-3-25, МБГИ-3-40 и МБГИ-8-40 производят, обертывая детали по одной или несколько штук так, чтобы бумага закрывала их со всех сторон и перекрывала швы не менее чем на 5 см. В ряде случаев ингибированную бумагу помещают внутрь изделий.

Для защиты от атмосферной коррозии металлических поверхностей простой формы на них кистью или распылителем наносят пленочное полимерное покрытие (ИПП) толщиной 200—300 мкм, состоящее из эмали ХВ-114 (92%) и присадки АКОР-1 (8%).

Обработанные поверхности фланцев, штуцеров, люков, муфт и резьбовых соединений консервируют, нанося на них кистью, тампоном или шпателем сплошной слой консистентной смазки ПВК (лушечной), после чего законсервированные поверхности обертывают парафинированной бумагой в два слоя и обвязывают шпагатом.

Поверхности большой площади консервируют, наносят на них защитные покрытия. Для защиты редукторов, приводов и т. п. прокачивают консервационные масла НГ-203-А, НГ-203-Б или смазку К-17.

Для консервации внутренних поверхностей оборудования применяют рабочие масла (индустриальное 45, компрессорное 19 и др.) с присадкой АКОР-1 в количестве 5—15%.

Детали оборудования, изготовленные из меди в сочетании с черными металлами, консервируют заливкой или распылением на внутренние поверхности ланолиновой эмульсии (в состав эмульсии входят ланолин, этилен-гликоль, уайт-спирит и бензотриазол). После консервации отверстия в оборудовании закрывают заглушками или пробками, исключающими попадание внутрь оборудования атмосферных осадков.

В ряде случаев оборудование консервируют растворами нитрита натрия (водным или концентрированным), которые заливают или распыляют на внутренние поверхности оборудования. Иногда консервацию совмещают с гидроиспытанием оборудования, т. е. в качестве жидкости используют для гидроиспытания консервационный раствор.

Для консервации оборудования, внутренние полости которого легко поддаются герметизации, применяют водно-спиртовые растворы ингибиторов. Раствор содержит 70% этилового спирта и 30% питьевой воды, а также 7—9% ингибитора НДА (или Г-2). Консервацию проводят, смачивая поверхности оборудования раствором. После обработки их просушивают до появления кристаллов ингибитора. Отверстия на оборудовании закрывают заглушками или пробками, обернутыми ингибированной бумагой и заклеенными липкой лентой.

Оборудование со сложными внутренними устройствами консервируют, продувая воздух, ингибированный НДА. После этого отверстия закрывают герметичными заглушками с резиновыми прокладками.

Консервацию газообразным азотом под давлением применяют для оборудования, поддающегося полной герметизации. Вместо азота в ряде случаев под тем же давлением оборудование заполняют сухим воздухом, нагретым до 443—473 К.

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В МОНТАЖНОЙ ЗОНЕ. ПЕРЕДАЧА ОБОРУДОВАНИЯ В МОНТАЖ

Оборудование массой до 100 т в пределах монтажной зоны перемещают на санях, более тяжелое оборудование транспортируют к фундаментам на тележках по рельсовому пути (или металли-

ческим балкам). Приводом саней и тележек служат монтажные лебедки и полиспасты.

Усилие, необходимое для перемещения груза на санях, определяют по формуле

$$T = P \mu,$$

где  $P$  — масса оборудования (с санями), т;  
 $\mu$  — коэффициент трения скольжения (табл. 1.2).

Т а б л и ц а 1.2. Коэффициент  $\mu$  в зависимости от вида соприкасающихся поверхностей

Поверхность	$\mu$ при угле наклона к горизонту, град						
	0	3	5	7,5	10	12,5	15
<i>Дерево с деревом</i>							
Сухая	0,62	0,662	0,704	0,744	0,784	0,82	0,857
	0,48	0,53	0,565	0,605	0,645	0,683	0,722
Смазанная	0,11	0,16	0,196	0,238	0,281	0,323	0,365
	0,08	0,12	0,166	0,209	0,252	0,294	0,336
<i>Дерево со сталью</i>							
Сухая	0,6	0,107	0,694	0,729	0,764	0,831	0,838
	0,4	0,45	0,485	0,526	0,567	0,606	0,645
Смазанная	0,11	0,153	0,196	0,239	0,282	0,323	0,365
	0,1	0,15	0,186	0,224	0,262	0,309	0,355
<i>Сталь со сталью при большом давлении</i>							
Сухая	0,2	0,25	0,286	0,328	0,371	0,411	0,452
	0,08	0,13	0,166	0,209	0,252	0,294	0,336
Смазанная	0,12	0,17	0,206	0,249	0,291	0,333	0,374
	—	—	—	—	—	—	—
<i>Сталь с песчаником</i>							
Сухая	—	—	—	—	—	—	—
	0,42	0,47	0,505	0,56	0,587	0,624	0,664
<i>Сталь с гравием</i>							
Сухая	0,45	0,5	0,535	0,575	0,616	0,654	0,693
	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Значения в числителе даны для трогания с места, в знаменателе — для движения.

Усилие, необходимое для перемещения оборудования на тележке, определяют по формуле

$$T = P \mu_1,$$

где  $P$  — масса оборудования (с тележкой), т;  $\mu_1$  — коэффициент трения качения (табл. 1.3).

Порядок передачи оборудования в монтаж регламентирован «Положением о взаимоотношениях организаций — генеральных подрядчиков с субподрядными организациями», утвержденным постановлением Госстроя СССР и Госплана СССР № 94/81 от 31 июля 1970 г. (с изменениями, утвержденными постановлением Госстроя СССР и Госплана СССР № 930/63 от 31 июля 1975 г.).

Оборудование передается в монтаж по заявке монтажной организации в соответствии с принятой последовательностью произ-

Т а б л и ц а 1.3. Коэффициент  $\mu$ , в зависимости от типа поверхностей качения

Угол наклона поверхности к горизонту, град	Диаметр катков, мм					
	деревянных			металлических		
	150	200	250	50	100	150
0	<u>0,153</u>	<u>0,04</u>	<u>0,03</u>	<u>0,03</u>	<u>0,026</u>	<u>0,009</u>
	0,08	0,06	0,46	0,091	0,046	0,03
5	<u>0,14</u>	<u>0,127</u>	<u>0,117</u>	<u>0,113</u>	<u>0,1</u>	<u>0,096</u>
	0,167	0,147	0,133	0,178	0,133	0,117
10	<u>0,23</u>	<u>0,213</u>	<u>0,208</u>	<u>0,2</u>	<u>0,187</u>	<u>0,183</u>
	0,253	0,238	0,22	0,264	0,219	0,203
15	<u>0,31</u>	<u>0,298</u>	<u>0,298</u>	<u>0,284</u>	<u>0,272</u>	<u>0,268</u>
	0,335	0,317	0,303	0,347	0,303	0,288

П р и м е ч а н и е. В числителе указано значение коэффициента при перемещении катков по металлической поверхности, в знаменателе — по деревянной поверхности.

водства монтажных работ. Для сдачи-приемки оборудования в монтаж заказчик и монтажная организация уполномочивают соответствующих работников.

Оборудование принимают в монтаж по внешнему осмотру без его разборки (за исключением некоторых видов оборудования, детали и сборочные единицы которого должны быть осмотрены заказчиком). При этом должны быть проверены:

комплектность оборудования по заводским спецификациям или отправочным и упаковочным ведомостям;

соответствие оборудования чертежам и проектным спецификациям;

отсутствие повреждений или поломок, трещин, раковин и прочих видимых дефектов, наличие пробок;

наличие специального инструмента и приспособлений, поставляемых заводом-изготовителем.

Оборудование принимают в монтаж в соответствии с требованиями СНиП III-31-74 «Технологическое оборудование» и оформляется в установленном порядке по типовой форме ЦСУ № М-25.

Электродвигатели, поставляемые отдельно от оборудования, при передаче в монтаж должны быть проверены заказчиком или привлеченной им электромонтажной организацией согласно требованиям СНиП III-33-76 «Электротехнические устройства. Основные положения».

Если монтажная организация при приемке установила некомплектность оборудования, обнаружила дефекты при монтаже или испытании оборудования, монтажная организация обязана немедленно поставить об этом в известность заказчика и принять участие в составлении акта по форме № М-27, утвержденной ЦСУ СССР. Составление актов и предъявление рекламаций и претензий к заводу-изготовителю или поставщику оборудования являются обязанностью стороны, заключающей с ними договор на поставку.

## РАСКОНСЕРВАЦИЯ

Способы расконсервации оборудования зависят от вида консервационных материалов, а именно:

### Консервационный материал

Упаковочная антикоррозионная (ингибированная) бумага марок: МВГИ-3-2Б, МВГИ-3-40, МВГИ-8-40  
Ингибированные полимерные покрытия (ИПП)  
Смазка ПВК (пушечная); консервационное масло марок ИГ-203-А, ИГ-203-Б, МГ-203-В; смазка К-17, рабочие масла с присадкой АКОР-1

### Способ расконсервации

#### Удаление ингибированной бумаги

Механическое удаление покрытия после его надрезки  
Нагревание в ваннах с минеральными маслами при температуре 120°C (393К) с последующей протиркой (при необходимости бязью, смоченной уайт-спиритом; промывание горячей водой или моющими растворами и последующей сушкой; сплавление смазки в камере при температуре 10—50°C (283—323К) с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом; удаление смазок скребками с последующей протиркой бязью, смоченной уайт-спиритом.

Ланолиновая эмульсия

Водный и концентрированный растворы нитрата натрия

Метанитробензоат гексаметиленмина (Г-2) — водно-спиртовой раствор. Нитрит дициклогексиламин (НДА) — водно-спиртовой раствор  
Нитрит дициклогексиламин (НДА) — воздух, ингибированный НДА

Азот газообразный технический второго сорта. Сухой воздух

Промывание горячей водой, нагретой до температуры 80°C

Промывание в 2—5%-ном растворе нитрата натрия с 0,5%-ной кальцинированной содой с последующей сушкой.

Промывание горячей водой

Продувание подогретым воздухом до 80°C. Промывание щелочным раствором с добавлением 1—2% нитрита натрия.  
Снятие заглушек

Оборудование, трубопроводы и арматура кислородных компрессорных установок подлежат обезжириванию. При монтаже не обезжиривают оборудование, трубопроводы и арматуру, имеющие подтверждение об обезжиривании на заводе-изготовителе и прибывшие на место с сохранными опломбированными заглушками и в целой упаковке.

Подготовкой и проведением всех работ по обезжириванию должно руководить лицо, назначенное письменным распоряжением руководства монтажной организации и несущее полную ответственность за соблюдение технологии обезжиривания и правил техники безопасности.

Для обезжиривания оборудования, работающего в среде кислорода, применяют растворители: четыреххлористый углерод; четыреххлористый технический углерод марки А по ГОСТ 4—75\*; трихлорэтилен марки А по ГОСТ 9976—70; тетрахлорэтилен по ВТУ V-14-60; фреон-113 по ВТУ 6-02-601-70. Растворители, используемые для чистого обезжиривания, не должны содержать масла более 50 мг/дм<sup>3</sup>. Растворители с содержанием масла свыше 50 мг/дм<sup>3</sup>, но не более 500 мг/дм<sup>3</sup>, разрешается применять для первичного обезжиривания с обязательной повторной промывкой

чистым растворителем. После обезжиривания остатки растворителя из оборудования удаляют продувкой азотом или воздухом, нагретыми до температуры 60—70°C (333—343К).

При использовании растворителей необходимо учитывать их токсикологические свойства. Четыреххлористый углерод проникает в организм человека через дыхательные пути и кожу. Наркотик, вызывает тяжелые поражения печени и почек. При вдыхании очень высоких концентраций возможна почти внезапная смерть, потеря сознания или наркоз. Смертельным может быть воздействие концентрации 50 мг/дм<sup>3</sup> при вдыхании в течение 1 ч. Раздражает кожу и вызывает ее заболевания.

Трихлорэтилен проникает в организм человека через дыхательные пути. Наркотик, со слабым местным раздражающим воздействием паров и значительным воздействием на нервную систему. В ряде случаев наблюдается также заболевание печени и почек. При высоких концентрациях паров — опьянение, тошнота и рвота, потеря сознания, наркоз. Алкоголь усиливает опасность острых отравлений.

Тетрахлорэтилен проникает в организм человека через дыхательные пути, действует в общем сходно с трихлорэтиленом, менее токсичен, чем четыреххлористый углерод и трихлорэтилен.

Помимо растворителей для обезжиривания металлических поверхностей применяют водные моющие растворы.

## Раздел II. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА МОНТАЖНЫХ РАБОТ

### Глава I. УСТАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТАХ

Способы установки и выверки оборудования на фундаментах (бесподкладочный, на точно выверенных жестких элементах, на металлических подкладках, с подливкой бетоном или цементным раствором или без подливки) должны приниматься в соответствии с проектной документацией, а также согласно требованиям СНиП III-31-74 «Технологическое оборудование. Основные положения» и ВСН 361-76 Минмонтажспецстроя СССР «Инструкция по установке технологического оборудования на фундаментах».

#### БЕСПОДКЛАДОЧНЫЙ МОНТАЖ

К этому способу относится установка и выверка оборудования с помощью регулировочных винтов, специальных инвентарных домкратов и установочных гаек.

Регулировочные винты (рис. 1) ввертываются в фундаментную

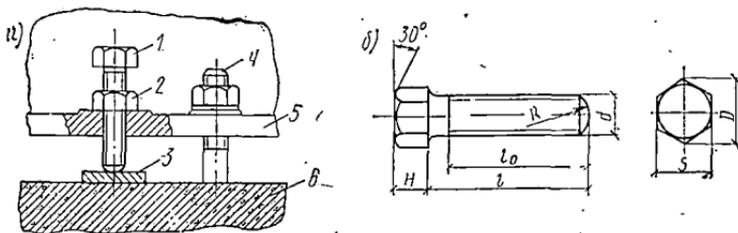


Рис. 1. Установка и выверка оборудования с помощью регулировочных винтов

*a* — общий вид; *б* — конструкция регулировочного винта; 1 — регулировочный винт; 2 — стопорная гайка; 3 — опорная пластина; 4 — фундаментный болт; 5 — фундаментная плита (рама); 6 — фундамент

плиту или раму оборудования. Места расположения опорных пластин на фундаменте выравнивают по горизонтали с отклонением не более 10 мм на 1 м. При опускании оборудования на фундамент регулировочные винты (табл. II.1) должны выступать из установочной поверхности оборудования вниз на одинаковую величину (10—30 мм). Положение по высоте и горизонтальности (вертикальности) регулируют поочередно всеми винтами, не допуская в процессе выверки отклонения оборудования от горизонтальности (вертикальности) более чем 3 мм на 1 м. Плотность прилегания

Т а б л и ц а П.1. Размеры регулировочных винтов и опорных пластин

Диаметр резьбы винта, мм	Шаг резьбы	H	S	D	R	Опорная пластина, мм	Допустимая нагрузка на один винт, кН
		мм					
M24	3	13	32	35	25	80×80×8	35
M30	3,5	17	41	45,2	32	100×100×10	75
M36	4	20	50	55,4	32	120×120×10	120
M42	4,5	23	60	66,4	40	130×130×12	170
M49	5	26	70	77,4	50	140×140×15	240

Примечания. 1. Длина резьбовой части винта  $l_0 = B + h + 80$  мм, где  $B$  — толщина фундаментной плиты (рамы) оборудования;  $h$  — высота стопорной гайки; длина регулировочного винта  $l = l_0 + (5 \div 10)$  мм.

2. Материалы винта — ст. 30 (или ст. 35) по ГОСТ 1050—74\*.

4. Отверстия под регулировочные винты выполняют возможно ближе к фундаментным болтам.

регулировочных винтов к опорным пластинам проверяют щупом толщиной 0,1 мм.

После окончания выверки положение регулировочных винтов фиксируют стопорными гайками. Во избежание соприкосновения винтов с бетоном подливки их резьбовую часть обертывают плотной бумагой.

Перед окончательной затяжкой фундаментных болтов регулировочные винты должны быть вывернуты на 2—3 оборота. В случае повторного использования регулировочных винтов отверстия в фундаментных плитах (рамах) закрывают резьбовыми пробками или заливают цементным раствором, поверхность которого покрывают маслястой краской.

Инвентарные домкраты, применяемые для выверки, могут быть винтовыми, клиновыми или гидравлическими, обеспечивающими требуемую точность и безопасность при производстве работ (табл. П.2).

Домкраты, расположенные на подготовленных фундаментах, регулируют по высоте с помощью нивелира и рейки с точностью  $\pm 1$  мм и затем опускают на них оборудование. При выверке оборудования в плане отрыв основания домкрата от поверхности фундамента не допускается. Перед подливкой фундаментных плит (рам) бетонной смесью инвентарные домкраты выгораживают опалубкой, которую удаляют через двое-трое суток после подливки, после чего ниши заполняют составом, использовавшимся для подливки.

На установочных гайках (рис. 2) выверяют оборудование с использованием промежуточных тарельчатых шайб (табл. П.3).

До бетонирования фундаментных болтов на них при необходимости нарезают резьбу на дополнительную длину. Опорные гайки с тарельчатыми шайбами устанавливают так, чтобы верх тарельчатой шайбы был на 2—3 мм выше проектной отметки установочной поверхности оборудования. Окончательно выверяют оборудование затяжкой крепежных гаек фундаментных болтов.

Возможна выверка оборудования без применения тарельчатых шайб. При этом проектное положение оборудования достигается перемещением по фундаментному болту установочных гаек. При использовании самоанкерующихся болтов применяют дополнительные гайки. После выверки установочные гайки выгораживают опа-

Т а б л и ц а 11.2. Инвентарные домкраты для выверки оборудования на фундаменте

Вид домкрата	Грузоподъемность, т	Высота приспособления, мм	Величина регулирования, мм	Масса (без привода), кг	Тип привода	Завод-изготовитель
Подкладки клиновые регулируемые	3	56	12	3,7	Ручной	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации
Подкладки клиновые регулируемые	5	60	15	5,3	»	Минмонтажспецстроя СССР
Подкладки клиновые регулируемые	10	60	16	7,2	»	
Домкрат клиновой	10	90	8	18	»	Пронский механический завод Минэнерго
Домкрат клиновой	20	35	5	9,2	Ручной	Судоремонтные заводы. Калькодержатель — ЦНИИТС, г. Ленинград
Подкладка винтовая	2,2—13	37—84	8—18	0,35—5,3	»	Калькодержатель — Киевский филиал ВНИИ-монтажспецстроя
Домкрат винтовой монтажный ДМ-5	5	94 (162)	40	3,5	»	Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации
Домкрат винтовой монтажный ДМ-3	3	60 (120)	17	1,1	»	
Домкрат винтовой с лапой ДЛ-10	10	50 (550)	300	31	»	Трест Проммонтажконструкция Минмонтажспецстроя УССР
Домкрат реечный ДР-5	5	70 (695)	350	35	»	Ленинградский РМЗ треста Союзпромбуммонтаж и Пермский завод монтажных изделий и средств автоматизации
Домкрат цепной	10	78 (678)	300	46	Ручной	Ленинградский РМЗ. Калькодержатель — институт Гипрометаллургомонтаж
Домкрат с упругим элементом	5	30	300	10	»	Калькодержатель — ВНИИ-монтажспецстрой
Домкрат гидравлический подкладочный ДП-5	5	70	20	2,7	Гидравлический	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений Минмонтажспецстроя СССР
Домкрат малогабаритный облегченный гидравлический	5	100	60	1	То же	Калькодержатель — Строительно-монтажная сварочная лаборатория треста Востокметаллургомонтаж

Вид домкрата	Грузоподъемность, т	Высота приспособления, мм	Величина регулирования, мм	Масса (без привода), кг	Тип привода	Завод-изготовитель
Домкрат малогабаритный облегченный гидравлический	15	100	60	3,1	Ручной	Калькодержатель — Строительно-монтажная сварочная лаборатория треста Востокметаллургомонтаж
Домкрат малогабаритный облегченный гидравлический	25	100	60	4,5	»	
Домкрат гидравлический облегченный	50	134	60	18,5	Гидравлический	
Домкрат гидравлический облегченный	100	139	60		То же	Пермский завод горно-шахтного оборудования Министерства тяжелого и транспортного машиностроения СССР Судостроительные заводы. Калькодержатель — ЦНИИТС
Домкрат гидравлический с лапой ГДЛ-7	7	60 (570)	230	22	»	
Домкрат клинковой гидравлический	40	35	10	13	Гидравлический	
Домкрат гидравлический беспоршневой усовершенствованный	45	35	15	3,9	То же	

Примечание. Вне скобок указана высота нижней подъемной площадки домкрата, в скобках — высота верхней подъемной площадки.

лубкой, которую удаляют после схватывания бетонной смеси (через двое-трое суток после подливки). Оставшиеся ниши заполняют составом, используемым для подливки.

Таблица 11.3. Характеристика тарельчатых шайб

Диаметр резьбы фундаментного болта, мм	Толщина шайбы, мм	Грузоподъемность шайбы, Н	Максимальная масса устанавливаемого оборудования, т
12	1	31	0,7
16	1,4	58	1,7
20	1,7	88	2,3
24	2	125	3,9
30	2,5	195	7,5
36	3	281	12
42	3,5	384	17
48	4	502	22
56	4,7	687	32

Примечание. Наружный диаметр развертки шайбы 3,8 мм, материал — Ст3.

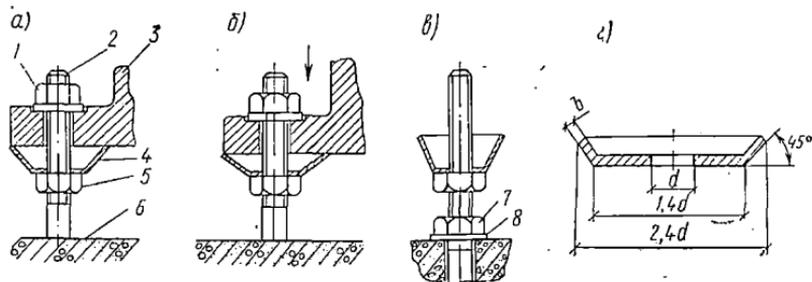


Рис. 2. Выверка оборудования на установочных гайках с использованием тарельчатых шайб

а, б — этапы выверки с использованием забетонированных фундаментных болтов; в — то же, с использованием самоанкерующихся болтов и дюбелей; г — тарельчатая шайба; 1 — крепежная гайка фундаментного болта; 2 — фундаментный болт; 3 — опорная часть оборудования; 4 — тарельчатая шайба; 5 — установочная гайка; 6 — фундамент; 7 — вспомогательная гайка; 8 — шайба

### ВЫВЕРКА НА ЖЕСТКИХ ОПорах

Жесткие опоры (рис. 3) изготовляют на фундаментах с точностью, соответствующей допустимым отклонениям положения оборудования по высоте и горизонтальности. Этим способом выверяют оборудование с механически обработанными установочными поверхностями. После опускания на опоры оборудование выверяют в плане и закрепляют.

Для изготовления жестких опор применяют бетон марки не ниже 200, с наполнителем в виде щебня или гравия фракции 5—12 мм. Удельное давление оборудования на опору не должно превышать 5 МПа. При изготовлении опор в специальную опалубку, на предварительно очищенную и увлажненную поверхность фундамента загружают порцию бетонной смеси до уровня, превышающего на 10—20 мм требуемую отметку. Затем излишки смеси удаляют, выравнивая поверхности опор.

Для повышения точности бетонных опор на них укладывают металлические пластины с механически обработанной опорной поверхностью. Расстояние от пластины до края бетонной опоры не должно быть меньше ширины пластины. Для изготовления бетонных опор с металлическими пластинами бетонную смесь укладывают в опалубку до уровня, который должен быть ниже проектной отметки на  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  толщины пластины. Затем на несхватившийся бетон кладут пластину и легкими ударами молотка погружают ее до проектной отметки, выверяемой нивелиром с точ-

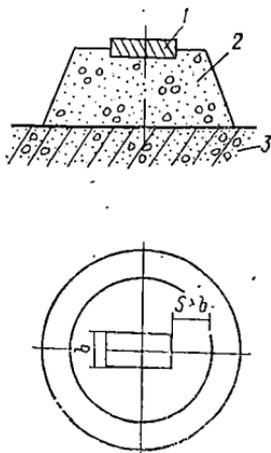


Рис. 3. Бетонная опора с металлической пластиной  
1 — металлическая пластина; 2 — бетонная опора; 3 — фундамент

ностью  $\pm 0,5$  мм. Для достижения более высокой точности (0,05—0,2 мм) следует пользоваться прецизионным нивелиром и рейкой или гидростатическим уровнем. Горизонтальность пластины проверяют с помощью уровня, устанавливаемого на пластину последовательно в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

В процессе выверки допускается точная регулировка высоты опорных элементов добавлением тонких металлических подкладок. Оборудование устанавливают после набора бетоном жестких опор прочности 10 МПа.

## ВЫВЕРКА НА ПАКЕТАХ ПОДКЛАДОК

Пакеты металлических подкладок применяют для выверки, если конструкторской документацией не предусмотрены регулировочные винты и нет условий для использования тарельчатых шайб или инвентарных домкратов. Число и расположение пакетов выбирают, исходя из условий обеспечения устойчивого положения оборудования в процессе установки его на фундаменте, а также исключения недопустимых прогибов опорных частей под действием массы оборудования и усилий предварительной затяжки фундаментных болтов.

Площадь подкладок определяют по формуле

$$F = \frac{G + P n_1}{k n_2 R_{\text{доп}}}$$

где  $F$  — площадь поверхности одной подкладки, м<sup>2</sup>;

$P$  — осевое усилие затяжки фундаментного болта,  $H$  (табл. II.4);

$G$  — масса монтируемого оборудования, кг;

$n_1$  — число фундаментных болтов;

$n_2$  — число пакетов подкладок;

$k$  — коэффициент прилегания подкладки к фундаменту (принимается равным 0,6);

$R_{\text{доп}}$  — допускаемая нагрузка на бетон, МПа.

Т а б л и ц а II.4. Расчетные крутящие моменты и осевые усилия

Диаметр резьбы болта, мм	Крутящий момент, $\times 10$ Н·м	Значение $P$ , 10H	Диаметр резьбы болта, мм	Крутящий момент, $\times 10$ Н·м	Значение $P$ , 10H
12	2,5—3	900	36	80—82	8500
16	6—7	1500	42	120—130	11 500
20	13—14	2500	48	190—195	16 000
24	23—24	3500	56	300—310	25 000
30	45—47	5500	64	440—460	30 000

Допустимая нагрузка  $R_{\text{доп}}$  на бетон марки 150 равна 7,5 МПа, на бетон марки 200—8,5 МПа.

Пакеты набирают из стальных или чугунных подкладок толщиной 5 мм и более. Достижение проектного уровня и горизонтальности оборудования осуществляют в процессе его предварительного закрепления, подбирая регулировочные подкладки толщиной 0,5—5 мм.

Для выверки оборудования подкладки в пакетах должны быть плоскими, без заусенцев, выпуклостей и впадин. Кроме плоских в состав пакета могут входить клиновые и другие, регулируемые по

высо́те, подкладки. Число подкладок в пакете должно быть минимальным и не превышать пяти, включая и тонколистовые, применяемые для окончательной выверки. Подкладки, предназначенные под оборудование массой более 100 т, имеют размеры 250×120 мм. Высота их бывает 40, 60 и 80 мм, а изготавливают их из стали. Подкладки под оборудование массой от 30 до 100 т имеют размеры 200×100 мм. Высота их бывает 20, 30 и 50 мм. Изготавливают их из чугуна или стали. Подкладки под оборудование массой менее 30 т имеют размеры 150×100 мм. Высота их бывает 5, 10, 20 и 30 мм. Их изготавливают стальными. Поверхность бетона фундамента под пакетами подкладок тщательно выравнивают. После окончательной затяжки фундаментных болтов подкладки прихватывают между собой электросваркой.

## Глава 2. ВЫВЕРКА ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОЕКТНОМ ПОЛОЖЕНИИ

Проверку горизонтальности выполняют с использованием оптических устройств, брускового или гидростатического уровня.

К оптическим устройствам относятся нивелиры, коллиматоры и автоколлиматоры.

Для выверки оборудования наибольшее распространение получили глухие нивелиры НГ и НВ-1 и нивелир с перекладной трубой НТ. Нивелиры перед началом работы нуждаются в приведении визирной оси трубы в горизонтальное положение. Для этой цели нивелиры снабжены, кроме цилиндрического уровня, регулировочными винтами.

Новейшие нивелиры имеют самоустанавливающуюся линию визирования. К ним относятся нивелир НСМ-2 Харьковского завода маркшейдерских инструментов, компенсационный нивелир КОНИ-007 народного предприятия «Карл Цейс, Йена», ГДР, нивелир с оптическим компенсатором V-83, выпускаемый промышленностью Венгурской Народной Республики.

В комплект нивелира входит нивелировочная рейка. Рейка представляет собой деревянный брус, лицевая сторона которого покрыта белой эмалевой краской, поверх которой такой же краской нанесены сантиметровые деления. Рейки имеют длину 3 или 4 м, ширину—8—10 и толщину 2—3 см. Точность отсчета зависит от расстояния между нивелиром и рейкой, степени увеличения зрительной трубы и цены деления цилиндрического уровня.

Коллиматор является оптическим устройством, предназначенным для получения пучков параллельных лучей. Это свойство коллиматора используют при выверке оборудования. В фокальной плоскости объектива коллиматора помещают пластинку с перекрестием нитей, которое освещают низковольтной лампочкой. Пластинку с нитями устанавливают по пути прохождения луча последовательно на центремые объекты и по положению следа лучей судят о расположении центремых объектов.

Ленинградское оптико-механическое объединение изготавливает прибор ППС-11, называемый автоколлиматором. Он отличается от коллиматора тем, что пучок параллельных лучей из его трубы, отразившись от установленного перпендикулярно к его направлению

зеркала, возвращается в трубу коллиматора. В окуляре автоколлиматора видно положение отразившегося луча, что используют при выверке узлов машин, на которых последовательно устанавливают зеркало. Его оправка в зависимости от необходимости может иметь различную форму и конструкцию. Автоколлиматор имеет точный уровень, что дает возможность устанавливать его строго горизонтально. Для проверки горизонтальности оборудования широко применяют брусковые уровни; так же как и рамные, они разделяются на три группы в зависимости от цены деления основной ампулы:

Группа	Цена деления, мм/м
1	0,02—0,05
2	0,05—0,1
3	0,1—0,2

При проверке горизонтальности с помощью гидростатического уровня целесообразно использовать прибор «115-2», изготовляемый московским заводом «Калибр». Измерительные головки этого прибора представляют собой небольшие закрытые резервуары со встроенными микрометрическими глубиномерами. Резервуары соединяются между собой рукавами, наполненными водой.

Горизонтальность оборудования проверяют по базовым поверхностям. Для этого на оборудовании заводы-изготовители обрабатывают контрольные площадки, одну размером не менее 200×200 мм или две размером 200×50 мм каждая, для установки на них уровня (уровень при выверке устанавливают в двух взаимно перпендикулярных направлениях). На аппаратах, имеющих вращающиеся части (аппараты с перемешивающими устройствами, центрифуги и др.); базовыми поверхностями для установки уровня могут служить открытые участки валов, к которым имеется доступ без разборки оборудования.

Вертикальность вала проверяют с помощью четырех струн (рис. 4), которые подвешены по осям монтируемого оборудования (например, вертикального насоса) к хомуту, закрепленному на валу через электроизоляционную прокладку. Для измерения расстояния между шейками вала и струнами применяют микроштихмас. С целью облегчения измерений и повышения их точности вал и струны соединяют в электрическую цепь напряжением не более 12 В. Момент касания штихмаса со струной определяют на слух включением в цепь телефонной трубки (при контакте в трубке должен быть слышен треск). При проверке вертикальности с помощью четырех струн вал не проворачивают.

Поверхность вала в местах замера должна быть гладкой и без заборн.

Точность замеров вертикальности вала определяют по формуле

$$P = [(a_1 + b_1) + (c_2 + d_2)] - [(a_2 + b_2) + (c_1 + d_1)].$$

Рис. 4. Выверка вертикальности вала при помощи четырех струн

1, 2 — плоскости замеров

Неточность измерений при сопоставлении восьми замеров не должна превышать 0,02 м. Если неточность превышает этот допуск, то замеры производят повторно.

Величина отклонения вала от вертикали определяется по формуле

$$\Delta l = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2},$$

где  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  — уклон в направлениях  $X$  и  $Y$ .

Величина уклонов равна:

$$\Delta X = \frac{(a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)}{2};$$

$$\Delta Y = \frac{(c_2 - d_2) - (c_1 - d_1)}{2}.$$

Отклонение вала от вертикали определяется величиной  $\Delta l_0 = \Delta l/l$ , где  $l$  — длина участка вала между точками замеров.

Допускаемое отклонение вала от вертикали во всех случаях, специально не оговоренных в рабочих чертежах и инструкциях по монтажу оборудования, не должно превышать 0,02 мм на 1 м длины.

Соосность проверяют двумя методами: центровкой валов по полумуфтам и по струне (для проверки соосности внутренних расточек).

Центровку производят с помощью специальных приспособлений, закрепляемых на полумуфтах. До центровки совмещают метки на полумуфтах, которые для проведения замеров поворачивают одновременно.

Радиальные и торцовые зазоры при центровке измеряют при исходном положении  $0^\circ$  и последующих положениях после поворота валов на  $90$ ,  $180$  и  $270^\circ$  в направлении рабочего вращения.

При каждом положении полумуфт производят один замер радиального зазора и два замера торцевых зазоров (сверху и снизу или справа и слева) между полумуфтами.

Для контроля правильности измерений после четырех замеров необходимо вновь установить полумуфты в первоначальное положение ( $0^\circ$ ), результаты повторных измерений в этом положении должны совпадать с первоначальными. Если данные контрольного замера не совпадают с первоначальными, следует найти причину отклонения и устранить ее. Результаты измерений наносят на круговую диаграмму (рис. 5).

Правильность измерения можно проверить, сопоставив суммы результатов, полученных при измерении на противоположных сторонах полумуфт. Эти суммы должны быть равны между собой. Допускаемое отклонение не должно превышать 0,02 мм.

Результирующая замеров зазоров по торцу в каждой из четырех точек окружности получается определением средней арифметической величины замеров по торцу полумуфт в каждом положении роторов сверху, снизу, справа и слева по следующим формулам:

$$\sigma_{\text{в}} = (\sigma_{\text{в}}^I + \sigma_{\text{в}}^{II})/2; \quad \sigma_{\text{н}} = (\sigma_{\text{н}}^I + \sigma_{\text{н}}^{II})/2;$$

$$\sigma_{\text{п}} = (\sigma_{\text{п}}^I + \sigma_{\text{п}}^{II})/2; \quad \sigma_{\text{л}} = (\sigma_{\text{л}}^I + \sigma_{\text{л}}^{II})/2.$$

Величину полученных замеров по торцу и по окружности приводят к нулю путем вычитания из нее величины наименьшего зазора.

В случае неудовлетворительных результатов центровки и необходимости перемещения агрегата в горизонтальной и вертикаль-

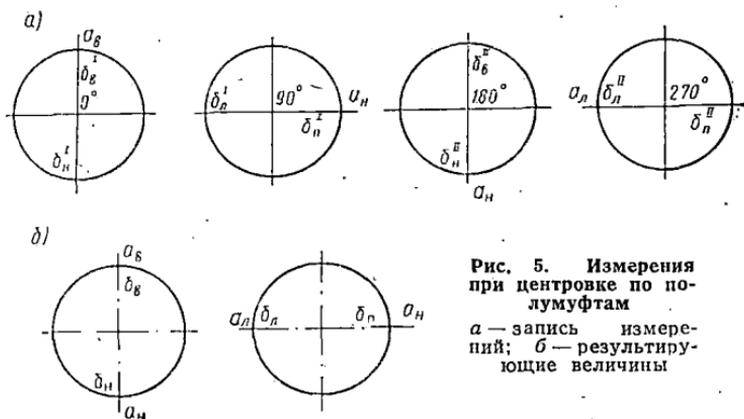


Рис. 5. Измерения при центровке по полумуфтам

а — запись измерений; б — результирующие величины

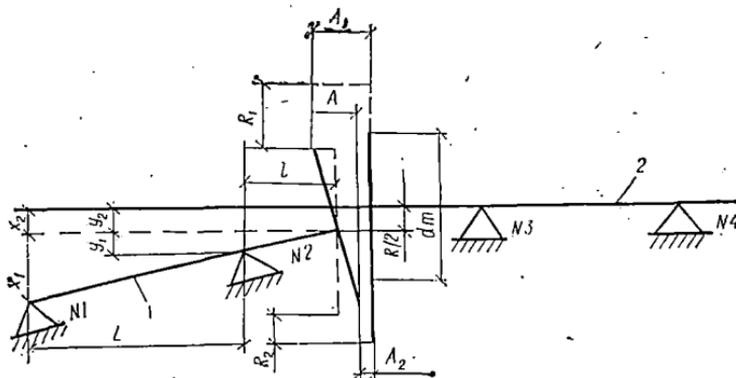


Рис. 6. Корректировка центровки по полумуфтам

1 — вал прицентровываемый; 2 — вал базовый; № 1—4 — подшипники

ной плоскостях величины перемещений определить по нижеследующим формулам (условные обозначения соответствуют рис. 6).

$$x_1 = A(L + l)/d_m; \quad y_1 = Al/d_m;$$

$$x_2 = y_2 = R/2;$$

$$x = x_1 + x_2; \quad y = y_1 + y_2;$$

$$x = A(L + l)/d_m + R/2; \quad Y = Al/d_m + R/2,$$

где  $R = R_1 - R_2$  — величина расцентровки валов по окружности.

$A = A_1 - A_2$  — величина расцентровки валов по торцу.

В зависимости от вида оборудования отклонение валов от соосности не должно превышать допусковых величин (табл. II.5).

Т а б л и ц а П.5. Допуски на перекося и параллельное смещение осей при выверке соосности валов аппаратов с приводом

Перекося, мм/м	Параллельное смещение, мм	Диаметр муфты, мм	Перекося, мм/м	Параллельное смещение, мм	Диаметр муфты, мм
Зубчатая муфта			Упругая муфта со змеевидной пружиной		
0,5	0,3	До 300	1	0,1	До 200
1	0,8	300—500	1	0,2	200—400
1,5	1	500—900	1,5	0,3	400—700
2	1,5	900—1400	1,5	0,5	700—1350
			2	0,7	1350—2500
Пальцевая муфта			Жесткая компенсирующая муфта		
0,2	0,05	До 300	0,8	0,1	До 300
0,2	0,1	300—500	1,2	0,2	300—600

При центровке валов центробежных компрессоров и насосов по полумуфтам допускаемые отклонения при диаметре полумуфты не более 400 мм не должны превышать по торцу: для жесткой муфты — 0,02 мм, полужесткой — 0,04 мм, эластичной (упругой) — 0,05 мм, а по окружности полумуфт — соответственно 0,03, 0,04 и 0,1 мм.

Соосность внутренних расточек деталей проверяют с помощью струны и микрометрического нутромера. Струну первоначально закрепляют так, чтобы она совпадала с осью базовой расточки, затем измеряют отклонение от струны оси второй расточки. При выполнении этих замеров необходимо учитывать провисание струны под действием собственной массы (табл. П.6).

Т а б л и ц а П.6. Величины провисания струны, мм

Длина струны, м	Провисание при расстоянии от центра до точки замера, м												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
4	0,065	0,09	0,1										
5	0,125	0,18	0,22	0,24									
6	0,18	0,26	0,3	0,39	0,4								
7	0,22	0,31	0,39	0,46	0,52	0,55							
8	0,25	0,36	0,45	0,54	0,62	0,68	0,7						
9	0,28	0,4	0,5	0,6	0,7	0,77	0,88	0,86					
10	0,3	0,42	0,54	0,65	0,77	0,86	0,98	1					
11	0,33	0,46	0,59	0,71	0,83	0,94	1,03	1,09	1,14	1,16			
12	0,35	0,5	0,64	0,76	0,9	1,02	1,12	1,2	1,27	1,29	1,32		
13	0,38	0,54	0,69	0,82	0,96	1,09	1,19	1,29	1,36	1,42	1,45	1,46	
14	0,41	0,58	0,74	0,9	1,05	1,17	1,28	1,37	1,45	1,52	1,57	1,6	1,61
15	0,44	0,63	0,8	0,95	1,1	1,24	1,35	1,44	1,53	1,6	1,65	1,7	1,74
16	0,49	0,67	0,86	1	1,15	1,3	1,4	1,5	1,59	1,67	1,74	1,8	1,85

Массу оттягивающего груза принимают в зависимости от диаметра струны:

Диаметр струны, мм	Масса груза, кг
0,3	6,95
0,35	9,45
0,4	12,35
0,45	15,62
0,5	19,29

## Глава 3. СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

### СБОРКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

**Шпоночные соединения.** При соединении деталей применяются клиновые, призматические пазы, сегментные и тангенциальные шпонки. Размеры шпонок и пазов регламентированы следующими стандартами: шпонки призматические обыкновенные — ГОСТ 8789—68\*, шпонки призматические высокие — ГОСТ 10748—68\*; шпонки призматические направляющие — ГОСТ 8790—68; шпонки сегментные — ГОСТ 8794—68\* и ГОСТ 8795—68; шпонки клиновые — ГОСТ 8791—68\*, ГОСТ 8792—68 и ГОСТ 8793—68; шпонки тангенциальные — ГОСТ 8796—68 и ГОСТ 8797—68.

При сборке шпоночных соединений необходимо:  
проверить качество поверхностей собираемых деталей и устранить забоины, заусенцы, задиры и другие дефекты;  
отцентрировать относительно вала отверстие насаживаемой детали;

при выполнении тугих соединений применять специальные приспособления или предварительно нагреть охватываемую деталь.

Качество сборки соединений контролируют, покачивая деталь на валу, перемещая ее вдоль вала, определяя величину биения детали (для уменьшения биения охватываемой детали посадочный зазор должен быть минимальным).

При сборке соединения с клиновой шпонкой следует проверить соответствие уклона паза охватываемой детали углу шпонки (во избежание перекоса детали на валу). Шпонки и пазы значительных размеров перед сборкой надо пришабрить. Клиновая шпонка должна плотно прилегать ко дну паза вала и охватываемой детали и иметь зазоры по боковым стенкам; точность пригонки соединения контролируется пластинками щупа.

Посадку призматической шпонки в паз вала производят легкими ударами медного молотка или специальными нажимными приспособлениями. Установив шпонку, проверяют щупом отсутствие бокового зазора, после чего насаживают охватываемую деталь; точность пригонки определяют по радиальному зазору.

Соединения с клиновыми шпонками разбирают, сдвигая охватываемую деталь с посадочного места в сторону меньшей высоты шпонки, а при креплении детали на конус вала — удаляя шпонку из паза. Клиновую шпонку с головкой извлекают специальным приспособлением, в котором сдвигающее усилие создается силовым винтом; извлечение клиновой шпонки молотком и зубилом запрещается.

Призматические шпонки извлекают винтами-съемниками, для этой цели на шпонке предусмотрены отверстия с резьбой.

**Шлицевые соединения.** Шлицевое соединение обеспечивает более точную (по сравнению со шпоночным соединением) центровку деталей. Распространение получили шлицевые соединения с прямоугольной, эвольвентной, треугольной и трапецеидальной формой зубьев.

Сборка шлицевых соединений состоит из следующих основных операций:

проверяют состояние шлицев собираемых деталей и убеждаются в отсутствии на их поверхности заусенцев, забоин и задиrow;

в тугих соединениях охватываемую деталь напрессовывают специальным приспособлением, а в некоторых случаях предваритель-

но нагревают ее до 353—393 К (сборка таких соединений при помощи молотка не рекомендуется во избежание перекоса охватывающей детали и задира шлицев);

в особо ответственных соединениях проверяют прилегание шлицев по краске;

качество сборки жесткого шлицевого соединения проверяют по величине биения.

Подвижные шлицевые соединения, имеющие скользящую, ходовую или легкоходовую посадку, собирают от руки. Правильно собранное соединение такого типа не должно иметь качки или относительного смещения охватывающей и охватываемой детали под действием крутящего момента, создаваемого вручную.

**Запрессовка.** Наибольшая величина силы  $P$  запрессовки, необходимая при сборке соединений с гарантированным натягом, определяется по формуле

$$P = f \pi D L p,$$

где  $f$  — коэффициент трения при запрессовке, зависящий от материала сопрягаемых деталей, шероховатости их поверхностей и других факторов (величина составляет от 0,02 до 0,3);

$D$  — наружный диаметр охватываемой детали (или внутренний — охватывающей), мм;

$L$  — длина запрессовываемой поверхности, мм;

$p$  — напряжение сжатия на сопрягаемых поверхностях, кгс/мм<sup>2</sup>.

Для облегчения запрессовки нагревают охватывающую деталь или охлаждают охватываемую или то и другое одновременно.

Температуру нагрева в К охватывающей детали определяют по формуле

$$T_H = (d_2 - d_1) / \alpha_1 d_1 + 273,16,$$

где  $d_2$  — диаметр охватываемой детали, мм;

$d_1$  — диаметр охватывающей детали, мм;

$\alpha_1$  — коэффициент линейного расширения нагреваемой детали (табл. II.7).

Т а б л и ц а II.7. Коэффициенты линейного расширения различных металлов и сплавов при нагревании и охлаждении

Материал	$\alpha_{1,2} \times 10^{-6}$	
	при нагревании	при охлаждении
Сталь, стальное литье	11	—8,5
Чугунное литье	10	—8,6
Ковкий чугун	10	—8
Медь	16	—14,4
Бронза	17	—14,2
Латунь	18	—16,7
Алюминиевые сплавы	23	—18,6
Магниевые сплавы	26	—21

Значение  $T_H$  добавляют к первоначальной температуре нагреваемой детали и увеличивают на 15—30% (с учетом охлаждения детали при ее переноске и установке).

Температуру охлаждения в К охватываемой детали определяют по формуле

$$T_0 = \frac{d_2 - d_1 + \Delta_n}{\alpha_2 d_2} + 273,16,$$

где  $d_2$  и  $d_1$  — см. обозначение в предыдущей формуле;  
 $\Delta_n$  — наименьшая величина зазора, обеспечивающая свободное соединение сопрягаемых деталей, мм.

Полученная величина  $T_0$  должна быть вычтена от первоначальной температуры детали.

Детали нагревают в газовой или жидкостной среде (машинном или при высокой температуре — в касторовом масле).

Охлаждают охватываемые детали в холодильных камерах с использованием твердой углекислоты (194,6 К), жидкого азота (температура соответственно 83 и 77,3 К). Расход хладоносителей при охлаждении методом погружения зависит от материала и массы детали (табл. II.8).

Т а б л и ц а II.8. Выбор хладоносителя для охлаждения деталей

Хладоноситель и температура охлаждения	Масса металла, которая может быть охлаждена хладоносителем, кг/кг					
	сталь	чугун	алю-миний	латунь	бронза	медь
Жидкий азот (77,3 К)	2,4	2,1	1,16	2,5	2,45	2,8
Сухой лед со спиртом 94,6 К	16,5	14,4	7,9	17,2	16,7	19,2

Когда необходимо выполнить посадку с большим натягом, охватываемую деталь нагревают, а охватываемую — охлаждают.

**Резьбовые соединения.** Для правильной сборки резьбовых сое-

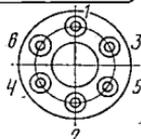
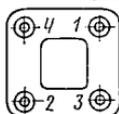
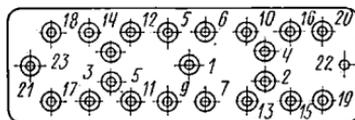
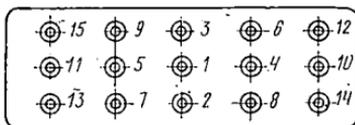
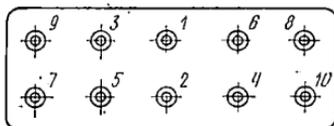
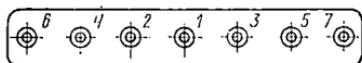


Рис. 7. Порядок затяжки гаек разъемных соединений различной конфигурации

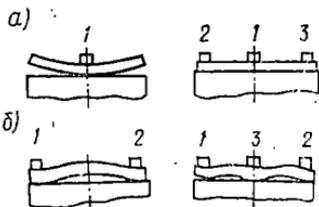


Рис. 8. Сопряжение поверхностей при сборке резьбовых соединений а — правильная последовательность затяжки гаек; б — неправильная последовательность

динений необходимо в материале сопрягаемых деталей создать достаточное и равномерно распределенное по всей сопрягаемой поверхности напряжение упругого сжатия, сохранив одновременно в материале стягивающих крепежных деталей напряжения упругого растяжения. Для этого нужно затягивать винты, гайки и т. п. в определенной последовательности и с определенным крутящим моментом, применяя гаечные ключи с регулируемым крутящим моментом (ГОСТ 7068—54). Определенная последовательность закрепления винтов или гаек на шпильках имеет целью уменьшение возможной погрешности сопряжения деталей, обусловленной их упругими деформациями от середины к краям. Поэтому вначале крепят винты, находящиеся на пересечении осей симметрии сопрягаемых деталей, затем по направлению осей симметрии (крест накрест), переходя постепенно к винтам, расположенным на наибольшем удалении (рис. 7). Крепление винтов или гаек в обратной последовательности или в произвольном порядке вызывает чрезмерную деформацию сопрягаемых деталей, нарушает точность их относительного положения и герметичность соединения (в утрированном виде это показано на рис. 8).

Затягивать винты или гайки следует постепенно. При соединении деталей стальными шпильками их посадку в чугунные или алюминиевые корпусные детали осуществляют с гарантированным натягом по среднему диаметру резьбы для того, чтобы при отвинчивании гаек (в случае разборки соединения) шпилька оставалась на месте.

При завинчивании шпилек важно обеспечить перпендикулярность оси шпильки к плоскости корпусной детали, в противном случае возрастают напряжения в шпильке (табл. II.9).

Т а б л и ц а II.9. Допуски на перпендикулярность установки шпилек

Класс точности	Допускаемое отклонение в мкм при длине выступающей части шпильки, мм		
	до 50	50—125	125—250
1	50	50	75
2	50	75	100
3	75	100	150

## СБОРКА ПОДШИПНИКОВ

Перед сборкой подшипников качения проверяют посадочные места. Для обеспечения компенсации теплового удлинения вала определяют возможность «плавания» наружного кольца подшипника неразъемного типа в расточке корпуса. Свободно перемещаться в расточке должны также наружные кольца регулируемых подшипников. Поэтому при контроле перед сборкой нужно легкими ударами молотка через выколотку «прогнать» подшипник или только его наружное кольцо через расточку корпуса.

Особенно тщательно проверяют галтели и упорные заплечики валов и корпуса, а также размеры посадочных поверхностей вблизи галтелей. Наличие дефектов в этих местах делает невозможным запрессовку подшипников в заплечики валов до упора, что необходимо для правильного восприятия подшипниками осевых нагрузок.

При установке подшипников качения усилие запрессовки определяют по формулам:

$P = 0,15 \rho \pi d B$  — при напрессовке на вал с цилиндрической насадочной поверхностью;

$P = (0,15 + 0,5 k) \rho \pi d B$ , — при напрессовке на вал с конусной шейкой;

$P = 0,15 \rho \pi D B$  — при запрессовке в корпус.

Здесь  $\rho$  — удельное давление посадки;  $d$  — внутренний диаметр подшипника;  $D$  — наружный диаметр подшипника;  $B$  — рабочая ширина посадочного места;  $k$  — конусность посадочного отверстия (для стандартных подшипников  $k=1:12$ ).

При сборке подшипников скольжения вначале проверяют цвет баббитовой заливки. Он должен быть светлым, серебристым. Плотность прилегания слоя баббита к вкладышу определяют, обстукивая вкладыш деревянным молотком (при этом не должно быть дребезжащего звука).

Прилегание нижнего вкладыша к корпусу проверяют по краске. Шейка вала должна лежать по всей длине вкладыша и касаться его на дуге, равной примерно  $60^\circ$ .

Особое внимание при сборке подшипников скольжения необходимо обращать на проверку зазоров и соответствие их указаниям на чертежах. При отсутствии таких указаний величины зазоров принимают по табл. II.10. Зазоры между шейкой вала и боковыми поверхностями вкладыша (развал) проверяют пластинчатым щупом. Для определения зазоров между шейкой вала и баббитовой-заливкой верхнего вкладыша, а также между крышкой корпуса подшипника и верхним вкладышем применяют свинцовую проволоку, по отпечаткам на которой судят о величине зазора и натяга (последний должен быть в пределах  $0,5-2$  мм).

Т а б л и ц а II.10. Величина верхнего зазора во вкладышах

Диаметр шейки вала, мм	Зазор, мм		Диаметр шейки вала, мм	Зазор, мм	
	минимальный	максимальный		минимальный	максимальный
85	0,25	0,35	200	0,5	0,65
100	0,25	0,35	225	0,5	0,65
115	0,25	0,35	255	0,5	0,65
130	0,25	0,35	305	0,75	0,9
145	0,25	0,5	355	0,75	0,9
160	0,38	0,5	400	0,75	0,9

При перезаливке подшипников оставляют припуски на дальнейшую их обработку (табл. II.11).

Т а б л и ц а II.11. Нормальные припуски на обработку

Толщина вкладыша, мм	Диаметр вкладыша, мм	Припуск на обработку (на сторону), мм
6-8	Меньше 50	1-3
10-12		3-5
12-18		5-10
Больше 20	Больше 300	10-15

## СБОРКА ЗУБЧАТЫХ И ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

При сборке зубчатых зацеплений для их правильной работы должна быть обеспечена точность, регламентированная для зубчатых цилиндрических передач в ГОСТ 1643—72, для зубчатых конических передач — в ГОСТ 9368—71, для червячных передач — в ГОСТ 9774—61.

Шабрят и припиливают зубья в случаях сравнительно плохого контакта в зацеплении (при пятне контакта по высоте и длине зуба не менее 10—15%); при более удовлетворительном контакте зацепление прирабатывают (притирают) с абразивными пастами. Сорт и номер зернистости абразивного материала, а также смазывающую жидкость необходимо выбирать с учетом марки стали зубчатых колес и ее твердости. Зубчатые колеса обычно притирают при окружных скоростях не более 1,5—2 м/с (табл. II.12).

Т а б л и ц а II.12. Эффективность различных методов улучшения контакта зубьев цилиндрических передач в редукторах

Модуль, мм	Шабрением, припиловкой		Обкаткой с пастой		Обкатка в масле под нагрузкой	
	до шабрения, припиловки	после шабрения, припиловки	до обкатки	после обкатки	до обкатки	после обкатки
	Степень точности					
До 3	—	—	—	—	40/60	50/70
3—5	15/15	50/70	25/60	50/70	35/65	50/70
5—16	10/15	50/70	30/60	50/70	45/65	50/70
Свыше 16	10/10	50/70	35/60	50/70	45/65	50/70
	Степень точности 7					
До 3	—	—	—	—	35/50	45/60
3—5	15/15	45/60	20/50	45/60	40/55	55/60
5—16	10/10	45/60	25/50	45/60	40/55	45/60
Свыше 16	10/10	45/60	30/50	45/60	40/55	45/60
	Степень точности 8					
До 3	—	—	—	—	30/40	40/50
3—5	10/10	40/50	—	—	35/45	40/50
5—16	10/10	40/50	—	—	35/45	40/50
Свыше 16	10/10	40/50	—	—	35/45	40/50

Примечание. В числителе указано в процентах пятно контакта по высоте зуба, в знаменателе — то же, по длине зуба.

Абразивная паста состоит в основном из смеси абразивного порошка с машинным маслом. Примерный состав притирочной пасты (по массе): солидол — 30%, олеиновая кислота — 2%, стеарин — 10%, абразивный порошок — 58%.

## СБОРКА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ МУФТ

Наиболее распространены упругие втулочно-пальцевые муфты (ГОСТ 21424—75\*), поскольку они могут компенсировать любое смещение соединяемых валов (радиальное, угловое, осевое и комбинации из них) и допускают некоторый угол относительного поворота валов, что сглаживает резкие изменения крутящего момента (рис. 9).

При сборке упругих втулочно-пальцевых муфт необходимо: ус-

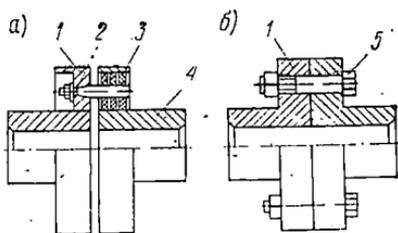


Рис. 9. Втулочно-пальцевая (а) и фланцево-открытая жесткая (б)

1 — полумуфты; 2 — пружинная шайба; 3 — резиновые втулки; 4 — палец с коническим хвостовиком; 5 — призонный болт.

тановить в соответствии с чертежами зазор между полумуфтами; подготовить соединительные пальцы и упругие втулки (обычно изготавливаются из резины); установить пальцы с втулками в полумуфты и затянуть гайки; проверить возможность поворота одной полумуфты относительно другой на 2—3 мм по дуге (такое смещение обеспечивается зазором между упругими втулками и отверстиями в полумуфте); зашплинтовать гайки пальцев.

Фланцевые открытые муфты изготавливают по ГОСТ 20761—75 и служат для соеди-

нения валов при передаче крутящего момента без уменьшения динамических нагрузок; для стальных муфт передаваемый крутящий момент находится в пределах от 16 до 40 000 Н·м.

Жесткие муфты следует собирать в такой последовательности: проверить торцевые поверхности полумуфт (они не должны иметь задиrow, заусенцев); подготовить отверстия в полумуфтах для установки призонных болтов (в необходимых случаях производят развертку отверстий); совместить риски на полумуфтах; промаркировать призонные болты, при этом болты вместе с гайками, устанавливаемые в диаметрально противоположных отверстиях, должны иметь одинаковую массу (во избежание возникновения небаланса при рабочем вращении валов); установить болты в отверстия полумуфт легкими ударами молотка; затянуть гайки в нужной последовательности; проверить щупом равномерность затяжки (щуп толщиной 0,02 мм не должен входить в места сопряжения полумуфт).

#### Глава 4. МОНТАЖ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

При установке фундаментных плит электрических машин на металлические подкладки плиты, имеющие нижние полки (подошву), должны быть установлены на подкладки и клинья, уложенные только в местах сосредоточенных нагрузок, т. е. под подшипниковыми стойками, под лапами станин и с двух сторон фундаментных (анкерных) болтов. Плиты без нижних полок устанавливают на подкладки и клинья, уложенные под ребра, расположенные в непосредственной близости от фундаментных болтов, под подшипниковые стойки, под лапы станин и под остальные ребра таким образом, чтобы расстояние между осями подкладок было не более 1 м.

При монтаже электрических машин на бетонных фундаментах бесподкладочным способом установку и выверку фундаментных плит производят при помощи установочных винтовых или клиновых домкратов.

Сегментные подшипники генераторов повышенной частоты, имеющие вкладыши из отдельных сегментов с баббитовой наплавкой, регулируют и пригоняют предварительно по цилиндрическому шаб-

лону с полированной поверхностью, диаметр которого на 0,2 мм больше диаметра шейки вала. Норма поверхности соприкосновения сегмента вкладыша с шаблоном — не менее 2—3 пятен на 1 см<sup>2</sup>.

Выверку и регулировку воздушных зазоров между статором и ротором электрических машин производят после того, как валы окончательно сцентрированы. Зазоры измеряют щупом с обеих сторон ротора или якоря в следующих местах: у машин с явно выраженными полюсами — в четырех или восьми точках (в зависимости от диаметра), у машин с явно выраженными полюсами — под каждым полюсом. Допускаемая разница воздушных зазоров между наибольшими и наименьшими значениями не должна превышать величин, указанных в инструкциях заводов-изготовителей, а при отсутствии их необходимо руководствоваться следующими данными: у асинхронных машин — 10%, у синхронных машин с частотой вращения до 250 об/мин и выше — 5%, у машин постоянного тока с петлевой обмоткой при зазоре под главными полюсами до 3 мм — 10%; а при зазоре свыше 3 мм — 5%; в машинах с волновой обмоткой разрешаются допуски в 2—2,5 раза больше указанных; разница в величинах зазоров между якорем и дополнительными полюсами должна быть не более 5%.

У генераторов повышенной частоты, имеющих воздушные зазоры 0,9—1,9 мм, их измеряют как на неподвижной машине с помощью щупа, тесламетра и милливерметра, так и при вращении якоря с помощью измерительных катушек, заложенных в статор на заводе-изготовителе. Коллектор и щеточное устройство должны удовлетворять следующим требованиям:

биение коллектора (по индикатору) допускается для коллекторов диаметром: до 250 мм — не более 0,02 мм, 300—600 мм — не более 0,03—0,04 мм, 700 мм и более — 0,06 мм;

коллекторы, имеющие неровности: до 0,2 мм должны быть отполированы, 0,2—0,5 мм — отшлифованы, более 0,5 мм — проточены; величина зазора между щеткодержателями и коллектором должна быть 3—4 мм;

сопротивление изоляции частей щеточного устройства должно быть не менее 1 МОм на 1 кВ напряжения.

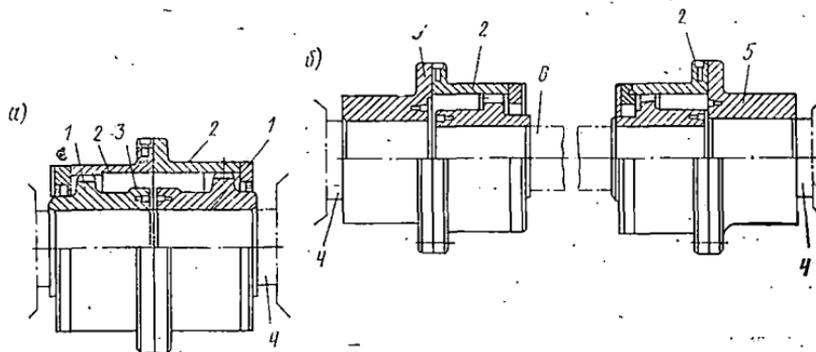


Рис. 10. Зубчатые муфты

а — зубчатая муфта: б — муфта с зубчатыми втулками на промежуточном валу; 1 — зубчатая втулка; 2 — зубчатая обойма; 3 — бурт для проверки соосности валов; 4 — соединяемый вал; 5 — полумуфта на соединенном валу; б — промежуточный вал

Зубчатые муфты общего назначения изготовляют с центрированием обойм по сферической поверхности выступов зубьев втулок. Муфты применяют для соединения горизонтальных соосных валов, передающих крутящие моменты в пределах от 710 до 1 000 000 Н·м. Муфты типа МЗ служат для непосредственного соединения валов, муфты МЗП для соединения валов с применением промежуточного вала. Они представляют собой комплект из двух муфт, каждая из которых состоит из зубчатой втулки, обоймы и фланцевой полу-муфты (рис. 10).

При сборке зубчатых муфт необходимо: проверить состояние зубьев на втулках и обоймах; проверить посадку зубчатых втулок на соединяемые ими промежуточные валы, очистить маслоподводящие каналы, предназначенные для подачи смазки к зубчатым зацеплениям муфт; проверить торцевой зазор между зубчатыми втулками (или между полумуфтами при использовании промежуточного вала); сверить с чертежом расстояние между зубчатыми обоймами и корпусами подшипников; совместить метки на зубчатых втулках и обойме; собрать муфту и проверить четкость осевого перемещения обоймы относительно зубчатых втулок.

## Глава 5. ЗАКРЕПЛЕНИЕ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### ДЕТАЛИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТАХ

Болты для крепления оборудования по своему назначению делятся на конструктивные и расчетные (силовые).

Конструктивные болты служат для фиксации оборудования на фундаментах и для предотвращения случайных смещений. Расчетные воспринимают нагрузки, которые возникают при работе оборудования.

В зависимости от способа установки фундаментные болты подразделяются на следующие основные виды: устанавливаемые непосредственно в массив фундамента (глухие); устанавливаемые в массив фундамента с изолирующей трубой (съемные); устанавливаемые в готовые фундаменты в просверленные скважины (глухие и съемные); устанавливаемые в колодцах (болты глухие).

Глухие болты, устанавливаемые непосредственно в массив фундамента, могут выполняться с отгибами и с анкерными плитами. Болты с отгибами, как наиболее простые в изготовлении, применяют в случаях, когда высота фундаментов не зависит от глубины заделки болтов в бетон. Болты с анкерными плитами, имеющие меньшую глубину заделки в бетон по сравнению с болтами, имеющими отгибы, применяют в случаях, когда высота фундамента определяется глубиной заделки болтов в бетон. Съемные болты, устанавливаемые в массив фундамента с изолирующей трубой, применяют для крепления оборудования, при работе которого возникают большие динамические нагрузки, а также в случаях, когда болты в процессе эксплуатации подлежат возможной замене.

Болты, устанавливаемые в готовые фундаменты в просверленные скважины, подразделяются на прямые (закрепляемые с помо-

шью эпоксидного клея) и конические (закрепляемые с помощью цементной зачеканки, распорных цанг и втулок). Применение этих болтов предпочтительно во всех случаях, когда имеется такая возможность по технологическим и монтажным условиям.

Болты, устанавливаемые в колодцах, допускается применять только в тех случаях, когда невозможно установить их в просверленные скважины.

Шпильки расчетных болтов изготовляют: при расчетной температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и выше — из стали марок ВСтЗпс6 и ВСтЗпс5; при расчетной температуре ниже минус  $40^{\circ}\text{C}$  до минус  $65^{\circ}\text{C}$  — из стали марок ВСтЗпс5, ВСтЗпс3 (ГОСТ 380—71\*), 09Г2С и 10Г2С1 (ГОСТ 19281—73) с гарантиями по ударной вязкости не ниже  $30 \text{ Дж/см}^2$  при температуре испытания минус  $40^{\circ}\text{C}$ . Шпильки конструктивных болтов во всех случаях допускается изготовлять из стали марки ВСтЗкп2 по ГОСТ 380—71\*.

Гайки фундаментных болтов изготовляют по ГОСТ 5915—70\*, шайбы — по ГОСТ 11371—68\* или 9065—75.

### ТРЕБОВАНИЯ К КОНТРОЛЮ ЗА УСИЛИЯМИ ЗАТЯЖКИ ФУНДАМЕНТНЫХ БОЛТОВ

Фундаментные болты затягивают, обеспечивая требуемый крутящий момент не более:

Диаметр резьбы	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 30	M 36	M 42	M 48
Момент, Н·м	12	24	60	100	250	550	950	1 500	2 300

Расчетные болты затягивают на величину крутящего момента  $M_{кр}$  (Н·м), определяемого по формуле

$$M_{кр} = V_3 \xi, \quad (1)$$

где  $V_3$  — усилие затяжки, определяемое по формулам (2) и (3);

$\xi$  — коэффициент, учитывающий геометрические размеры резьбы, а также трение на торце гайки и в резьбе (табл. II.13).

Т а б л и ц а II.13. Значения коэффициента  $\xi$

Диаметр резьбы	Коэффициент	Диаметр резьбы	Коэффициент
M10	$2 \cdot 10^{-3}$	M56	$1,4 \cdot 10^{-2}$
M12	$2,4 \cdot 10^{-3}$	M64	$1,7 \cdot 10^{-2}$
M16	$3,2 \cdot 10^{-3}$	M72×6	$1,9 \cdot 10^{-2}$
M20	$4,4 \cdot 10^{-3}$	M80×6	$2,1 \cdot 10^{-2}$
M24	$5,8 \cdot 10^{-3}$	M90×6	$2,3 \cdot 10^{-2}$
M30	$7,5 \cdot 10^{-3}$	M100×6	$2,5 \cdot 10^{-2}$
M36	$9 \cdot 10^{-3}$	M110×6	$2,8 \cdot 10^{-2}$
M42	$1,1 \cdot 10^{-2}$	M125×6	$3,2 \cdot 10^{-2}$
M48	$1,2 \cdot 10^{-2}$	M140×6	$3,5 \cdot 10^{-2}$

Величина  $V_3$  при вертикальных статических и динамических нагрузках определяется по формуле

$$V_3 = K_{ст} (1 - \chi) P, \quad (2)$$

где  $K_{ст}$  — коэффициент стабильности затяжки (в зависимости от вида стыка «фундамент — оборудование» и типа болта составляет 1,3—2,5);

$\chi$  — коэффициент нагрузки (в зависимости от вида стыка «фундамент — оборудование» и типа болта составляет 0,2—0,65);

$P$  — расчетная нагрузка, действующая на болт.

Величина  $V_3$  для восприятия горизонтальных (сдвигающих) сил в плоскости стыка «фундамент — оборудование» определяется по формуле

$$V_3 = K_{ст} \frac{Q - Gf}{nf}, \quad (3)$$

где  $Q$  — расчетная сдвигающая нагрузка, действующая в плоскости стыка «фундамент — оборудование»;

$G$  — масса оборудования;

$f$  — коэффициент трения, принимаемый равным 0,3 при бесподкладочном монтаже и 0,2 при других способах монтажа;

$n$  — количество болтов.

Расчетные болты с диаметром резьбы свыше М64 следует затягивать после предварительной вытяжки специальными гидравлическими ключами с контролем усилия по манометру или удлинению. Затяжку производят равномерно: для конструктивных болтов — в два «обхода», для расчетных болтов — не менее чем в три «обхода».

При бесподкладочном монтаже вначале выполняют предварительную (частичную) затяжку до напряжения в болтах 10—20 МПа, а затем окончательную затяжку после достижения бетоном подливки прочности не менее 70% проектной.

Стопорение гаек фундаментных болтов для предотвращения их от самоотвинчивания производят контргайками, пружинными шайбами (по ГОСТ 6402—70\*) и стопорными шайбами с лапками. После комплексного опробования оборудования гайки болтов вновь затягивают на величину расчетного усилия затяжки.

## ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В соответствии со СНиП III-31-74 «Правила производства и приемки работ. Технологическое оборудование. Основные положения» смонтированное оборудование подвергают следующим индивидуальным испытаниям:

на плотность и прочность — сосуды и аппараты, а также системы смазки и охлаждения;

вхолостую — компрессоры (за исключением центробежных), насосы, механизмы и аппараты с приводом;

под нагрузкой — компрессоры, насосы, механизмы и аппараты с приводом.

В тех случаях когда проведение индивидуальных испытаний под нагрузкой невозможно в отрыве от испытаний смежного оборудования и коммуникаций, они проводятся при комплексном опробовании оборудования. Объем, условия и продолжительность индивидуальных испытаний каждого вида оборудования должны соответствовать требованиям стандартов, технических условий и указаниям заводов-изготовителей.

Испытание оборудования, подконтрольного органам государственного надзора, производят в соответствии с требованиями правил, утвержденных этими органами. Сосуды и аппараты, поступающие на строительство полностью собранными и испытанными на заводе-изготовителе, индивидуальным испытаниям на плотность и прочность не подвергают, за исключением случаев, когда в процессе транспортирования или монтажа оборудования получены повреждения или с момента отгрузки оборудования с завода-изготовителя прошло более 12 мес, а также в случае применения при монтаже

сосудов и аппаратов сварки, пайки или вальцовки элементов, работающих под давлением.

К началу индивидуального испытания оборудования вхолостую должны быть смонтированы системы защиты электрооборудования и защитного заземления, системы смазки, водяного и масляного охлаждения и установлены контрольно-измерительные приборы, предусмотренные проектом.

Индивидуальные испытания оборудования вхолостую проводит монтажная организация. Время начала индивидуального испытания оборудования под нагрузкой устанавливается совместно представителями монтажной организации, заказчика и персонала шефмонтажа (если таковой участвует в монтаже), а само испытание проводится по совместному приказу дирекции предприятия и руководства генподрядной организации, в котором указывается порядок проведения испытаний. Для проведения индивидуальных испытаний заказчик выделяет ответственное лицо из числа инженерно-технических работников, уполномоченное на подачу и снятие напряжения с электроустановок. Оборудование, подконтрольное соответствующим органам государственного надзора, должно испытываться с участием представителей этих органов.

В настоящей главе даны общие требования к проведению испытаний, специальные требования содержатся в соответствующих главах по монтажу оборудования.

**Испытания на прочность и плотность.** Испытанию на прочность пробным гидравлическим давлением подлежат сосуды и аппараты, работающие под давлением 0,07 МПа. Пробным (испытательным) давлением называется давление, при котором испытывают сосуд или аппарат для определения его прочности. Величина пробного давления при гидравлическом испытании сосудов и аппаратов, предназначенных для работы при температуре стенок до 200°C, составляет: для всех сосудов и аппаратов (кроме литых) с рабочим давлением  $P$  менее 0,5 МПа —  $1,5P$ , но не менее 0,2 МПа; для тех же сосудов и аппаратов при рабочем давлении 0,5 МПа и выше —  $1,25P$ , но не менее  $P + 0,3$  МПа. Для литых сосудов и аппаратов пробное давление составляет  $1,5P$ , но не менее 0,3 МПа.

Гидравлическое испытание сосудов и аппаратов, работающих при температуре от 200 до 400°C, производится давлением, превышающим рабочее не менее чем в 1,5 раза, а при рабочей температуре свыше 400°C — давлением, превышающим рабочее не менее чем в 2 раза.

Такую величину пробного давления при гидравлическом испытании оборудования, работающего с температурой стенок свыше 200°C, определяют по формуле

$$P_{пр} = 1,25 [\sigma_T^{20} / [\sigma_T^t]] P,$$

где  $[\sigma_T^{20}]$ ,  $[\sigma_T^t]$  — допустимые напряжения по пределу текучести при  $t = 20^\circ\text{C}$  и при рабочей температуре, МПа;  $P$  — рабочее давление, МПа.

Гидравлическое испытание производят при удовлетворительных результатах внутреннего осмотра. Перед повышением давления необходимо убедиться в отсутствии воздуха в сосуде или аппарате. Если для гидравлического испытания сосуд был заполнен холодной водой и на его стенках появилась роса, то испытание производят только после высыхания стенок сосуда. При гидравлическом испы

тании давление надо повышать и снижать плавно. Измеряют давление контрольным манометром.

Под пробным давлением сосуд должен находиться 5 мин, затем давление постепенно снижают до рабочего и осматривают сосуд, обращая особое внимание на сварные швы и вальцовочные соединения. Если во время испытания внутри сосуда слышны удары, шум и стук или если резко падает давление, то испытание прекращают и осматривают сосуд до установления их причин и возможных повреждений.

Сосуд и аппарат признается выдержавшим испытание, если в нем не окажется признаков разрыва, течи и отпотевания в сварных швах, видимых остаточных деформаций после испытания.

Сосуды и аппараты, работающие под давлением ниже 0,07 МПа, испытывают гидравлическим давлением 0,2 МПа, а работающие при атмосферном давлении — наливая в них воду (с выдержкой в течение 4 ч и обстукиванием сварных швов молотком). В отдельных случаях испытание производят, смачивая керосином сварные швы. Время выдержки при этом приведено ниже.

Толщина шва, мм	Выдержка при нижнем шва	Выдержка при потолочном и вертикальном расположении шва
До 4	20	130
4—10	25	35
Св. 10	30	40

Испытание на плотность пневматическим давлением выполняют только после проведения испытаний на прочность. Испытывают воздухом или азотом при рабочем давлении. Воздух должен быть очищен от масла и осушен. Давление повышают, причем время повышения давления до 0,1 МПа должно составлять 15—20 мин, от 0,1 МПа до 1 МПа — 60—90 мин, от 1 до 5 МПа — также 60—90 мин, от 5 до 10 МПа — 30—40 мин и т. д. При пневматическом испытании запрещается обстукивание или какие-либо удары по корпусу сосуда, находящегося под давлением. Время наблюдения за падением избыточного испытательного давления 24 ч. Падение давления определяют по формуле

$$\Delta p = \frac{100}{\tau} \left( 1 - \frac{P_k T_k}{P_n T_n} \right),$$

где  $\Delta p$  — величина падения давления в ч (% испытательного давления);  
 $P_n$  — сумма манометрического и барометрического давлений в начале испытаний, МПа;  
 $P_k$  — то же, в конце испытаний;  
 $T_n$  — абсолютная температура в начале испытания, К;  
 $T_k$  — то же, в конце испытаний;  
 $\tau$  — время испытания, ч.

Сосуд или аппарат признается выдержавшим испытание на плотность, если падение давления за 1 ч не превышает 0,1% при токсичных и 0,2% при пожаро- и взрывоопасных средах.

**Испытания вхолостую и под нагрузкой.** Если привод оборудования предусмотрен через соединительную муфту или клиноременную передачу, то до начала испытаний электродвигатель обкатывают вхолостую при разъединенных подмуфтах или снятых ремнях.

Обкатку продолжают до достижения нормальной температуры подшипников, но не менее 2 ч.

При подготовке оборудования к испытанию вхолостую:

заполняют маслобак и камеры подшипников маслом через фильтрующие сетки и марлю до контрольных отметок на маслоуказателях;

проверяют свободное вращение ротора (вала) поворотом на 1—2 оборота;

промывают маслопроводы системы принудительной смазки от пускового маслососа прокачкой масла, минуя подшипники;

проверяют смазку зубчатых соединительных муфт;

проверяют охлаждение межступенчатого оборудования, сальников и воздухоохладителя электродвигателя;

проверяют открытие и закрытие всех задвижек и вентилях на основных и вспомогательных трубопроводах;

проверяют правильность направления вращения ротора коротким включением электродвигателя;

проверяют затяжку резьбовых соединений;

окончательно собирают соединительные муфты после повторной проверки соосности валов и определения правильности направления вращения ротора электродвигателя.

При испытании вхолостую должны быть достигнуты:

спокойная работа оборудования без резких стуков и чрезмерного шума;

нормальная работа подшипников (температура подшипников скольжения не должна превышать 65°C, а подшипников качения — 60—100°C в зависимости от их серии и размеров, применяемой смазки и температуры окружающей среды);

устойчивое нормальное давление масла в системах принудительной смазки и надежная блокировка электропитания оборудования при падении давления масла;

бесперебойное поступление масла во все места смазки и отсутствие его утечки из соединений маслопроводов и корпусов подшипников;

бесперебойная работа систем водяного или воздушного охлаждения;

нормальная работа лабиринтных, торцовых и сальниковых уплотнений.

Продолжительность испытания оборудования вхолостую, ч:

Компрессоры:

поршневые воздушные и газовые горизонтальные . . . . .	10
вертикальные . . . . .	6
поршневые холодильных установок горизонтальные . . . . .	24
вертикальные . . . . .	12
ротационные пластячатые . . . . .	2
Насосы . . . . .	2
Аппараты с приводом . . . . .	2

Примечания. 1. Центробежные компрессоры вхолостую не испытываются.

2. При наличии специальных указаний завода-изготовителя продолжительность испытаний может быть изменена.

До сдачи в комплексное опробование компрессоры, кроме поршневых компрессоров холодильных установок, подвергают индивидуальным испытаниям под нагрузкой. Насосы и аппараты с приводом испытывают под нагрузкой при комплексном опробовании.

Испытание под нагрузкой состоит из пробных пусков с постепенным увеличением рабочих параметров (давления, производительности

сти и др.) и остановок (для осмотра и устранения неполадок), а также непрерывного испытания. В процессе испытания оборудования под нагрузкой должно быть достигнуто то же, что и при испытании вхолостую (см. выше) и, кроме того, определена допустимая величина амплитуды вибраций подшипников:

Частота вращения ротора, с <sup>-1</sup>	900	1200	1500	1800	2400	3000	3600	5000	7200 и более
Амплитуда, мм	0,25	0,2	0,12	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,1

Компрессоры под нагрузкой испытывают воздухом, за исключением случаев, оговоренных в указаниях завода-изготовителя. Режим испытания газового компрессора под нагрузкой воздухом должен соответствовать заводской инструкции, при этом не допускается перегрузка компрессора и электродвигателя. Температура воздуха на линии нагнетания не должна превышать 160°C. Если под нагрузкой испытывают поршневой компрессор, имеющий на линии нагнетания ресивер, искусственное сопротивление для образования противодействия создают задвижкой, расположенной по ходу воздуха за ресивером.

Продолжительность непрерывного испытания оборудования под нагрузкой (ч) приведена ниже:

Компрессоров:

поршневых воздушных и газовых горизонтальных	48
вертикальных	24
центробежных	24
ротационных пластинчатых	8
Насосов и аппаратов с приводом	4

Примечание. Поршневые компрессоры холодильных установок при монтаже под нагрузкой не испытываются.

**Комплексное опробование оборудования** выполняется после окончания индивидуальных испытаний. Опробование производят в нейтральной среде или с выдачей продукции. Вид и продолжительность комплексного опробования в зависимости от характера производства определяются правилами, приемки в эксплуатацию законченных строительством предприятий, объектов и цехов различных отраслей промышленности, утвержденными соответствующими министерствами и ведомствами СССР по согласованию с Госстроем СССР.

При отсутствии указаний о характере и продолжительности комплексного опробования они устанавливаются рабочей комиссией, назначенной министерством-заказчиком. Продолжительность комплексного опробования, как правило, не должна превышать 72 ч нормальной бесперебойной работы на эксплуатационном режиме.

Комплексное опробование оборудования производится заказчиком с участием представителей проектных, подрядных строительных и монтажных организаций, а при необходимости и заводов-изготовителей оборудования.

Участие монтажных организаций в комплексном опробовании заключается в несении их техническим и рабочим персоналом одновременно с эксплуатационным персоналом круглосуточного дежурства для наблюдения за работой оборудования и принятия мер к немедленному устранению дефектов монтажа, выявленных в период комплексного опробования.

## ПРИЕМО-СДАТОЧНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При монтаже оборудования оформляется следующая документация: акт приемки оборудования в монтаж (по форме ЦСУ СССР № М-25); акт о некомплектности и дефектах оборудования (по форме ЦСУ СССР № М-27); акт готовности объекта строительства к производству монтажных работ; акт готовности фундамента к установке оборудования; акт о снятии пломб с оборудования; акт проверки правильности установки оборудования на фундаменте; акт на скрытые работы по монтажу оборудования; акт испытания на плотность и прочность; акт испытания систем смазки, гидравлики и пневматики; акт испытания вхолостую и под нагрузкой; монтажные и сварочные формуляры.

При монтаже компрессоров и насосов дополнительно оформляют акты на механическую и химическую очистку, промывку и прокачку маслосистемы, поступающей на монтаж в разобранном виде, на очистку и продувку всасывающих и межступенчатых трубопроводов и аппаратуры; на монтаж механической части электродвигателей; центровки валов по полумуфтам (этот акт оформляется при монтаже любого оборудования, не устанавливаемого с приводом на общей фундаментной плите или раме); на присоединение трубопроводов; акт об обезжиривании (для кислородных компрессоров).

Кроме того, при сдаче смонтированного оборудования монтажная организация предъявляет комиссии полученный от заказчика комплект рабочих чертежей на монтаж оборудования. В нем ответственные за производство монтажных работ лица делают записи о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или внесенным в них изменениям.

## Раздел III. МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА КОМПРЕССОРОВ

### Глава 1. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

#### КОНСТРУКЦИЯ

Компрессорами называют машины, предназначенные для сжатия и перемещения газов. Поршневые относят к разряду компрессоров объемного действия, в которых газ сжимается и перемещается в замкнутом пространстве, изменяя свой объем. В поршневых компрессорах таким пространством является рабочий цилиндр, а органом, воздействующим на газ с целью изменения его объема — поршень.

Поршневые компрессоры различаются:

1. По принципу действия — с цилиндрами простого и двойного действия, а также с дифференциальным цилиндром.

2. По числу ступеней сжатия — одноступенчатые, двухступенчатые, трехступенчатые и более. Обычно число ступеней не превышает семи.

3. По числу цилиндров — одноцилиндровые, двухцилиндровые, трехцилиндровые и более.

4. По числу рядов, в которых располагаются цилиндры, — однорядные, двухрядные и многорядные.

5. По ориентации цилиндров в плоскости — горизонтальные, вертикальные, угловые, V-образные, звездообразные.

6. По устройству кривошипно-шатунного механизма — на бескрейцкопфные и крейцкопфные.

В одноступенчатом компрессоре простого действия (рис. 11) газ сжимается при движении поршня влево.

В одноступенчатом компрессоре двойного действия каждый ход поршня является рабочим: газ сжимается по обе стороны поршня. По конструкции он сложнее, чем компрессор одинарного действия, но по производительности почти вдвое выше.

Для охлаждения сжатого газа цилиндр и крышку компрессора снабжают водяными рубашками.

Одноцилиндровые компрессоры изготовляют на давление не выше 1 МПа. Более высокие давления достижимы в многоступенчатых компрессорах. Многоступенчатые компрессоры изготовляют с последовательным расположением цилиндров и посадкой поршней на один вал, параллельным расположением цилиндров, с расположением цилиндров под углом. Так как объем газа после каждой ступени сжатия уменьшается, каждый последующий цилиндр в многоступенчатом компрессоре меньше предыдущего. Газ охлаждается в холодильниках между ступенями сжатия (рис. 12).

**Крупные горизонтальные компрессоры** с взаимно противоположным движением поршней относительно коленчатого вала называют оппозитными. Основные сборочные единицы оппозитных компрессоров нормализованы. Оппозитная база состоит из станины коленчатого вала, шатунов, крейцкопфов и направляющих, механизма проворачивания коленчатого вала, системы циркуляционной смазки, кривошипно-шатунного механизма. Привод компрессоров —

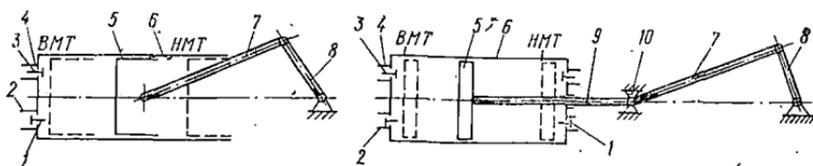


Рис. 11. Схемы одноступенчатых поршневых компрессоров

а — бескрейцкопфного простого действия; б — крейцкопфного двойного действия; 1 — нагнетательный клапан; 2 — нагнетательный патрубок; 3 — всасывающий клапан; 4 — всасывающий патрубок; 5 — поршень; 6 — цилиндр; 7 — шатун; 8 — кривошип коленчатого вала; 9 — шток; 10 — крейцкопф; ВМТ — верхняя мертвая точка; НМТ — нижняя мертвая точка

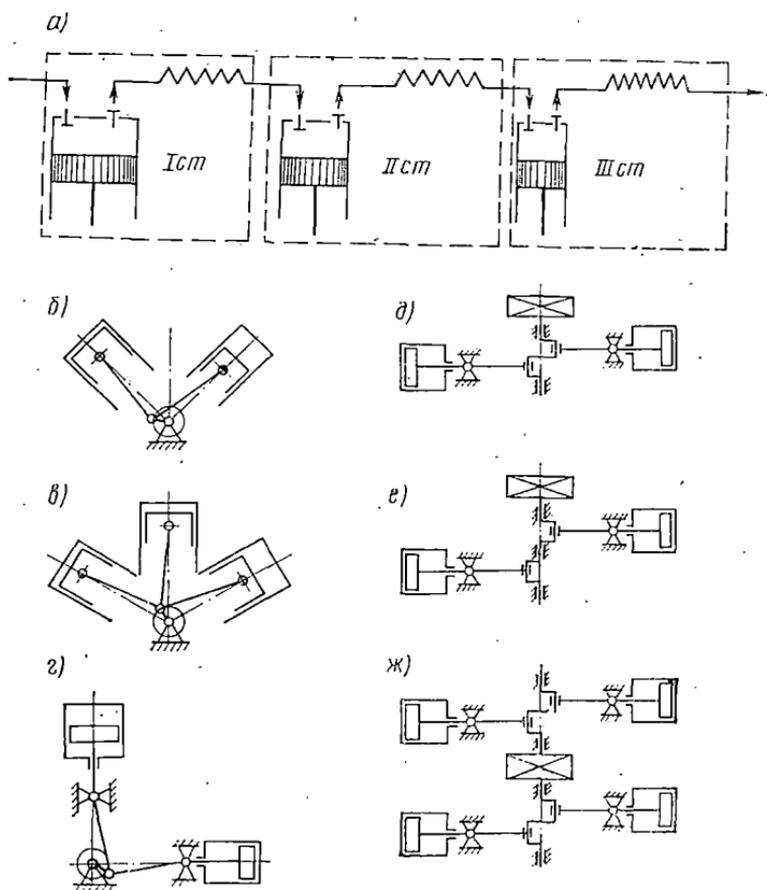


Рис. 12. Принципиальные схемы многоступенчатых компрессоров

а — охлаждение газа в холодильниках; б — вертикальное V-образное; в — W-образное; г — прямоугольное расположение цилиндров; д, е, ж — горизонтальное, оппозитное расположение цилиндров

синхронные электродвигатели или двигатели внутреннего сгорания. Электродвигатели соединяются с коленчатым валом компрессора двумя способами: ротор электродвигателя насаживают на консольную часть коленчатого вала; один конец вала электродвигателя при помощи фланца жестко соединяют с коленчатым валом компрессора, а второй опирают на выносной подшипник.

Двигатель внутреннего сгорания соединяют с компрессором эластичной муфтой и промежуточным валом.

Основными параметрами базы являются поршневая сила, ход поршня и частота вращения вала в минуту.

В зависимости от числа рядов цилиндров и расстояния между ними каждая база может иметь несколько модификаций, у которых унифицированы шатуны, крейцкопфы, направляющие крейцкопфов, коренные подшипники и механизм проворачивания коленчатого вала (табл. III.1).

Т а б л и ц а III.1. Характеристики поршневых компрессоров

Модификация	Ход поршня, мм	Частота вращения, мин <sup>-1</sup>	Средняя скорость поршня, м/с	Расстояние между рядами, мм	Наибольшая мощность на валу компрессора, кВт
2M10	220	500	3,67	1380	430
	220	500	4,4	1380	580
4M10	220	500	3,67	1380	960
	220	600	4,4	1380	1160
6M10	220	500	3,67	1380	1450
	220	600	4,4	1380	1740
2M16	320	375	4	1850	825
	320	500	5,33	1850	1100
4M16	320	375	4	1850	1650
	320	500	5,33	1850	2200
6M16	320	375	4	1450 и 1850	2475
	320	500	5,33	1450 и 1850	3300
8M16	320	375	4	1450 и 1850	3300
	320	500	5,33	1450 и 1850	4400
4M25	400	300	4	1650 и 2150	2510
	400	375	5	1650 и 2150	3140
6M25	400	300	4	1650 и 2150	3770
	400	375	5	1650 и 2150	4710
8M25	400	300	4	1650 и 2150	5020
	400	375	5	1650 и 2150	6280
4M40	450	250	3,75	1800 и 2400	3770
	450	300	4,5	1800 и 2400	4500
6M40	450	250	3,75	1800 и 2400	5650
	450	300	4,5	1800 и 2400	6750
8M40	450	250	3,75	1800 и 2400	7550
	450	300	4,5	1800 и 2400	9000

Условное обозначение базы состоит из буквы и цифр. Буква М означает многорядность; цифры — номинальную поршневую силу (ТС). Например, М 10. К условному обозначению модификации опозитной базы перед буквой добавляется цифра, обозначающая число рядов цилиндров (например, 2M10).

В обозначении марки оппозитного поршневого компрессора первые цифры указывают базу, вторые — производительность в м<sup>3</sup>/мин, третьи — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>. Например, марка 4M10-100/8 означает, что компрессор четырехрядный, на базе M10, производительностью 100 м<sup>3</sup>/мин и давлением нагнетания 8 кгс/см<sup>2</sup>. В том случае если давление всасывания превышает атмосферное, в марку компрессора добавляют цифры этого давления. Например,

марка компрессора 4М40-680/22-320 означает, что компрессор четырехрядный, на базе М40, производительностью 680 м<sup>3</sup>/мин, с давлением всасывания 22 кгс/см<sup>2</sup> и давлением нагнетания 320 кгс/см<sup>2</sup> (рис. 13).

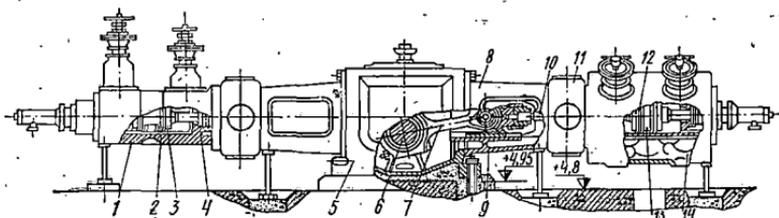


Рис. 13. Компрессор 4М40-680/22-320

1 — цилиндр II ступени; 2 — поршневое кольцо поршня II ступени; 3 — поршень II ступени; 4 — сальник; 5 — картер; 6 — коленчатый вал; 7 — шатун; 8 — направляющая кресткопфа; 9 — кресткопф; 10 — шток; 11 — фонарь; 12 — поршневое кольцо I ступени; 13 — поршень I ступени; 14 — цилиндр I ступени

Конструкции оппозитных баз компрессоров одинаковы.

Картер — чугунный литой, прямоугольной формы, коробчатого сечения.

Коренные подшипники с тонкостенными вкладышами заливают баббитом. Каждый вкладыш состоит из двух частей с разъемом в горизонтальной плоскости. Второй коренной подшипник со стороны электродвигателя — опорно-упорный.

Направляющая кресткопфа — чугунная литая, консольного типа, опирается на опору.

Коленчатый вал — стальной, кованый, без противовесов.

Шатуны — стальные кованые, с открытой кривошипной и закрытой кресткопфной головками.

Кресткопфы — литые, с двумя съемными башмаками.

Смазка механизма движения — циркуляционная под давлением.

Кресткопфные угловые (прямоугольные) компрессоры образуют нормальный ряд машин, значительное число сборочных единиц и деталей которых взаимозаменяемы (см. рис. 12,з). Основу нормального ряда составляет нормализованная угловая база, состоящая из рамы (станины), кривошипно-шатунного механизма (коленчатого вала, шатуна и кресткопфа) и связанных с ним систем смазки (табл. III.2).

Т а б л и ц а III.2. Основные технические данные нормализованных угловых баз

База	Поршневая сила, тс	Число рядов	Ход поршня, мм	Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	Средняя скорость поршня, м/с
2П	2	2	125	735	3,06
3П	3	2	210	500	3,5
5П	5	2	220	500	3,67
7П	7	2	300	375	3,75

Условное обозначение угловой базы состоит из буквы и цифры. Буква П означает, что база прямоугольная; цифра перед буквой определяет величину поршневой силы (тс). Например, 2П.

Основной частью условного обозначения марки углового компрессора является обозначение базы с добавлением букв В или Г (назначение компрессора — для сжатия воздуха или газа). Например, 2ВП или 2ГП. Далее цифры в левой части марки обозначают (справа налево): 0 — компрессор выполнен со смазкой цилиндров и сальников; цифра перед нулем — номер модификации модернизированного компрессора. Например, 202ВП или 302ГП. В условное обозначение компрессора без смазки вводят букву «С», которая пишется вместо нуля. Справа от букв через тире дробью обозначаются основные параметры компрессора: в числителе — производительность в м<sup>3</sup>/мин, а знаменателе — избыточное давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>. Для дожимающих компрессоров в знаменателе указывается избыточное давление всасывания и нагнетания.

Например, марка компрессора 302ВП-10/8 означает, что это компрессор третьей модификации, со смазкой цилиндров и сальников, на угловой базе 2П (с поршневой силой 2 тс), воздушный, производительностью 10 м<sup>3</sup>/мин, давлением нагнетания 8 кгс/см<sup>2</sup> (рис. 14).

Ниже приведена краткая характеристика основных узлов компрессоров.

Рама — чугунная литая коробчатой формы, состоит из кривошипной камеры, двух фонарей с ребрами для крепления направляющих крейцкопфов вертикального и горизонтального рядов. Нижняя часть рамы служит резервуаром для масла.

Коленчатый вал — стальной штампованный с одним коленом, к которому прикреплены оба шатуна.

Шатуны — стальные штампованные двутаврового сечения. Нижние головки шатунов разъемные с вкладышами, залитыми баббитом.

Крейцкопфы компрессоров выполнены со съемными и несъемными башмаками.

Цилиндры — чугунные литые с охлаждающими водяными рубашками.

Клапаны — пластинчатые, кольцевые и прямочные.

Поршни — дисковые, двойного действия, дифференцированные.

Сальники — с самоуплотняющимися металлическими или неметаллическими элементами.

Смазка механизма дви-

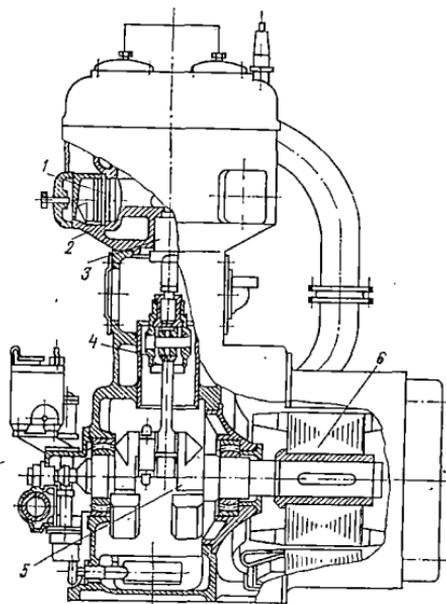


Рис. 14. Компрессор 302ВП-10/8

1 — клапан; 2 — цилиндр; 3 — сальник;  
4 — крейцкопф; 5 — коленчатый вал; 6 —  
электродвигатель

жения — это циркуляционная смазка под давлением от шестеренчатого насоса.

Система охлаждения — водяная с открытым сливом.

Привод компрессора — от встроенного синхронного или асинхронного электродвигателя.

**Система смазки поршневых компрессоров.** Компрессоры в зависимости от конструкции и назначения снабжены одной или двумя системами смазок. В бескрейкопфных компрессорах и компрессорах без смазки цилиндров и сальников применяется только смазка механизма движения, называемая иначе циркуляционной системой смазки. В компрессорах двойного действия помимо циркуляционной системы смазки применяется лубрикаторная система смазки — для смазки цилиндрово-поршневой группы и сальников.

Масло к трущимся поверхностям механизма движения подводят разбрызгиванием или под давлением с разбрызгиванием. Смазку разбрызгиванием применяют иногда в компрессорах малой производительности. Масло заливают в картер до определенного уровня, в некоторых машинах применяются специальные устройства, поддерживающие уровень масла. При работе компрессора черпачок, прикрепленный к шатуну, или специальное кольцо, насаженное на вал, захватывают масло и создают во внутренней полости картера масляный туман, который смазывает стенки цилиндров, поршневые пальцы, коренные и шатунные подшипники. Такая смазка требует строгого контроля за уровнем масла в картере. В процессе работы масло не фильтруется, постепенно загрязняется, что влечет за собой преждевременный износ машины.

На рис. 15 приведена схема принудительной смазки механизма движения компрессора ВУ-2,5/12.

Масло из картера компрессора забирается масляным насосом через сетчатый заборник и поступает по трубке к фильтру тонкой очистки, затем через крышку подшипника к коленчатому валу. Далее масло по каналам коленчатого вала поступает к шатунным подшипникам. Вытекающее из подшипников масло разбрызгивается движущимися деталями и образует в картере масляный туман, который обеспечивает смазку зеркала цилиндров, поршневых колец и подшипников качения.

Редукционный клапан отрегулирован на давление 6 кгс/см<sup>2</sup> и предназначен для снижения давления масла при пуске компрессора, когда непрогретое масло имеет большую вязкость. Это позволяет ограничить нагрузку на детали насоса и его привода. Предохранительный клапан отрегулирован на давление 3 кгс/см<sup>2</sup> и предназначен для пропуска масла к точкам смазки при сильном засорении фильтра или при пуске компрессора. Это предохраняет вкладыши шатуна от перегрева и как следствие от их разрушения.

Давление масла контролируется манометром.

Масляные насосы, применяемые в системах циркуляционной смазки, выполняются преимущественно шестеренчатыми.

Смазка цилиндров и сальников осуществляется подачей масла под давлением со строгим регулированием его расхода. Каждый плунжерный элемент лубрикатора (многоплунжерного насоса), действуя как отдельный насос, имеет индивидуальную регулировку подачи, контролируемую маслоуказателем. Число плунжерных элементов выбирают по числу точек смазки с учетом одного-двух запасных. Привод лубрикатора осуществляется от коленчатого вала или от индивидуального электропривода. На рис. 16 показана типичная схема системы смазки цилиндров и сальников.

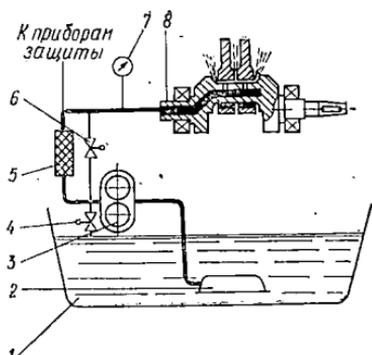


Рис. 15. Схема циркуляционной смазки компрессора ВУ-2,5/12

1 — картер компрессора; 2 — заборник; 3 — насос; 4 — редукционный клапан; 5 — фильтр тонкой очистки; 6 — предохранительный клапан; 7 — манометр; 8 — коленчатый вал компрессора

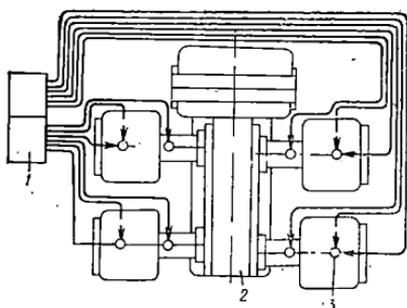


Рис. 16. Схема лубрикативной смазки

1 — лубрикатор; 2 — компрессор; 3 — точка подвода смазки

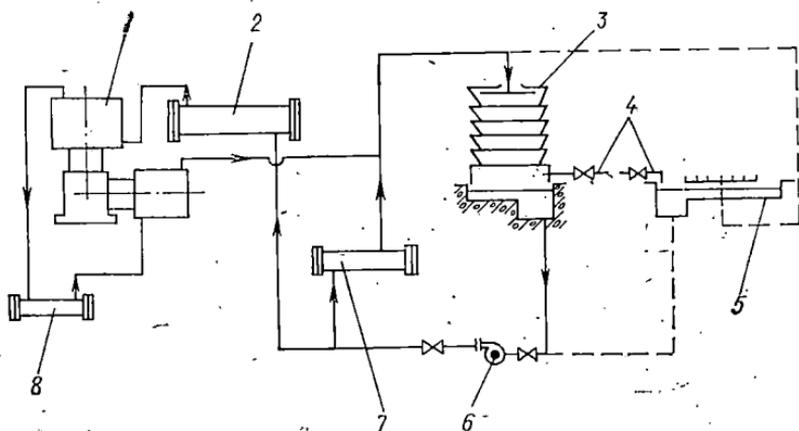


Рис. 17. Схема циркуляционной системы охлаждения закрытого типа

1 — компрессор; 2 — промежуточный холодильник; 3 — градирня; 4 — подпиточный трубопровод; 5 — бассейн; 6 — насос; 7 — концевой холодильник; 8 — масляный холодильник

**Система охлаждения** предназначена для отвода тепла от деталей и узлов, соприкасающихся во время работы компрессора с горячими газами (цилиндры, крышки, сальники и др.), и поддержания в них температуры, допустимой с точки зрения работоспособности применяемых материалов, зазоров в сопряжениях. Температурный режим работы компрессора существенно влияет как на его показатели, так и на износостойкость деталей цилиндрово-поршневой группы. Кроме того, система охлаждения предназначена для отвода тепла в межступенчатом, конечном и масляном холодильниках.

В зависимости от источников водоснабжения применяются системы охлаждения: прямоточные, циркуляционные открытого типа, циркуляционные закрытого типа, циркуляционные комбинированные. В эти системы входят система трубопроводов циркуляционной воды, циркуляционные насосы с приводом от электродвигателя и градирни (брызгальные бассейны).

Прямоточная система охлаждения применяется в тех районах, где имеются источники мягкой воды. В этом случае вода подается в систему из источника (водоема, заводского водопровода) центробежным насосом и, отработавшая, сбрасывается обратно.

На рис. 17 приведена схема циркуляционной системы закрытого типа. Вода циркулирует с помощью насоса, который забирает ее из градирни и нагнетает в холодильники и цилиндры компрессора. Оттуда вода по трубопроводу поступает снова в градирню для охлаждения. Для компенсации потерь воды служит подпиточный трубопровод.

В открытой системе вода сливается в сливную воронку без давления, а чтобы подавать ее для охлаждения системы, в градирню устанавливают дополнительно насос.

При подводе воды к компрессору и холодильникам применяются три схемы охлаждения: последовательная, параллельная, комбинированная (параллельно-последовательная).

При последовательной схеме вода проходит последовательно все звенья охлаждения. Вначале вода подается на холодильник I ступени, затем на охлаждение крышек и цилиндров и затем на охлаждение холодильников II ступени и масляного. К числу достоинств этой схемы можно отнести более экономичный расход воды, сравнительно простую схему водопровода и небольшую его длину, сохранение стабильной вязкости масла благодаря отсутствию подачи холодной воды (в зимнее время) непосредственно в рубашки цилиндров. Недостатки этой схемы — возрастает недоохлаждение газа из-за последовательного повышения температуры воды; возможно попадание газа в рубашки цилиндра, что сильно ухудшает теплообмен и приводит к перегреву цилиндров; невозможно воздействовать на режим охлаждения одного отдельно взятого звена; трудно обнаружить газовую негерметичность.

При параллельной схеме вода подводится к каждому охлаждаемому звену и отводится от него параллельными потоками с помощью разветвленных трубопроводов. При этом число потоков равно числу охлаждаемых звеньев, а температура воды, поступающей во все звенья, одинакова.

При параллельно-последовательной схеме все охлаждаемые звенья делятся на группы. Звенья внутри каждой из этих групп омываются потоком воды последовательно, каждая группа омывается самостоятельным потоком.

Для получения большего эффекта в работе компрессора при любой схеме охлаждения стремятся к соблюдению следующего ос-

нового правила: холодные потоки (как воды, так и газа) следует подводить к нижним точкам теплообменных звеньев, а нагретые — отводить из верхних точек и, наоборот, — более теплые потоки подводить к верхним точкам, а после охлаждения отводить в нижних точках. Такое направление совпадает с естественными конвективными токами и обеспечивает создание противотоков.

Вода системы охлаждения компрессорных установок не должна содержать растительные и механические примеси в количестве свыше 40 мг/л. Общая жесткость воды не должна быть более 7 мг-экв/л. Если отсутствует вода необходимого качества, то система охлаждения должна оборудоваться водоочистителями.

**Система регулирования производительности компрессора.** Расход газа из сети может меняться в очень широких пределах в зависимости от режима работы потребителей сжатого газа. Кроме того, производительность компрессора меняется с изменением температуры, давления и влажности всасываемого газа и состояния компрессора. Задача регулирования производительности — привести в соответствие расход газа и производительность компрессора.

Производительность компрессора регулируют: воздействием на привод — ступенчатое или плавное изменение числа оборотов приводного двигателя;

воздействием на элементы газового тракта — перевод компрессора на работу без противодействия, дросселирование газа во всасывающем трубопроводе, дросселирование сжатого газа при перепуске со стороны нагнетания на всасывание (байпасирование);

воздействием на всасывающие и нагнетательные клапаны — удержание всасывающих и нагнетательных клапанов в открытом состоянии на всем или на части хода поршня;

изменением мертвого пространства цилиндров — ступенчатое или плавное подключение дополнительных объемов вредного пространства.

## МОНТАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ

Заводы-изготовители поставляют компрессоры в соответствии с действующими техническими условиями в полностью собранном виде или укрупненными сборочными единицами (табл. III-3—III-5).

Поставку компрессором можно разделить на три группы:

1) поставка в собранном виде компрессоров, не подлежащих разборке в процессе монтажа;

2) поставка компрессоров укрупненными сборочными единицами, не подлежащими разборке в процессе монтажа;

3) поставка компрессоров в разобранном виде.

К первой группе относится поставка горизонтальных оппозитных компрессоров на базе М10, поршневых, воздушных и газовых компрессоров с прямоугольным расположением осей цилиндров. Электродвигатель для оппозитных компрессоров поставляется отдельно тремя блоками: ротор, статор и опорные балки.

Ко второй группе относится поставка горизонтальных оппозитных компрессоров на базе М16. Компрессор поставляется следующей сборочными единицами: рама с уложенным валом, направляющими, крейцкопфами, шатунами, механизмом проворачивания вала; цилиндры с фонарями каждого ряда в сборе с поршнями, сальниками, клапанами — всего шесть блоков.

Электродвигатель для этих машин поставляется следующими сборочными единицами: ротор, насаженный на приставной вал, статор, опорные балки статора, стояковый подшипник с опорной балкой.

К третьей группе относится поставка горизонтальных оппозитных компрессоров на базах М25 и М40. Компрессоры этой группы поставляются в разобранном виде, за исключением рамы с уложенным коленчатым валом.

## МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ

Монтаж компрессоров, поступающих в полностью собранном виде, холодильных агрегатов, а также рам горизонтальных оппозитных компрессоров имеет много общих операций.

Ниже изложена технологическая последовательность монтажа и выверки этих машин и сборочных единиц.

Допуски на монтаж поршневых компрессоров установлены институтом ВНИИкомпрессормаш.

**Выверка и крепление компрессоров к фундаментам.** При выверке и креплении компрессоров необходимо совместить их оси в плане с осями фундамента, обеспечить требуемый зазор для подливки, высотную отметку и горизонтальность. Допустимые отклонения (если нет специальных указаний предприятия-изготовителя): осей в плане от осей фундамента — 10 мм; от проектной высотной отметки — 10 мм; от горизонтальности — 0,3 мм на 1 м.

Горизонтальность компрессоров проверяют при помощи брускового или рамного уровня, который устанавливают на обработанную базовую поверхность или контрольную площадку.

Компрессоры выверяют:

на регулировочных винтах (если они предусмотрены в конструкции опорной части);

на инвентарных установочных домкратах;

на установочных гайках забетонированных анкерных болтов без упругих элементов;

то же, с упругими элементами;

на пакетах металлических подкладок.

Компрессоры на регулировочных винтах выверяют в следующем порядке:

устанавливают по осям в плане;

устанавливают по высоте и горизонтали с помощью регулировочных винтов. Выверенный компрессор должен опираться на все регулировочные винты (проверяют шупом). Положение винтов фиксируют гайками;

изолируют регулировочные винты бумагой, толем или тонким слоем густой смазки, чтобы предотвратить сцепление их с бетонной смесью подливки.

Компрессоры на инвентарных установочных домкратах выверяют в следующем порядке:

устанавливают по осям в плане;

устанавливают по высоте и горизонтали с помощью установочных домкратов. Выверенный компрессор должен опираться на все установочные домкраты (проверяют шупом);

устанавливают опалубку по периметру фундамента, а также вокруг установочных домкратов, чтобы обеспечить возможность их удаления после подливки;

Т а б л и ц а 111.3. Монтажные характеристики горизонтальных оппозитных поршневых компрессоров

Марка	Рабочая среда	Производительность, м <sup>3</sup> /мин	Давление нагнетания, МПа	Масса, кг		Электродвигатель				Габаритные размеры установки, м	Масса установки, кг
				компрессора	наиболее тяжелых его частей при монтаже	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, мин	Масса, кг		
2 М10-100/2,2	Воздух	100	0,22	5850	5850	СДК2-16-24-12К	320	500	2650	5000×4700×2750	11 065
2 М10-50/8	»	50	0,8	5450	5450	СДК-14-31-12	320	500	2865	5500×6000×3030	12 100
2 М10-11/42-60	Водородсодержащие смеси	11	6	5000	5000	СДКП1-14-36-12	400	500	4000	5440×3310×3350	12 430
4 М10-90/2-15	Жирный газ	90	1,5	10930	10930	ДСКП-14-44-12	500	500	4650	6140×5285×2510	16 032
4 М10-200/2,2	Воздух	200	0,22	11370	11370	ДСК-15-34-12	630	500	4370	6500×6000×2535	19 650
4 М10-100/8	Воздух	100	0,8	10 500	10 500	СДК2-17-26-12К	630	500	4370	6700×6000×3030	18 780
4 М10-40/70	»	43	7	11 265	11 265	СДК2-17-26-12К	630	500	4370	9700×7300×3320	32 580
4 М10-40/35	Кислород	40	3,5	14 000	14 400	СДК2-17-26-16К	630	500	4440	10800×8250×4150	34 298
4 М16-56/15-30	Водородсодержащие смеси	62	2,9	30 600	10 000	СДСП-17-41-16	1600	375	15 600	9600×5740×2930	46 200
4 М16М-45/35-55	То же	44	5,5	30 500	8600	СДКП-17-49-16	1600	375	10 850	9260×5700×2930	41 350
2 М16М-20/42-60	»	22	6	18 300	4800	СДСП-16-34-16	800	375	9350	5221×7040×3255	27 650
4 М16-22,4/23-64	»	21,8	6,4	39 000	8600	СДКП-16-51-16	1250	375	10 600	8400×9535×3150	51 210
6 М25-125/38-55	»	98—156	5,5	72 500	16 200	Газовый двигатель	5000	375—220	38 000	15200×10300×5100	140 000
4 М40-680/22-320	Азотогенераторная смесь	35	32	132 380	15 470	СДКП-19-54-20Б	5000	300	28 000	19005×13400×8380	160 380
6 М40-320/320	То же	310	32	206 000	28 200	СДКП2-21-46-20	5000	300	28 000	24300×15520×3305	234 000

подливают бетонную смесь;  
 снимают опалубку (по достижении бетоном подливки проектной прочности);  
 опускают грузовые площадки установочных домкратов и удаляют домкраты;

заполняют ниши в подливке (после удаления установочных домкратов) бетонной смесью.

Компрессоры непосредственно на установочных гайках выверяют в следующем порядке:

устанавливают по высоте и горизонтали с помощью установочных гаек анкерных болтов;

фиксируют компрессор на время подливки крепежными гайками; устанавливают опалубку по периметру фундамента, а также вокруг анкерных болтов в зазоре между фундаментом и компрессором, чтобы обеспечить доступ к установочной гайке после подливки;

подливают бетонную смесь;

снимают опалубку (по достижении бетоном подливки проектной прочности) и навинчивают установочные гайки на анкерные болты для образования зазора между гайками и компрессором.

Компрессоры на установочных гайках с помощью упругих элементов выверяют в следующем порядке:

навинчивают установочные гайки с упругими элементами на анкерные болты до уровня, при котором верх упругих элементов на 2—3 мм превышает проектную отметку установки компрессора; в качестве упругого элемента применяются металлические тарельчатые шайбы;

устанавливают компрессор на упругие элементы и выверяют его, регулируя затяжку крепежных гаек.

Таблица III.4. Монтажные характеристики поршневых воздушных компрессоров с прямоугольным расположением осей цилиндров

Марка	Электродвигатель	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
202ВП-20/2	АВ2-101-8	1595×1200×1570	2640
305ВП-60/2	БСДК-15-21-12	2475×1810×2410	6135
202ВП-12/3	АВ-2-101-8	1585×1200×1560	1920
3С5ВП-40/3	БСДК-15-21-12	3060×1880×2470	5810
305ВП-40/3	БСДК-15-21-12	3060×1880×2470	5810
202ВП-10/8	АВ-2-101-8	1655×1300×1550	3228
302ВП-10/8	АВ-2-101-8	1650×1200×1810	2980
3С2ВП-10/8	АВ-2-101-8	1900×1200×1840	3035
ВП-20/8М	ДСК12-24-12	2355×1630×2400	5360
305ВП-30/8	БСДК-15-21-12	2395×1810×2670	7535
3С5ВП-30/8	БСДК-15-21-12	2930×1810×2840	7760
302ВП-6/18	АВ2-101-8	1627×1230×1950	1245
505ВП-20/18	БСДК-15-21-12	2495×1810×2465	6210
305ВП-20/30	БСДК-15-21-12	2665×1810×2465	7120
302ВП-6/35	АВ2-101-8	1658×1200×1610	2550
305ВП-20/35	БСДК-15-21-12	2960×2070×2600	6690
302ВП-5/70	АВ2-101-8	1800×1300×1852	2675
305ВП-16/70	БСДК-15-21-12	3145×2080×2785	6860
302ВП-4/150	АВ2-101-8	1985×1700×1990	2750
2ВП-2/220	АВ2-101-8	4060×2855×2500	4900
402ВП-4/220	АВ2-101-8	1875×1300×2066	1830
305ВП-12/220	БСДК-15-21-12	3900×3075×2835	8115
7ВП-20/220	ДСК-173/16-16А	8000×4000×3750	15 500
402ВП-4/400	АВ2-101-8	2315×1333×2066	3105

Т а б л и ц а 111.5. Мобильные характеристики поршневых газовых компрессоров с прямоугольным расположением осей цилиндров

Марка	Рабочая среда	Тип электро-двигателя	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
202ГП-20/2 7ГП-100/2М	Водород Реакционный газ в производстве метилхлорида	АВ2-101-8 АНП-15-29-16	1595×1300×1570 3800×5200×3200	2780 19155
202ГП-12/3 305ГП-40/3 2ГП-4/5	Водород → Кислород, воздух и другие неток- сичные и невзры- воопасные газы	АВ2-101-8 ДСКЗ-13-24-12 АО2-91-10	1580×1300×1560 2560×1760×2400 2270×2030×2030	2115 6385 3600
3С2СНП-10/8 402ГП-10/8	Сухой азот Влажный коксо- вый газ.	АВ2-101-8В АВ2-101-8	1900×1200×1840 1605×1400×1575	2595 2760
4С2ГП-10/8 502ГП-10/8 602ГП-10/8 3ГП-20/8	Водород Фекальный газ Водород Кислород, азот, воздух и другие неагрессивные га- зы	АВ2-101-8 АВ2-101-8 АВ2-101-8 ДСК-12-24-12	1900×1200×1840 1605×1400×1575 1665×1300×1610 2645×1828×2685	2595 2652 2534 5700
305ГП-30/8 7ГП-50/8	Водород Водородсодержа- щие и неагрес- сивные газы	ДСКЗ-13-24-12 АНП-15-29-16	2465×1760×2620 7600×5300×2945	7140 20575
3ГП-13/9 13ГП-20/9 2ГП-6/18	Смеси газов Сухой этилен Кислород, азот, аргон, воздух	СДКЗ-12-24-12 СДКЗ-12-24-12 АВ2-101/8	7000×2650×3070 2530×1650×2115 3600×2030×2240	3800 3100 4200
3С2СГП-6/18 302ГП-6/18 3ГП-13/18	Водород Азот, воздух и другие неагрес- сивные и невзры- воопасные газы	АВ2-101/8 АВ2-101/8 ДСК-12-24-12	1905×1400×1990 1627×1400×1760 3060×1630×2480	3027 2330 6970
305ГП-20/18	Кислород, азот, воздух	ДСКЗ-13-24-12	2500×1760×2400	6860
505ГП-20/18 302ГП-6/30 3С2НП-6/30 302ГП-6/35	Фекальный газ Гелий → Водородсодер- жащие смеси	ДСКЗ-13-24-12 АВ2-101-8 АВ2-101-8 АВ2-101-8	2495×1760×2465 1710×1300×1610 2685×1515×1760 1658×1300×1610	6830 1335 2730 2630
3ГП-12/35	Сухой и влаж- ный кислород, воздух и другие нетоксичные и невзрывоопас- ные газы	ДСК-12-24-12	4800×2480×2620	7470
305ГП-20/35	Водородсодер- жащие смеси	ДСКЗ-13-24-12	2665×1760×2465	7310
305ГП-5/70 305ГП-16/70 302ГП-4/150 305ГП-13/150 2ГП-2/220	Водород → → → Воздух и другие нетоксичные и невзрывоопасные газы	АВ2-101-8 ДСКЗ-13-24-12 АВ2-101-8 ДСКЗ-13-24-12 АО2-92-10	1850×1300×1652 2670×1760×2560 1985×1700×1990 2750×1760×2560 3300×2855×2500	2710 7500 2970 8180 4500
3ГП-5/220	Азот, воздух и другие невзры- воопасные газы	ДСК-12-24-12	4090×2480×3780	7060
305ГПВ	Сухой метан и нефтяной газ	ДСКЗ-13-24-12	3050×1760×2850	7760
202ГП-2,7/3,5- 18	Водородсодер- жащие смеси	АВ2-101-8	1697×1400×1867	2060

Марка	Рабочая среда	Тип электро-двигателя	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
13ГП-2/24-49	Водород и водородосодержащие смеси	СДКЗ-12-24-12	2630×1640×2445	4070
13ГП-3/2-49	Водородосодержащие смеси	СДКЗ-12-24-12	2630×1790×2510	5850
7ГП-11/3-50	Водород	АНП-15-29-16	6850×5300×3810	17010

Компрессоры на пакетах металлических подкладок выверяют в следующем порядке:

изготавливают подкладки и укладывают их в пакеты на выровненные площадки фундамента;

устанавливают компрессор на пакеты подкладок по осям в плане; устанавливают компрессор по высоте и горизонтали путем подбора толщин и количества подкладок в пакетах.

Пакеты подкладок должны быть размещены как можно ближе к анкерным болтам.

Окончательное выверенное положение установленного компрессора на время подливки фиксируют, частично затягивая гайки анкерных болтов, расположенных вблизи опорных элементов, средним усилием рук рабочего (30 кгс), приложенным на длине стандартного гаечного ключа без надставки. Гайки остальных анкерных болтов наворачивают до соприкосновения с опорной частью компрессора. Если компрессор выверяют на установочных гайках анкерных болтов с помощью упругих элементов, то процесс предварительной затяжки совмещают с выверкой.

После окончания подливки до затвердения бетонной смеси выполняют контрольную проверку выверенного положения компрессора.

Окончательно гайки анкерных болтов разрешается затягивать после достижения бетоном подливки проектной прочности. Регулировочные винты перед окончательной затяжкой гаек анкерных болтов отвертывают на 1—2 оборота.

Компрессоры, анкерные болты которых устанавливают в колодцах, предварительно выверяют по высоте и в плане, затем колодцы заполняют бетонной смесью до уровня на 100—150 мм ниже поверхности фундамента. Анкерные болты окончательно выверяют и частично затягивают после достижения бетоном в колодцах 70%-ной прочности.

До окончательной затяжки гаек анкерных болтов запрещается производить работы, которые могут вызвать смещение компрессора.

**Монтаж горизонтальных оппозитных компрессоров.** Объем монтажных работ зависит от того, в каком виде поступил компрессор на монтажную площадку. Ниже рассматривается наиболее сложный вариант, когда компрессоры в связи с большими габаритными размерами и массой поступают в монтаж в разобранном виде.

Монтаж компрессоров начинают с установки и выверки рамы, которые производят так же, как при монтаже компрессоров, поставляемых полностью в собранном виде. При выверке рамы уровень (рис. 18) ставят по оси вала на верхнюю обработанную поверхность или борта рамы-картера. При выверке по ходу вала (перпендикулярно оси вала в направлении его вращения) уровень ставят на контрольную линейку, которая опирается на обработанные борта

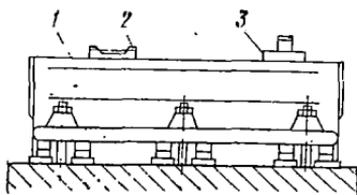


Рис. 18. Схемы установки уровней для проверки горизонтальности рамы компрессора  
 1 — рама-картер; 2 — уровень; 3 — линейка

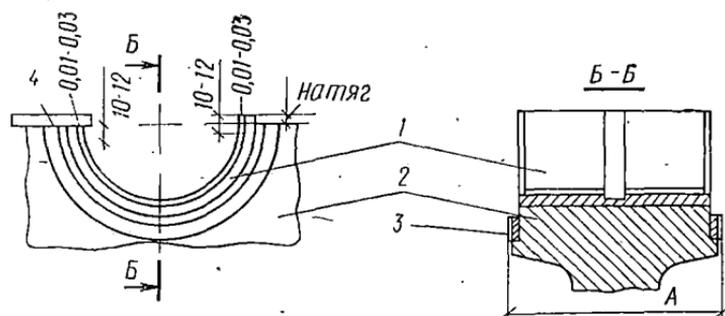


Рис. 19. Схема пригонки по постелям рамы вкладышей подшипников  
 1 — вкладыш; 2 — постель рамы; 3 — упорное кольцо; 4 — линейка

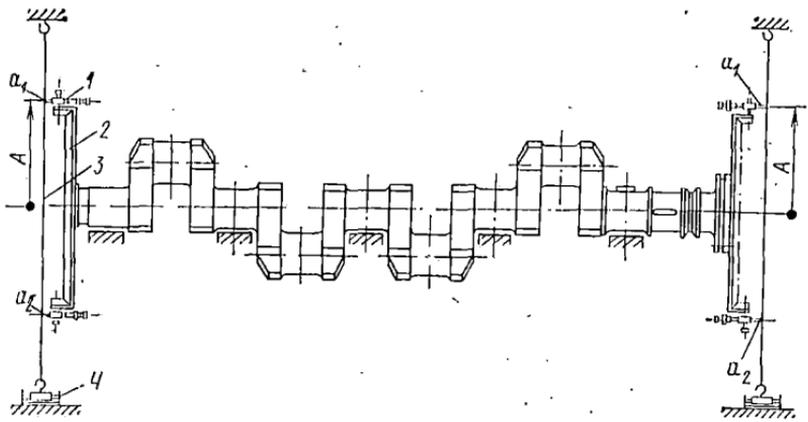


Рис. 20. Схема проверки горизонтальности вала с помощью стрел и отвесов  
 1 — микрометрическая головка; 2 — стрела; 3 — струна; 4 — бачок с маслом

рамы-картера. Для проверки положения рамы уровень можно устанавливать по оси вала и на контрольную линейку, уложенную на постели под вкладыши коренных подшипников и по ходу вала на направляющие кресткопов. Во всех случаях при проверке горизонтальности уровень устанавливают дважды, поворачивая на 180°. Это позволяет своевременно обнаружить неисправность уровня и дефекты обработки поверхности.

После выверки рамы предварительно затягивают анкерные болты, равномерно навинчивая гайки. При этом показания уровней не должны меняться более чем на 0,5 деления уровня от первоначально полученных результатов.

После установки рамы приступают к установке подшипников и коленчатых валов. В оппозитных компрессорах применяют тонкостенные вкладыши с толщиной слоя баббитовой заливки 0,7—1 мм. Их проверяют по краске на прилегание к постелям рамы и крышек к шейкам коленчатого вала. Число пятен в квадрате 25×25 мм должно быть 10—12 при контакте с постелью рамы и 10— с шейкой вала, прилегание вкладыша к постели должно составлять не менее 75% его поверхности (рис. 19).

Зазор между постелью рамы и стенкой вкладыша с каждой стороны не должен превышать 0,05 мм на длине 0,1 полуокружности, но не более 50 мм от плоскости стыка.

В упорном подшипнике торцевая часть галтели вкладыша должна быть плотно, по краске, пригнана к такой же части галтели вала. В зазор не должен проходить шуп толщиной 0,15 мм.

Верхний вкладыш любого подшипника проверяют по шейке вала перед укладкой, а окончательно пригоняют после установки вала на нижние вкладыши. Для получения лучших «натиров» следует поставить и даже слегка прижать крышку подшипника.

Укладка коленчатых валов сочетается с пригонкой вкладышей подшипников. Цель — расположить вал в горизонтальном положении, не допуская излома его оси. Горизонтальность оси вала проверяют при помощи стрел и отвесов (рис. 20). На каждом конце вала с помощью хомутов закрепляют по стреле. Последнюю выполняют из стального уголка 30×30 или 25×25 мм. На свободном конце стрелы на расстоянии не менее 1 м от оси крепят микрометрическую головку. Поворотом коленчатого вала ставят стрелы в вертикальное положение и против каждой микрометрической головки закрепляют струну отвеса. Груз отвеса для уменьшения колебаний опускают в бачок с минеральным маслом. Стрелки микрометрических головок подводят к струне и фиксируют показания. Далее вал поворачивают на 180° и, подводя стержни к струне, вторично снимают показания. Разность показаний  $a_1$ — $a_2$  (мм) микрометрической головки в верхнем и нижнем положении стрелы, деленная на расстояние 2A (м) между точками замера, дает величину уклона вала в мм на 1 м длины. Когда значения уклонов, полученные на обеих стрелах, имеют одинаковое значение и направление, ось вала прямолинейна. Абсолютное значение уклона позволяет сравнить его с допустимым. Для жестких и коротких валов можно пользоваться одной стрелой.

Допустимое отклонение вала от горизонтали не должно превышать 0,1 мм на 1 м длины. Если уклон вала выходит за пределы допускаемых величин, то вкладыши пришабривают так, чтобы придать валу горизонтальное положение.

Затем проверяют «угол вала», т. е. перпендикулярность осей рядов направляющих крейцкопфов и цилиндров по отношению к оси коленчатого вала (рис. 21). Штатунная шейка вала должна находиться под струной, которую расцентровывают по оси проверяемого ряда штихмасом, установленным по направляющим крейцкопфа и боковым площадкам. Вал поворачивают так, чтобы шейка не дошла до струны на расстоянии, равное высоте галтели.

Это необходимо для удобства измерения расстояния  $a$  от струны до бурта вала. Расстояние  $b$  измеряют после поворота вала на 150—

160° так, чтобы шейка кривошипа заняла противоположное положение. Расстояния  $a$  и  $b$  между струной и буртом вала измеряют штих-массом электроакустическим способом. Места установки штихмаса отмечают мелом. Ось рамы компрессора перпендикулярна к оси вала, когда расстояния  $a$  и  $b$  равны. Допустимое расхождение  $a$  и  $b$  составляет 0,1 мм на 1 м длины струны и равно  $(a-b) : A$ , где  $a$  и  $b$  — расстояния между струной и буртом вала в двух его положениях в мм, а  $A$  — расстояние между точками замеров в м.

Для проверки перпендикулярности осей направляющих и рамы измеряют также расстояния между струной, отцентрированной по оси рамы до торцов направляющих в двух точках по горизонтальному диаметру. При правильном угле вала

$$a_1 = a_2 \quad b_1 = b_2.$$

В связи с наличием осевых зазоров во вкладышах упорного подшипника вал при повороте может сдвинуться на величину этих зазоров вдоль своей оси. Осевое перемещение измеряют индикатором часового типа, который устанавливают так, чтобы он упирался в галтели коренной шейки. Когда шейка кривошипа находится в первом положении, стрелку индикатора устанавливают на нуль. При повороте шейки во второе положение отклонение стрелки индикатора покажет величину и направление осевого сдвига вала. Если вал сдвигается в сторону струны, от которой ведется измерение, то размер  $b$  окажется уменьшенным на величину сдвига, показанную индикатором. Величина сдвига должна быть прибавлена к расстоянию  $b$ . Когда вал сдвигается в сторону от струны, величину сдвига вычитают из расстояния  $b$ .

При наличии более трех коренных подшипников их вкладыши в процессе подгонки к шейкам вала могут оказаться на разной высоте. В результате возникает излом оси вала, который можно установить только по величине расхождения щек кривошипа (раскепу) коленчатого вала, поворачиваемого на 360° (рис. 22). Приспособление представляет собой стержень с упругим звеном — пружиной. Стержень под действием пружины жестко зажимается между щеками кривошипа в направлении оси вала. При расхождении щек длина стержня изменяется. На стержне закреплен индикатор часового типа, ножка которого касается щеки. Индикатор показывает изменение расстояния между щеками. Допуски на расхождение щек указываются в паспорте компрессора.

Расхождение щек (рис. 23) в двухопорных валах регулируют изменением радиального зазора во вкладышах коренных подшипников. Для коленчатых валов расхождение щек регулируют следующим способом. После обычной укладки вала во вкладыши и посадки на консоль ротора, нижний вкладыш примыкающего к первому кривошину подшипника извлекают, приподнимая вал. Опилывают тыльную часть вкладыша с проверкой прилегания к постелям рамы по краске. Затем нижний вкладыш ставят на место и крышкой подшипника поджимают верхний вкладыш, доводя расхождение щек в вертикальной плоскости до нормы.

Когда консольная часть вала опирается на выносной подшипник, положение щек кривошипа регулируют изменением положения выносного подшипника.

Расхождение щек двухкривошипного вала регулируют пришабровкой соответствующих вкладышей. Если в нижнем положении кривошипа его щеки расходятся, а в верхнем — сближаются, то сле-

дует пришабрить нижние вкладыши внутреннего подшипника или приподнять нижние вкладыши наружного подшипника. Если же щеки сближаются в нижнем и расходятся в верхнем положении кривошипа, то шабруют нижний вкладыш наружного подшипника или поднимают вкладыш внутреннего.

При горизонтальном положении кривошипов расхождение щек регулируют установкой боковых вкладышей с помощью наборов прокладок. При регулировке расхождения щек по вертикали в связи с прогибом вала над действием массы ротора баббит шабруют с вкладышей с небольшим уклоном в сторону ротора. Положение щек во вкладышах проверяют по краске на прилегание к баббиту и по шупу — на величину зазора.

Расхождение щек многоопорного вала также регулируют пришабровкой соответствующих вкладышей.

**Монтаж цилиндровой группы.** До установки цилиндров на место отсоединяют крышки, отворачивают штуцера для подачи смазки, вынимают фонари и клапаны. Во избежание загрязнения клапанные отверстия закрывают крышками, а гнезда под штуцеры — деревянными пробками. Проверяют поверхности зеркала цилиндров, привалочных торцов и центрирующих поверхностей, предварительно очищенных от консервирующей смазки. Удаляют забоины, риски и следы коррозии. Резьбу шпилек очищают от грязи, смазывают маслом с графитом и пригоняют по гайке. При наличии на цилиндре охлаждающей рубашки ее гидравлически испытывают на давление, указанное в чертеже, или на избыточное давление 2 кгс/см<sup>2</sup> в течение 10 мин. Местами чеканят, запаивают медным припоем или подваривают электросваркой. Проверяют прилегание к зеркалу цилиндра всех поршневых колец и величину теплового зазора в их замках.

**Установка опор цилиндров.** Чтобы компенсировать температурное удлинение рядов цилиндров, при нагревании их устанавливают на скользящие и качающиеся опоры (рис. 24). Для про-

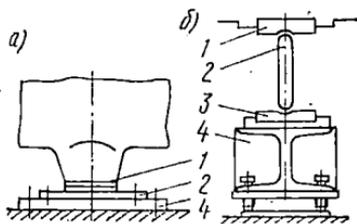


Рис. 24. Скользящая (а) и качающаяся (б) опоры цилиндров

1 — установочная плита; 2 — опорная пластина; 3 — опорная плита; 4 — фундаментная стойка

верки прилегания к скользящим опорам фундаментных стоек их устанавливают на деревянные бруски так, чтобы опора была направлена вверх. Плотность прилегания опорной пластины к установочной плите проверяют по краске. На каждом квадрате 25×25 мм должно быть не менее шести пятен касания. Предварительно плотность прилегания можно проверить по периметру шупом толщиной 0,05 мм, который не должен проходить между опорной пластиной и установочной плитой. В качающихся опорах опорная пластина должна равномерно по всей длине примыкать к пазам установочных и опорных плит, не пропуская шуп толщиной 0,05 мм. Установочные плиты плотно закрепляют в пазах цилиндров.

Монтаж начинают с установки фундаментной стойки, на которой крепят опорные плиты скользящих и качающихся опор цилиндров. Стойку устанавливают на клиновые подкладки или регулировочные

болты, которые упираются в пластины, уложенные на фундамент. Цилиндр строят так, чтобы при подъеме он находился в горизонтальном положении и его шпильки можно было свободно без повреждения резьбы завести в отверстия на фланце фонаря. При этом свободный конец цилиндра временно опирают на домкрат, одновременно на шпильки наворачивают гайки и равномерно подтягивают их по окружности.

Горизонтальность цилиндра проверяют по уровню, установленному на его зеркало. Положение уровня фиксируют по пузырьку поперечной ампулы. Корпуса цилиндра и направляющей крейцкопфа должны иметь равные и однозначные отклонения от горизонтальности. Однако практически это не всегда достижимо, особенно при нескольких цилиндрах в ряду. Допускается уклон цилиндра по отношению к фактическому положению направляющей крейцкопфа не более 0,1 мм на 1 м. Показания снимают при полностью затянутых гайках.

После проверки горизонтальности цилиндра устанавливают на место постоянную опору и удаляют домкрат, поддерживающий цилиндр. В скользящей опоре фундаментную стойку подводят и прижимают к установочной плите цилиндра с помощью клиновых пар, установленных между стойкой и фундаментом. Встык между опорой и плитой не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм. Иногда скользящие опоры имеют телескопическое устройство, позволяющее регулировать контакты их с цилиндром.

В качающейся опоре пластину закрепляют между опорной и установочной плитами, поднимая фундаментную стойку с помощью клиновых пар или регулировочных болтов. Пластина должна быть зажата строго вертикально, что проверяется приложенным к ним рамным уровнем. Допускается уклон в сторону рамы до 0,5 мм на 1 м длины в связи с температурным удлинением неподвижных частей компрессора при работе. В зазор между пластинами и плитами не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм. После установки постоянных опор еще раз подтягивают гайки, крепящие цилиндр, и проверяют уровнем горизонтальность цилиндра.

Центровка цилиндров. Следующей операцией является проверка соосности цилиндров и направляющих крейцкопфов. Это необходимо, так как у горизонтально установленных цилиндров оси могут быть смещены в горизонтальной или вертикальной плоскостях или могут иметь изломы относительно оси направляющих крейцкопфов. Проверку ведут с помощью струн (рис. 25).

При центровке по струне в связи с тем, что расстояние между точками подвеса струны значительное, нельзя не учитывать ее провисания. Замеры производят в определенных точках, которые показаны на диаграмме (рис. 26), прилагаемой к паспорту каждого компрессора. Для этих точек по всему ряду цилиндров указаны величины провисания струны, а также расстояния между точками подвеса и их расположение относительно корпуса компрессора. Такую же диаграмму можно построить, руководствуясь данными табл. II.6, в которой даны величины провисания струны в зависимости от общей длины струны и расстояния от точки ее подвеса (оси ролика центратора) до точки замера.

Цилиндры центрируют по струне следующим образом. После установки, выверки и закрепления первого в ряду цилиндра и его постоянной опоры натянутую струну центрируют по направляющим крейцкопфа рамы. Если постоянная опора находится под промежу-

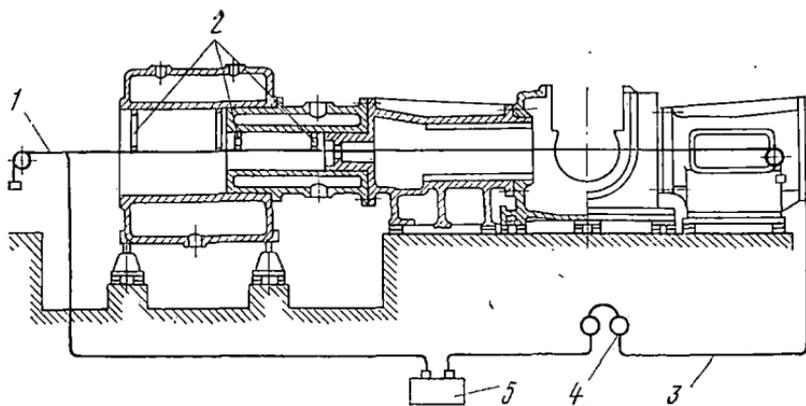


Рис. 25. Схема электрической цепи при электроакустическом методе проверки соосности

1 — струны; 2 — штихмас; 3 — провод; 4 — наушники; 5 — батарея

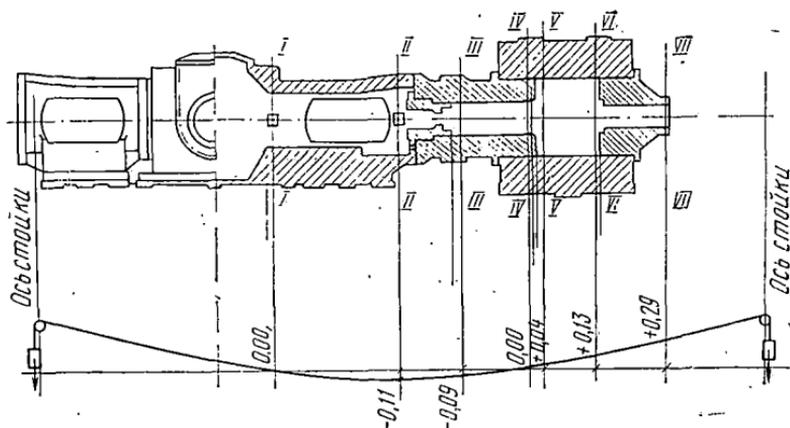


Рис. 26. Диаграмма провисания струны

точным фонарем, то последний устанавливают и проверяют одновременно с цилиндром. Центровку проводят в двух сечениях по местам расположения центровочных приливов. Измерения проводят с помощью штихмаса электроакустическим способом. Сначала струну устанавливают по оси направляющих в горизонтальной плоскости. Расстояния от стенок цилиндра до струны, замеренные по обе стороны от нее по диаметру, в каждом сечении должны быть равны между собой. Допустимое отклонение  $\pm 0,01$  мм, причем оно должно быть направлено в одну сторону от струны в обоих сечениях.

При установке струны в вертикальной плоскости положение ее в крайнем сечении I—I направляющих (см. рис. 24) принимают за исходное — нулевое для удобства дальнейших замеров. При этом расстояния от струны до верхней и нижней направляющих должны быть равны (допустимое отклонение  $\pm 0,01$  мм). В сечении II—II

направляющей крещкопфа струну ставят с учетом провисания, заданного для этой точки (0,14 мм). Расстояние от струны до верхней направляющей должно быть больше расстояния от струны до нижней на удвоенную величину провисания (с допуском  $\pm 0,01$  мм). Струну устанавливают на этих расстояниях в обоих сечениях направляющих одновременно, так как перемещение струны по показаниям только одного сечения вызывает нарушение установки в другом сечении. После центровки струны по направляющим проверяют расположение относительно нее первого цилиндра.

**Определение смещения и излома осей.** По диаграмме намечают сечения III—III; IV—IV и последующие (см. рис. 24), в которых будут сделаны замеры. Сначала в каждом сечении проверяют положение оси цилиндра относительно струны в горизонтальной плоско-

Рис. 27. Схема смещения оси цилиндра по вертикали  
1 — цилиндр; 2 — струна

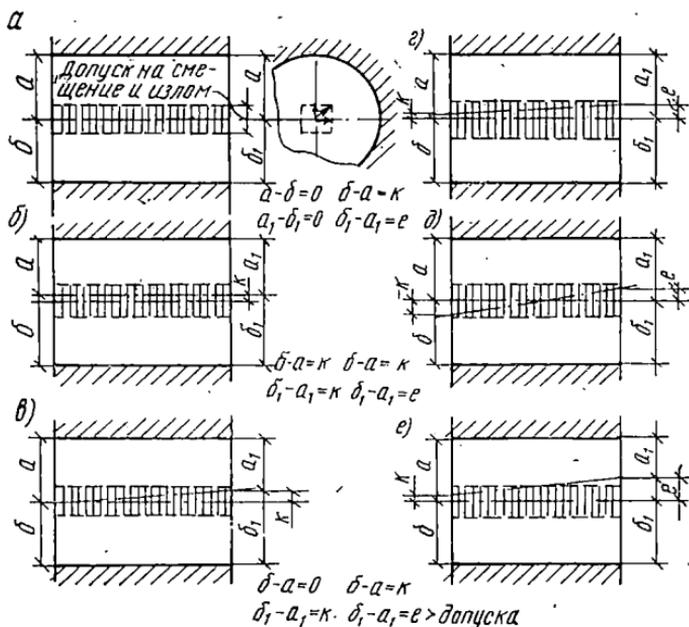
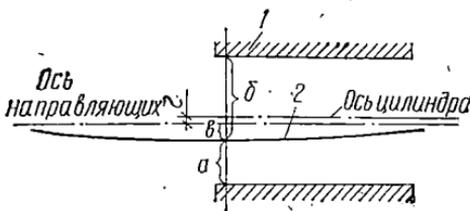


Рис. 28. Схема относительного расположения осей цилиндра и направляющих  
а — совмещенное; б — со смещением осей; в — с изломом; г — со смещением и изломом, допустимое; д — со смещением и изломом, недопустимое из-за перекоса осей; е — со смещением и изломом, выходящее за пределы допуска

сти. Смещение оси в горизонтальной плоскости подсчитывают как полуразность расстояний (замеренных штихмасом) от зеркала цилиндра до струны.

Смещение осей в вертикальной плоскости (рис. 27) измеряют с учетом провисания струны. К расстоянию  $a$  от нижней точки зеркала цилиндра до струны прибавляют величину ее провисания  $b$ , а из расстояния  $b$  от верхней точки зеркала до струны вычитают эту же величину  $b$ . Полуразность полученных значений дает величину смещения  $g$  осей в данном сечении. При совпадении оси цилиндра с осью струны расстояния  $a$  и  $b$  в обоих сечениях будут равны (рис. 28). Если разности расстояний в каждом сечении равны и одинаковы, то ось цилиндра смещается параллельно оси струны. Отклонение размера только в одном сечении свидетельствует об изломе осей. Различные отклонения в обоих сечениях указывают на излом и смещение оси цилиндра. Во всех случаях смещение и излом оси цилиндров должны располагаться по одну сторону оси направляющих. Пересечение этих осей в пределах данного центрируемого цилиндра не допускается, т. е. в обоих сечениях по концам рабочей поверхности цилиндра ось его должна располагаться по одну сторону от оси направляющих. Не разрешаются смещение и излом осей, выходящие за пределы допуска. По полученным величинам смещений в вертикальной и горизонтальной плоскостях подсчитывают абсолютную величину смещения оси цилиндра относительно оси направляющих. Эта величина равна гипотенузе прямоугольного треугольника, катетами которого являются смещения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Допуск на смещение осей и излом осей цилиндров и направляющих указан в паспорте компрессора.

Допуск на смещение осей (в мм) и излом осей (в мм на 1 м) цилиндров и направляющих в многоступенчатых компрессорах для цилиндров первой и второй ступеней — 0,15; третьей ступени — 0,1; четвертой и пятой ступеней — 0,05. В одноступенчатых компрессорах допуск на смещение осей 0,15—0,3 мм, а на излом — 0,2—0,3 мм на 1 м, или 0,02—0,03 мм на 100 мм длины зеркала цилиндра.

Центровку цилиндров обычно проводят одновременно с проверкой совмещения оси цилиндра с серединой шатунной линейки коленчатого вала и с проверкой «угла вала». Измеряют расстояние от щеки кривошипа у галтели до струны в переднем и заднем его положениях. В каждом из этих положений расстояния от щеки до струны должны быть равны (допускаемое отклонение 0,1 мм на 1 м длины). При большем отклонении необходимо расцентровать струну в обоих положениях кривошипа вала так, чтобы уложиться в величину допуска, а затем заново отцентрировать по струне направляющую крещкопфа, фонарь и цилиндры.

*Устранение смещения и излома осей.* Все нарушения соосности, выходящие за пределы допусков, исправляют опиливанием и пришабриванием привалочных поверхностей. Излом осей устраняют, снимая слой металла клинообразного сечения.

Смещение оси цилиндра устраняют опиливанием центрирующего бурта. Снимают слой металла по полуокружности бурта, наибольший в направлении смещения, с постепенным уменьшением слоя к диаметру, перпендикулярному направлению смещения. Наибольшая толщина снимаемого слоя равна величине смещения осей.

Если встречаются смещение и перекос одновременно, то сначала устраняют смещение опиливанием центрирующего бурта, а затем перекос опиливанием привалочных поверхностей. Наибольшая толщина

(в мм) слоя, подлежащего опиливанию на привалочной поверхности (рис. 29):

$$T = B \frac{b - a}{B - A},$$

где  $B$  — средний диаметр привалочной поверхности кольца;  
 $a$  и  $b$  — смещения цилиндров в сечении, примыкающем (I—I) и противоположном (II—II) привалочной поверхности;  
 $A$  и  $B$  — расстояния от привалочной поверхности до сечений I—I и II—II.

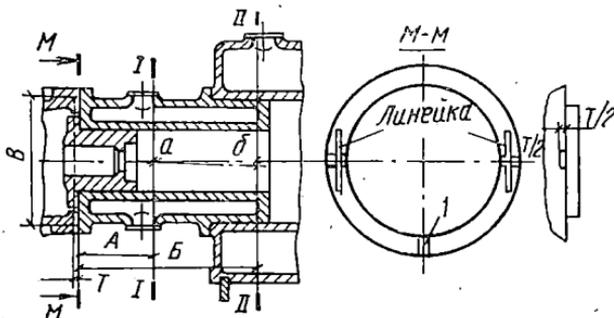


Рис. 29. Схема опилки торца цилиндра для устранения излома осей

Опиливают следующим образом. На привалочной поверхности там, где необходимо снять наибольший слой металла, пропиливают на ширину напильника контрольную канавку глубиной 1 мм, а на среднем диаметре, перпендикулярном контрольной канавке, — еще две канавки на глубину  $T/2$  мм. Для замера глубины пропиливаемой канавки используют шуп, которым проверяют просвет между дном канавки и линейкой, установленной на бурт цилиндра. Привалочную поверхность опиливают, постепенно снимая слои металла между канавками и той частью бурта, где толщина опиливаемого слоя достигает нулевого значения. За один проход новым напильником снимают слой металла 0,005 мм. Опиленную поверхность окончательно доводят шабровкой на краску по контрольному чугунному кольцу, которое вытаскивают по размеру бурта цилиндра и пригоняют по контрольной плите. После прищавливания контрольное кольцо должно прилегать к исправленной привалочной поверхности цилиндра, давая не менее восьми пятен на квадрате  $25 \times 25$  мм. Точнее, но с большими затратами времени положение привалочной поверхности можно исправить, руководствуясь замерами по свинцовым оттискам. Для этого поверхность бурта делят на восемь равных частей по окружности. Цилиндр устанавливают на шпильки и в зазор между привалочными поверхностями цилиндра и рамы в местах разметки закладывают свинцовые пластинки толщиной 8—10 мм, длиной 100—120 мм.

Гайки цилиндров подтягивают так, чтобы сжать оттиски на 4—5 мм. Неравномерно затягивая гайки, правильно расцентровывают цилиндр по струне. До снятия цилиндра оттиски маркируют по положению их на бурте. После снятия толщину оттисков измеряют микрометром. Толщину слоя, которую необходимо снять, определяют, вычитая из всех полученных замеров наименьший, характеризующий нулевое значение слоя. По этим данным, пользуясь маркировкой

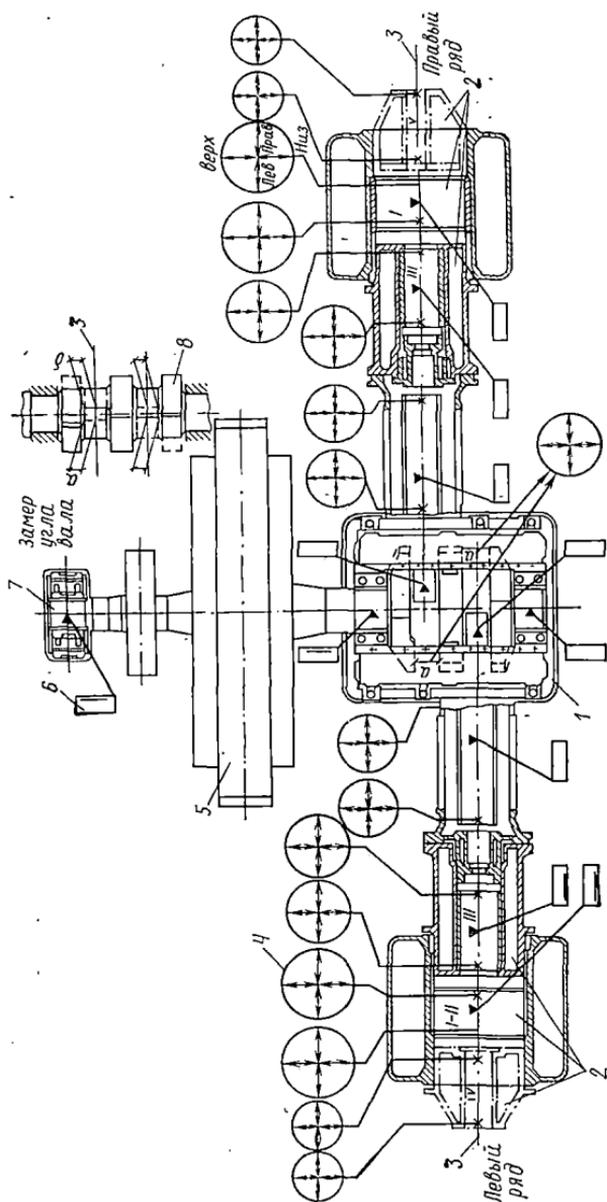


Рис. 30. Схема замеров при выверке вала и цилиндров компрессора  
 1 — рама; 2 — цилиндр; 3 — струны; 4 — диаграмма замеров при выверке рамы и цилиндров компрессора; 5 — электродвигатель;  
 6 — диаграмма замеров уровнем; 7 — выносной подшипник; 8 — коленчатый вал; I—V — ступени компрессора; а, б — обозна-  
 чения размеров

оттисков, в семи отмеченных местах пропиливают контрольные канавки. После исправления привалочной поверхности цилиндра вновь проверяют правильность положения его зеркала по струне, окончательные данные замеров по горизонтальности и соосности заносят в монтажный формуляр. В заключение проверяют положение скользящей или качающихся опор, прилегание которых могло быть нарушено, и подливают фундаментную стойку бетоном.

На рис. 30 приведена схема замеров при выверке вала и цилиндров компрессора.

**Монтаж шатунно-поршневой группы** включает в себя установку в цилиндры поршней в сборе с кольцами, штоком и сальниковыми уплотнениями, установку в направляющие и промежуточные фонари крейцкопфов и долзунов, соединение их со штоком, соединение шатунов с валом.

**Регулирование мертвого пространства цилиндров.** Мертвые пространства или зазоры между торцами поршня и крышками цилиндров предохраняют крышки и поршень от касаний и ударов при тепловом удлинении штока или выработке вкладышей шатунных подшипников. Линейный зазор мертвого пространства в цилиндрах при крайнем положении поршня к раме должен быть на 2—3 мм меньше линейного зазора при другом крайнем положении. Размеры линейных зазоров мертвых пространств для компрессора даны в его паспорте. Допустимое отклонение от требуемой величины зазора составляет  $\pm 0,5$  мм.

Зазоры  $a$ ,  $a_1$ ,  $b$ ,  $b_1$  измеряют по свинцовым оттискам (рис. 31).

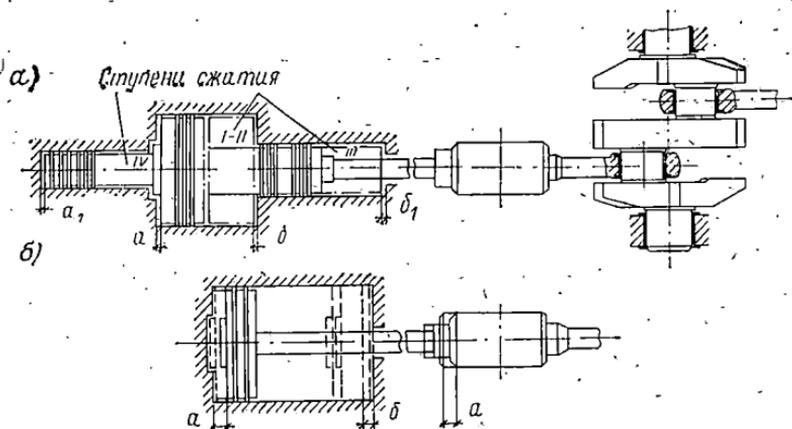


Рис. 31. Схемы измерения линейных зазоров мертвых пространств по оттискам (а) и по разметке (б)

В цилиндр между крышками и поршнем закладывают через клапанные отверстия отрезки свинцовой проволоки диаметром 6—8 и длиной 100—150 мм или таких же размеров полоски из листа, свернутые в трубку. Далее вал компрессора поворачивают так, чтобы поршень прошел через мертвую точку (дисковый поршень проходит через две мертвые точки) и сплюснул заложенный в цилиндр свинец.

В небольших компрессорах, если трудно снять свинцовые оттиски,

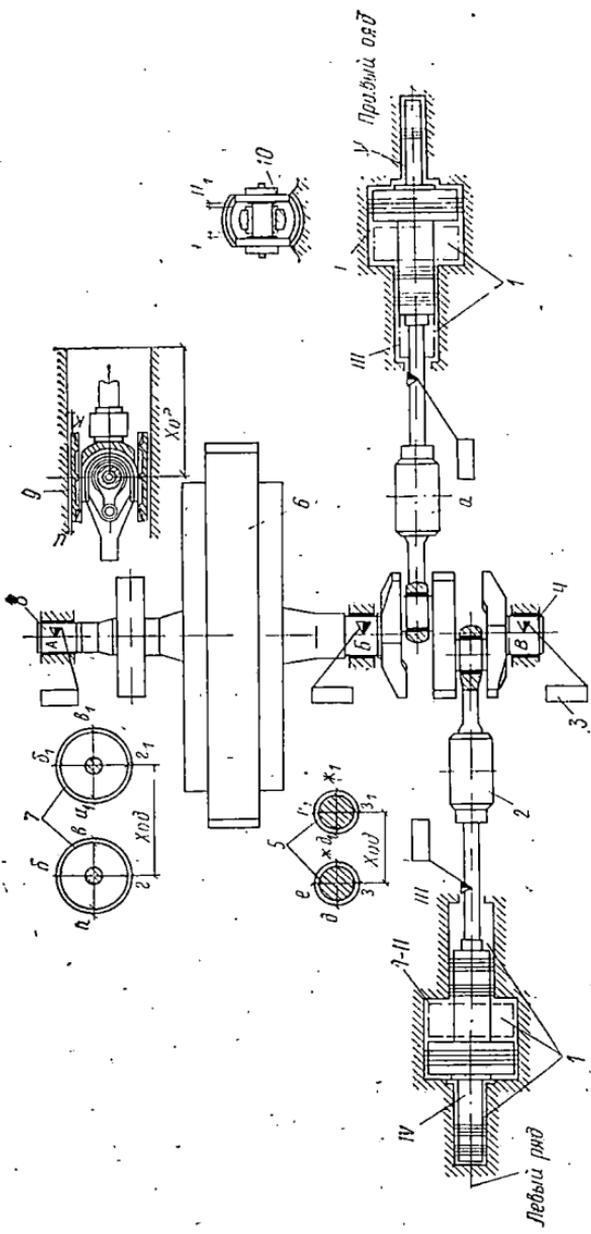


Рис. 32. Схема измерения зазоров в механизме движения компрессора

1 — цилиндры; 2 — шатун; 3 — шатун; 4 — коленчатый вал; 5 — диаграмма зазоров между штоком и буксой сальника; 6 — электродвигатель; 7 — диаграмма зазоров между поршнем и стенкой цилиндра; 8 — выносной подшипник; 9 — кресткопф; 10 — кресткопф; 11 — диаграмма зазоров между кресткопфом и торцами вкладыша; 1—V — ступени цилиндра;  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\delta_1$ ,  $\epsilon_1$  — зазоры между штоком и буксой сальника при крайнем переднем положении штока;  $\delta_1$ ,  $\epsilon_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\epsilon_2$  — то же, при заднем положении штока;  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\delta_1$ ,  $\epsilon_1$  — зазоры между поршнем и стенкой цилиндра при крайнем переднем положении поршня;  $\delta_2$ ,  $\epsilon_2$  — зазоры между поршнем и стенкой цилиндра при крайнем заднем положении поршня;  $\delta_3$ ,  $\epsilon_3$  — зазоры между верхней параллелью и кресткопфом;  $\delta_4$ ,  $\epsilon_4$  — зазоры между кресткопфом и торцами вкладыша; A, B, B — зазоры между верхним вкладышем подшипника и шейкой вала

линейный зазор мертвого пространства можно замерять по крейцкопфу и направляющим. Вал поворачивают на полный оборот, отмечая на направляющей крейцкопфа крайние положения поршня по контрольной риске, нанесенной на корпусе крейцкопфа или его нижнем башмаке. Затем, расцепив крейцкопф с шатуном, вручную доводят поршень до крайних положений с упором в крышки цилиндра и по контрольной риске на крейцкопфе вновь делают отметки на направляющей. Расстояние между первой и второй отметками соответствует величине линейного зазора (*a* или *b*).

Зазор регулируют, подбирая толщину дистанционной шайбы или набора шайб, закладываемых в отверстие крейцкопфа под хвостовик штока. При уменьшенном линейном зазоре в передней полости толщину набора уменьшают, при увеличенном зазоре — ставят дополнительную шайбу. При закреплении штока двумя гайками для регулировки зазора сдвигают шток в нужном направлении, ослабляя одну из гаек и подтягивая другую (рис. 32).

Установка сальников. Конструкция сальников (форма и количество уплотняющих элементов, порядок их расположения и величины зазоров) определяется видом подаваемого компрессором продукта и давлением. При монтаже должны быть обеспечены качественная пригонка примыкающих друг к другу плоскостей и стыков, плотное прилегание уплотняющих элементов к штоку поршня и монтажные зазоры между элементами.

Обычный сальник состоит из четырех — восьми камер (рис. 33), каждая из которых снабжена двумя плоскими кольцами, составляющими элемент набивки; замыкающим кольцом (первое по ходу газа), примыкающим к борту камеры, которое разрезано на три части, так как служит для перекрытия осевых зазоров второго кольца. Последнее разрезано на шесть частей и называется уплотняющим, так как у него полностью перекрыты радиальные зазоры. Каждое кольцо оттягивается с помощью браслетной пружины, заложенной в специальную канавку при цилиндрической части кольца. Одна из средних камер сальника или последующие за ней камеры имеют отверстия, по которым в сальник подается масло.

После разборки и расконсервации протертые насухо детали сальника сортируют по маркировке, указанной в чертеже, и проверяют качество их взаимной пригонки. Для проверки на притираемые поверхности карандашом наносят риски. Следы карандаша должны стираться при поворачивании одной поверхности относительно другой.

Сначала проверяют прилегание торцевых поверхностей уплотняющего и замыкающего колец, а также замыкающего кольца и камеры. Одновременно проверяют пригонку торцов опорной втулки и нажимного фланца к примыкающим к ним камерам. Притертые до ровного матового цвета поверхности не должны иметь сквозных рисок, забоин и других дефектов.

Далее на стирание следов карандаша или на краску проверяют прилегание к штоку каждого кольца в сборке. При установке уплотняющего элемента в камеру между ними выдерживают осевой зазор  $a = 0,08 - 0,12$  мм (рис. 34).

Проверку можно проводить, измеряя щупом зазор между дном камеры и уплотняющим элементом при установке их на контрольную плиту или зазор между элементом, уложенным в камеру, и торцом следующей камеры. Если зазор больше 0,12 мм, то необходимо уменьшить высоту камеры дополнительной притиркой ее узкой тор

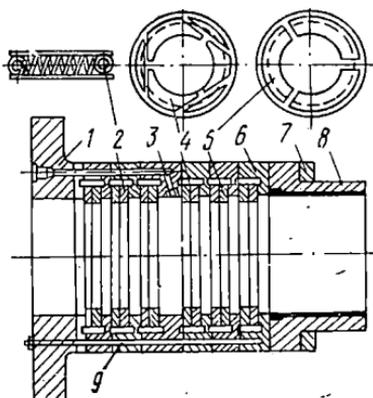


Рис. 33. Сальник и сальниковые кольца

1 — нажимной фланец; 2 — браслетная пружина; 3 — камера для смазки; 4 и 5 — уплотняющее и замыкающее кольца; 6 — камера; 7 — дистанционное кольцо; 8 — опорная дроссельная втулка; 9 — шпилька

Рис. 34. Схема проверки осевого зазора между камерой и уплотняющим элементом по плите (а) и по камере (б)

1 — камера; 2 — уплотнительный элемент; 3 — плита

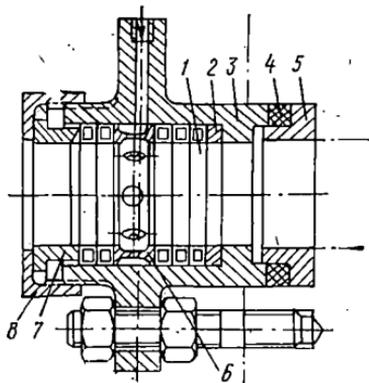
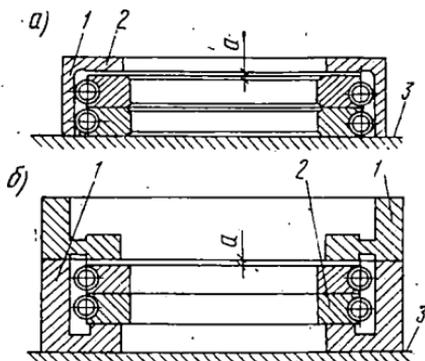


Рис. 35. Сальник аммиачного компрессора

1 — набивка; 2 — баббитовое кольцо; 3 — корпус; 4 — прокладка; 5 — опорная втулка; 6 — фонарь; 7 — нажимная втулка; 8 — гайка

цевой кромки. По окончании пригонки камер контролируют точность их взаимного прилегания, обеспечивающую герметичность при работе. Для этого проверяют собранный сальник с помощью приспособления, состоящего из двух фланцев и стягивающих их шпилек. Герметичность образовавшегося стакана проверяют, наливая в него керосин и выдерживая 3 ч.

Для установки сальника шток отсоединяют от крейцкопфа. Поршень со штоком отводят в крайнее заднее, а крейцкопф — крайнее переднее положение. Детали сальника и шток смазывают маслом и устанавливают сальник.

Сальники аммиачных компрессоров (рис. 35) с уплотнением из мягкой асбестовой набивки, пропитанной графитом, имеют в средней части кольцевой фонарь, который предотвращает утечку газа в атмосферу. Верхняя часть фонаря соединена трубкой со всасывающей линией компрессора, а через нижнюю подается масло к штоку и сальниковой набивке. Последняя выполнена из пропитанного графитом асбеста круглого или квадратного сечения. Стыки асбестовых колец имеют косые срезы, при установке в корпус сальника стыки не должны совпадать. Необходимо, чтобы в стыке сечение кольца не изменялось, в противном случае нарушается плотность взаимного примыкания колец.

При установке колец в гнездо следует учитывать, что при затяжке нажимной втулки набивка несколько обжимается и фонарь может быть смещен относительно отверстий для отсоса газа и подачи смазки. Во избежание этого при сборке фонарь смещают в сторону нажимной втулкой на расстояние, равное ширине одного-двух колец набивки. Для проверки сопоставляют с помощью линейки расстояние от торца корпуса до оси отверстий с высотой выбора сальниковых колец и фонаря. Порядок пригонки к штоку нажимной и опорной втулок и зазоры между ними и штоком такие же, как и для металлических сальников. Затяжка сальников в сборе нажимной гайкой не должна вызывать нагрева штока от трения о сальниковую набивку. По мере приработки сальника и штока гайку подтягивают.

В сальниках для компрессорных цилиндров, работающих с давлением 5 МПа и более, уплотняющие элементы выполнены в виде трех разрезных конических колец (рис. 36), которые при обжатии плотно прилегают к штоку. В зависимости от давления сальник комплектуется из четырех — шести камер. В сборе кольца (Т-образное и два уплотняющих) имеют трапецеидальную форму с широким основанием, обращенным к штоку. Для перекрытия прорезей колец взаимное положение их при сборке фиксируется штифтами. Конические поверхности колец и прилегающие к ним по торцам поверхности упорной шайбы и обоймы пригоняют так, чтобы при проверке по краске в каждом квадрате  $10 \times 10$  мм было не менее двух пятен. С такой же плотностью должны прилегать к штоку и соприкасающиеся с ним поверхности колец.

Установка всасывающих и нагнетательных клапанов. Рабочие клапаны цилиндров служат для открытия и закрытия их полостей во время всасывания и нагнетания. Применяют следующие типы действующих пластинчатых клапанов: кольцевые, дисковые и полосовые (рис. 37).

В холодильных компрессорах, а также в большинстве газовых и воздушных компрессоров применяют прямоточные клапаны, в которых полосовые пластины расположены вдоль потока газа, что значительно снижает потери напора. Пластины, примыкающие к

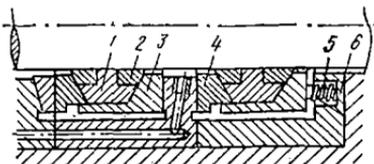


Рис. 36. Сальник высокого давления

1 — Т-образное кольцо; 2 — уплотняющее кольцо; 3 — обойма; 4 — упорная шайба; 5 — пружина; 6 — камера

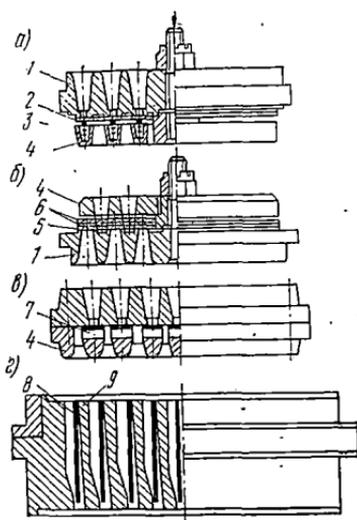


Рис. 37. Кольцевой (а), дисковый (б), половой (в) и прямооточный (г) рабочие клапаны

1, 9 — седло; 2 — кольцевая пластина; 3 — пружина; 4 — ограничитель подъема; 5 — дисковая пластина; 6 — буферная пластина; 7 — половая пластина; 8 — пластина

седлу клапана, слегка изгибаются, когда пропускают газ, и почти не меняют его направления.

Всасывающие и нагнетательные пластинчатые клапаны комплектуют из одинаковых деталей. Различие заключается в расположении и креплении седла и ограничителя подъема пластины (упора). При монтаже клапанов необходимо обеспечивать плотное прилегание пластин к седлам и герметичность их в закрытом положении.

После расконсервации все обработанные поверхности деталей, особенно седел и пластин, нужно тщательно осматривать. В местах уплотнений устраняют возможные забоины, следы коррозии и поперечные риски, которые впоследствии при работе могут привести к утечке газа. По контрольной плите проверяют возможную деформацию пластины. Для этого пластину укладывают плотно на плиту и слегка ударяют по пластине рукой. Покачивание пластины свидетельствует об искривлении ее поверхности. Далее проверку ведут с помощью щупа. Ниже приведены значения допустимого просвета между пластиной и плитой на дуге длиной, равной радиусу пластины, при различных наружных диаметрах пластины, мм:

Наружный диаметр	90—120	120—180	180—200	200—250	Свыше 250
Допускаемый просвет	0,03	0,05	0,08	0,15	0,2

Для обеспечения плотности прилегания на пластину устанавливают груз массой, примерно равной усилию пружины клапана в рабочем состоянии.

При сборке клапана следят за тем, чтобы пластины поднимались свободно по направляющим упора, и все пружины входили в свои гнезда на упоре. В кольцевых клапанах для одновременного подъема всех колец без перекосов и заеданий пружины упора должны иметь одинаковую жесткость, а пластины кольцевых клапанов должны быть подогнаны по направляющим упора.

После укладки пружин и пластин упор плотно прижимают к

седлу, для этого затягивают до отказа и стопорят гайку. Работу пластин проверяют, нажимая на них прутком, проходящим через паз. После сборки клапан устанавливают в соответствующее гнездо (клапанную коробку) цилиндра.

**Монтаж электродвигателей.** Порядок монтажа механической части электродвигателя зависит от типа соединения вала его ротора с коленчатым валом компрессора. Роторы электродвигателей устанавливают на коленчатом валу консольно или на приставном валу, который соединяется с коленчатым валом фланцем. Монтаж электродвигателей, ротор которых устанавливают на конце коленчатого вала консольно, на выносном подшипнике или на приставном валу, опирающемся на выносной подшипник, начинают с установки и выверки фундаментных плит, затяжки фундаментных болтов. Плиты выверяют в плане, на горизонтальность и по высоте.

При установке ротора консольно сборку выполняют на выкладке из деревянных шпал. Ротор с валом заводят в статор в два приема. Стропы располагают так, чтобы при подъеме ротор и вал заняли горизонтальное положение, в то же время необходимо, чтобы конец вала, противоположный ротору, можно было на максимальную длину завести в статор. При второй строповке ротор полностью заводят на место. Обмотки катушек предохраняют от повреждения картонными или паронитовыми прокладками. Вал с электродвигателем в сборе укладывают на подшипники рамы.

Ротор может быть установлен на консоль коленчатого вала и в случае, когда вал уложен в подшипники рамы. Для этого статор после предварительной установки и выверки на плитах сдвигают до предела в сторону от рамы. Ротор, подвешенный на стропе, заводят на консоль вала с помощью нажимного приспособления, захваты которого закрепляют на щеке первого кривошипа. После выверки ротора и установки шпонок статор возвращают на прежнее место с помощью домкратов.

При выверке зазора между сердечниками катушек статора и ротора при окончательной установке статора необходимо учитывать прогиб консольного конца вала под действием массы ротора. Это следует учитывать и при регулировке расхождения щек ближайшего к ротору кривошипа коленчатого вала, изменяя положения выносного подшипника. Выверяя зазоры между статором и ротором на консоли вала, следует учитывать одностороннюю силу магнитного притяжения, возникающую, если зазор неравномерный, и силу, которая может частично компенсировать вес ротора, уменьшая этим расцеп и нагрузку на подшипники. У опозитных компрессоров величина эксцентриситета, при котором возникает односторонняя поддерживающая магнитная сила, должна быть не меньше 0,2 от величины зазора для базы M10 и 0,3 — для баз M16 и M25 и направлена вверх.

Коленчатый вал соединяют с приставным валом фланцами, которые выполняются за одно целое с валами. Соединение производят до установки ротора на приставной вал по заводским контрольным меткам. Валы центрируют с помощью выступа на одном из фланцев и впадины на другом. При совпадении осей болты, соединяющие фланцы, должны плотно входить в отверстия от легких ударов молотком по прокладке. Отверстия часто приходится развертывать из-за некоторого смещения их центров, несоответствия диаметру болтов или относительного смещения фланцев. Фланцы соединяют четырьмя монтажными болтами уменьшенного диаметра, располагая их кре-

стообразно по окружности. Применяют комплект из трех разверток, считая, что за один проход снимается припуск до 0,2 мм. Диаметр последней развертки должен быть равен диаметру призонного болта.

После установки призонных болтов удаляют монтажные болты. Отверстия, в которых были установлены монтажные болты, развертывают. Последовательность затяжки крест-накрест.

Прямолинейность общей оси коленчатого и приставного валов проверяют по расхождению щек первого от фланца кривошипа, для чего оба вала после соединения укладывают в предварительно пригнанные вкладыши коренных подшипников рамы и выносного подшипника.

Расхождение щек в вертикальной и горизонтальной плоскостях доводят до нуля, изменяя положение выносного подшипника. Затем при помощи индикатора измеряют биение шейки приставного вала, поворачивая вал на один оборот. Индикатор крепят на стойке выносного подшипника. Биение, указывающее на излом оси валов в месте их соединения, устраняют вторичной более точной затяжкой фланцев.

Когда приставной вал поступает в сборе с ротором, после установки выносного подшипника, кроме центровки, определяют по расхождению щек биение фланца приставного вала. За один оборот проверяют смещение или излом осей соединяемых валов. На стойке, прикрепленной к одной из шпилек коренного подшипника, устанавливают два индикатора: стержень одного из них касается образующей, стержень другого — торца фланца приставного вала. Дефект устраняют перезатяжкой болтов всего соединения. Если необходимо проверить перпендикулярность торца фланца оси вала, пользуются одним или двумя индикаторами, которые прикрепляют на кронштейнах к шпилькам крышки подшипника. Вал вращают, отмечая показания индикаторов через каждые 45° угла поворота. Величина биения, указывающая на неперпендикулярность, равна разности показаний индикатора в мм, взятых при противоположных положениях кривошипа и поделенных на расстояние между точками замера в м. Эта величина не должна превышать 0,05 мм на 1 м диаметра. Работая одним индикатором, нужно исключить максимальное смещение вала. Неперпендикулярность фланца устраняют его припиливанием и шлифованием.

Электродвигатели, поступающие в сборе и соединяемые с компрессором муфтой, центрируют по полумуфтам.

В крупных двухкорпусных оппозитных компрессорах электродвигатель расположен между корпусами (рис. 38).

Статор — разъемный из двух половин. Вал ротора опирается на два выносных подшипника, устанавливаемых отдельно на фундаменте. Вал соединяется муфтами с коленчатыми валами обоих корпусов компрессора. Статорные плиты устанавливают на фундамент и выверяют нивелиром на подкладках, уложенных на бетонные подушки. При транспортировании краном нижней половины статора массой 12,5 т в нее закладывают по диаметру деревянный брус, для того чтобы не деформировались свободные концы стыка. Под нижней частью статора устанавливают два опорных домкрата.

Выносные подшипники устанавливают на фундаменте на плитах и выверяют с помощью подкладок. Нижнюю половину статора выверяют по отношению к выносным подшипникам с помощью струн, которые натягивают между телескопическими стойками: одну по оси подшипников со взаимной расцентровкой их по плоскости разъема

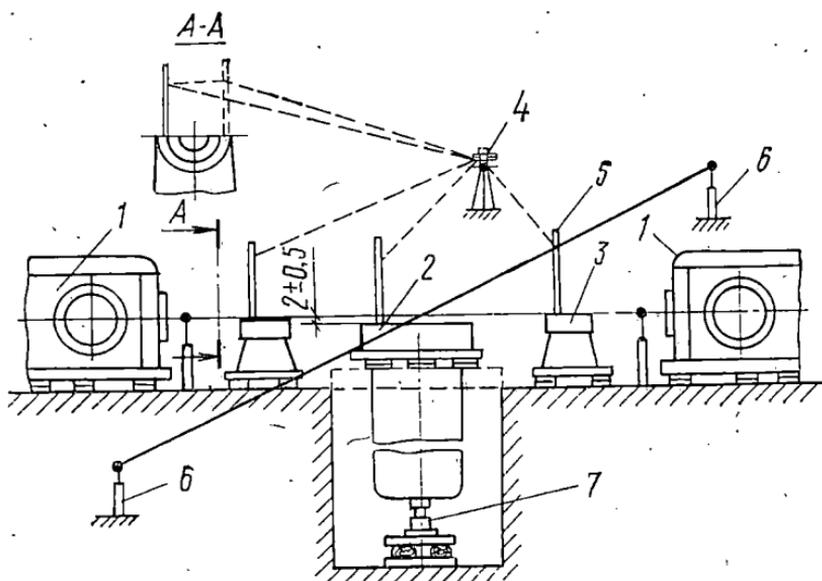


Рис. 38. Схема монтажа электродвигателя двухкорпусного оппозитного компрессора

1 — рама компрессора; 2 — нижняя половина статора; 3 — выносной подшипник; 4 — нивелир; 5 — рейка; 6 — телескопическая стойка; 7 — домкрат

(допустимое отклонение  $\pm 0,1$  мм) и вторую — по поперечной оси электродвигателя. Струны должны пересекаться под прямым углом, причем ось подшипников располагается выше оси электродвигателя на  $2 \pm 0,5$  мм. Показатель правильной установки нижней части статора — совпадение струны с осевыми отметками на плоскости его разреза. Высотные отметки плоскостей разреза нижней половины статора, а также высотные отметки подшипников проверяют нивелиром. Подшипники должны быть расположены на  $2 \pm 0,5$  мм выше статора. Регулируют высоту подкладками, уложенными между плитой и подошвой подшипников. Допустимые отклонения высотных отметок между подшипниками  $\pm 0,5$  мм, для плоскостей разреза статора  $\pm 0,5$  мм.

Ротор электродвигателя неразъемный, его устанавливают в специальные деревянные распорки, затем в него запрессовывают вал и закрепляют шпонки. При запрессовке применяют специальное приспособление. Колесо ротора подогревают на  $25-30^{\circ}\text{C}$ . Полусные катушки монтируют после установки вала с ротором на подшипники (это зависит от грузоподъемности крана). Проверяют прилегание вкладышей к шейкам вала ротора. Затем вал укладывают в очищенные и заправленные маслом подшипники. Затем измеряют осевые зазоры во вкладышах. Регулировку зазоров до значений  $0,5-0,8$  мм выполняют смещением плит.

После установки катушек ротора их объединяют в общий контур и подсоединяют к сети. Механизм для поворота вала устанавливают горизонтально (допустимое отклонение —  $0,1$  мм на  $1$  м, зазор между вершиной ведущей звездочки и впадиной зуба венца —  $5$  мм).

При установке верхней половины статора между стыками обеих половин ставят прокладки толщиной 0,5 мм из паронита для картона. Радиальный зазор между сердечниками катушек статора и ротора во всех точках должен составлять  $15 \pm 0,5$  мм. Изменение зазора, замеряемого на одной линии по обе стороны от статора, не должно превышать 0,2 мм. Это изменение характеризует перпендикулярность оси компрессора и поперечной оси электродвигателя.

**Монтаж маслосистем.** Маслосистемы готовят к монтажу и монтируют в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя. Маслопроводы, поступающие на монтаж не закрепленными на компрессоре, перед монтажом должны быть протравлены. Смонтированные маслопроводы должны плотно прилегать к фундаменту и компрессору.

Плотность соединений системы смазки проверяют при промывке ее маслом от масляного насоса с индивидуальным приводом. Одновременно проверяют поступление масла ко всем смазываемым точкам. По окончании промывки проверяют чистоту масла и фильтрующих элементов масляных фильтров. В случае загрязнения масло должно быть заменено, а фильтрующие элементы очищены.

**Присоединение трубопроводов к компрессорам.** Трубопроводы присоединяют к компрессорам в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя. До этого очищают внутренние поверхности всасывающих межступенчатых трубопроводов. Передача нагрузки от веса трубопроводов на патрубки компрессора не допускается.

Трубопроводы присоединяют после выверки и окончательного закрепления компрессора на фундаменте. После присоединения трубопроводов к компрессору проверяется центровка валов машин компрессорного агрегата.

## ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА КОМПРЕССОРОВ В КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Смонтированные компрессорные агрегаты подвергают индивидуальным испытаниям сначала вхолостую, а затем под нагрузкой. Компрессоры испытывают совместно с системами автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты, если эти системы предусмотрены проектом.

До начала испытаний компрессора отдельно обкатывают вхолостую электродвигатель до установления нормальной температуры подшипников, но не менее двух часов.

Компрессорный агрегат испытывают только при наличии актов и занесенных в монтажный формуляр результатов замеров, свидетельствующих о качестве монтажа.

**Первый пуск компрессоров** осуществляют обычно без клапанов. Перед этим необходимо проверить уровень масла в системе циркуляционной смазки и баке лубриката, пустить воду для охлаждения компрессора и масляного холодильника. Если компрессор будет работать под нагрузкой, то воду пускают в холодильники всех ступеней. Затем включают масляные насосы, если они имеют индивидуальные приводы. Для компрессоров, у которых привод к насосам осуществляется от коленчатого вала, масло первоначально подают к цилиндрам и сальникам, вращая вал лубриката вручную на 50—60 оборотов. Затем проверяют подачу масла в каждую точку смазки.

Первый пуск обычно осуществляют в следующем порядке:

1) нажав кнопку «Пуск», сразу же нажимают кнопку «Стоп» — этим проверяется направление вращения коленчатого вала (как правило, направление вращения по часовой стрелке, если смотреть на компрессор со стороны привода);

2) производят повторный пуск, доводят число оборотов до номинального и останавливают компрессор. При пуске компрессора нужно внимательно следить за показаниями манометра системы циркуляционной смазки. Отсутствие стука и резкого шума во время работы машины — признак исправной работы компрессора, а отсутствие дыма в картере свидетельствует о нормальной смазке всех трущихся поверхностей;

3) если в предыдущие пуски никаких дефектов не обнаружено, то компрессор вновь запускают на 5 мин, затем выключают и ждут 2—3 мин, пока в внутренних поверхностях машины стечет масло, и тепло с трущихся поверхностей распространится в глубь деталей: коренные и кривошипные подшипники, если их проверять сразу после остановки компрессора, не показывают опасного трения, но нередко через некоторое время их нагрев по отношению к температуре окружающей среды становится значительным, что указывает на неправильную сборку подшипников.

**Испытание на холостом ходу.** Проверив нагрев всех деталей, проверяют прочность крепления движущихся частей, а также сохранность шплинтов на шатунных болтах и гайках крещцовых пальцев. Если после 5-минутной работы компрессора не обнаружено никаких неполадок (стука, перегрева, резкого шума и пр.), то компрессор включают вновь на 30 мин, после чего останавливают и осматривают. При отсутствии неполадок компрессор запускают на 1 ч, снова осматривают и при удовлетворительных результатах осмотра включают для непрерывной работы в течение 8—10 ч.

Часовое испытание компрессора на холостом ходу повторяют, если после первого часового испытания пришлось устранять дефекты, связанные с разборкой и подгонкой сборочных единиц.

Перед последним запуском (на 8—10 ч) необходимо обязательно осмотреть масляный фильтр, очистить его от грязи и промыть керосином. Следует отметить, что во время первых пусков компрессора сетки масляного фильтра засоряются особенно быстро, обычно через 1—1,5 ч работы. Засорение фильтра легко обнаружить по падению давления подачи масла.

После восьми-десятичасовой обкатки масло необходимо заменить чистым или хорошо профильтрованным через мелкую сетку и фланель с последующим отстоем, очистить маслосборники, корпуса фильтров и др.

Если в процессе этой обкатки компрессора не обнаружены никакие дефекты, то продувают трубопроводы и аппараты. Компрессор продувают воздухом, всасываемым первой ступенью. Сначала продувают первую ступень, затем последовательно остальные. Продувать каждую ступень необходимо столько времени, сколько потребуется для качественной очистки трубопроводов и аппаратуры.

Продувку начинают со всасывающего трубопровода первой ступени. Для этого в цилиндре меняют местами всасывающие и нагнетательные клапаны, изменяя этим направление движения воздуха. Здесь необходимо помнить, что при перемене мест всасывающий клапан может своим ограничителем войти в цилиндр, что вредно скажется на потоке воздуха. Чтобы этого не случилось, под клапан следует поставить дистанционное кольцо. Чтобы воздух всасывался через от-

верстие под нагнетательный клапан, от цилиндра отсоединяют нагнетательный трубопровод, а отверстие по фланцу закрывают металлической фильтровальной сеткой. После включения в работу компрессора трубопровод обстукивают молотком, чтобы отделить приставшие к стенкам частицы. Таким же образом продувают межступенчатые коммуникации, но всасывающие и нагнетательные клапаны первой ступени должны стоять на своих местах. Каждую коммуникацию необходимо продувать не менее чем по 2 ч. Степень очистки проверяют по стеклу, имеющему форму квадрата со стороной 200—250 мм. Это стекло, покрытое тонким слоем масла, вводят в струю воздуха, который выходит из продуваемой трубы. Включения, имеющиеся в воздухе, прилипают к стеклу и хорошо просматриваются на свет.

При продувке первой и второй ступеней многоступенчатого компрессора воду на охлаждение цилиндров и холодильников можно не подавать, так как нагрев воздуха невелик. Но, начиная с продувки коммуникации третьей ступени, подача воды в цилиндры и холодильники всех предшествующих и продуваемой ступеней обязательна.

**Пусконаладочные испытания компрессора под нагрузкой.** После холостой обкатки компрессора и продувки приступают к его осмотру. Если во время работы на холостом ходу никаких дефектов не обнаружено, то начинают испытания компрессора под нагрузкой.

**Нагрузка компрессора.** Воздушные компрессоры испытывают под нагрузкой воздухом при рабочем давлении. Газовые компрессоры испытывают воздухом или азотом, при этом учитывают соотношение плотностей воздуха и рабочего газа, на котором будет работать компрессор при эксплуатации, и соответственно изменяют конечное давление при испытании, чтобы не допустить перегрузки компрессора и электродвигателя. Величина снижения давления указывается в инструкции. Дожимающие компрессоры допускается испытывать под нагрузкой при меньшем давлении всасываемого газа, чем рабочего. При этом также необходимо пропорционально изменить конечное давление.

Превышение рабочего давления при испытаниях компрессора под нагрузкой не допускается, так как это может привести к его повреждению. В случае испытания газового компрессора на воздухе должна быть предусмотрена его очистка, чтобы не было задиров на рабочих поверхностях цилиндров. Воздух обычно выбрасывают в атмосферу; при испытаниях на азоте работу ведут по замкнутому кольцу через трубопровод байпасной линии. Если конструкцией компрессора предусмотрен отбор газа после какой-либо ступени, то и при испытаниях необходимо сбрасывать воздух или азот с тем, чтобы не перегрузить предыдущие ступени.

Нагружать компрессор нужно постепенно, в несколько этапов, повышая давление. Степень повышения давления и время работы компрессора на этом давлении указываются в инструкции на компрессор. На всех режимах необходимо тщательно следить за работой компрессора. Особо внимательно в этот период необходимо контролировать:

- работу клапанов, сальников, штоков;
- давление и температуру газа по ступеням;
- давление и подачу воды ко всем местам, предусмотренным конструкцией компрессора;
- работу системы циркуляционной смазки;
- температуру коренных подшипников и других трущихся поверхностей кривошипно-шатунного механизма;

Т а б л и ц а III.6. Основные неисправности, причины и способы их устранения

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Уменьшение подачи компрессора	1. Неплотности в клапанах, неисправна система регулирования	1. Вынуть клапан, проверить его и очистить. Проверить поступление сжатого воздуха в полость над мембраной каждого байпаса, притереть клапан байпаса к седлу
Стук в компрессоре	2. Засорились фильтры, неплотность в сальниках, износ поршневых колец	2. Прочистить фильтры, заменить сальники или кольца
Стук в цилиндре компрессора	Ослабление болтов в головке шатуна, увеличенные зазоры в подшипниках	Подтянуть болты, проверить зазоры в подшипниках
	1. Ослабление нажимного фонаря в клапанах 2. Неплотная посадка байпаса на седле	1. Подтянуть болты 2. Проверить работу электромагнитных клапанов. Проверить герметичность соединений на подводящих электропроводах
	3. Недостаточная величина вредного линейного пространства	3. Отрегулировать величину вредного пространства с помощью дистанционной шайбы или заменить прокладки между цилиндрами и крышкой
	4. Сработались поршневые кольца. В цилиндр попал кусок поломанной детали или просочилась вода из рубашек	4. Заменить сработанные кольца новыми. Немедленно остановить компрессор и, разобрав его, устранить причину ударов
Нагрев цилиндра, крышек компрессора сверх нормы	5. Ослаблена поршневая гайка 1. Недостаточная подача воды или вода слишком теплая	5. Остановить компрессор, подтянуть поршневую гайку 1. Увеличить подачу воды, снизить ее температуру. Проверить трубопровод, подводящий воду в рубашки цилиндров. Проверить подачу воды в промежуточный холодильник
	2. Неисправны клапаны	2. Проверить состояние клапанов
Стук в направляющих и нагрев их	1. Велики зазоры между ползунами крейцкофа и направляющими	1. Заменить ползуны крейцкофа
	2. Недостаточное количество смазки или масло загрязнено	2. Проверить и отрегулировать подачу смазки. Сменить масло. Проверить масляный насос
Стук в механизме движения	Ослабление коренных подшипников, недостаточная подача смазки	Остановить компрессор и проверить зазоры между шейками и вкладышами. Отрегулировать подачу смазки
Увеличение давления нагнетания I ступени	1. Неисправность всасывающих клапанов II ступени	1. Проверить состояние всасывающих клапанов II ступени
Падение давления нагнетания I ступени	2. Неисправность нагнетательных клапанов II ступени Неисправность нагнетательных клапанов I ступени	2. Проверить состояние нагнетательных клапанов II ступени Проверить состояние клапанов

Неисправность	Возможные причины	Способ устранения
Аналогично для других ступеней нагнетания Повышение конечного давления нагнетания	Неисправность всасывающих клапанов I ступени 1. Предохранительный клапан не поднимается на достаточную высоту 2. Не работает система регулирования	Проверить состояние клапанов 1. Отрегулировать предохранительный клапан 2. Проверить работу системы регулирования
Масляный насос не создает давления	1. Неплотность во всасывающем маслопроводе — подсос воздуха 2. Мало масла в картере, забит фильтр	1. Устранить неплотность 2. Долить масло, прочистить фильтр
Отсутствует подача смазки в цилиндры и сальники	Неисправный плунжерный насос. Неисправный обратный клапан. Забит трубопровод	Устранить неисправность насоса и обратных клапанов. Прокатать трубопровод

температуру в обмотках электродвигателя;  
работу системы смазки цилиндров и сальников;  
плотность трубопроводов;  
появление ненормальных стуков и шумов.

Под наблюдением должны находиться все межступенчатые аппараты и трубопроводы, так как при работе под нагрузкой могут возникнуть их вибрации, связанные с пульсацией потока сжатого воздуха или азота. Вибрации устраняют, устанавливая дополнительные опоры и подвески, более жестко закрепляя ранее установленные опоры, изменяя профиль отводов и т. п.

Непрерывное испытание под нагрузкой следует проводить после полного устранения вибраций, выявленных при предварительных обкатках компрессора. После того как нагрузка доведена до максимальной и устранены все неполадки, выявленные ранее, компрессор пускают на непрерывное испытание под полной нагрузкой, длительность которого оговаривается инструкцией. В этот период необходимо записывать в журнал данные о работе компрессора с регистрацией основных параметров в течение всего испытательного периода.

Ревизия компрессора. По окончании испытания под нагрузкой компрессор подвергают ревизии основных сборочных единиц для проверки приработки трущихся деталей. Попутно устраняют выявленные дефекты (табл. III.6).

Ревизии подвергают всасывающие и нагнетательные клапаны, рабочие поверхности цилиндров, поршни и поршневые кольца, штоки и их сальники. Подвергают ревизии масляные фильтры грубой и тонкой очистки и одновременно проверяют качество масла после непрерывного испытания. Оработанное масло заменяют, при этом очищают картер или маслосборник.

Проверяют также коренные и шатунные подшипники. При этом обычно вскрывают не все подшипники, а лишь их часть, и только в случае неудовлетворительного состояния вскрытых подшипников вскрывают остальные. Для вскрытия выбирают те подшипники, которые при работе нагрелись больше других.

Собирать компрессор после ревизии надо особенно тщательно, чтобы не нарушить пригонку частей и зазоров, достигнутую в процессе приработки. На вкладышах подшипников можно сшабрить и за-

чистить небольшие местные натирки и утолщения баббита по краям вкладышей без общей шабровки всей поверхности.

После сборки компрессора, подвергнувшегося ревизии, необходимо пустить его для проверки правильности сборки на воздухе или азоте на том же режиме, при котором проводили непрерывное испытание. Продолжительность работы компрессора должна быть не менее двух часов. Сдачу компрессора в эксплуатацию оформляют актом.

## Глава 2. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ КОМПРЕССОРЫ КОНСТРУКЦИЯ

Центробежные компрессоры используют для сжатия и подачи воздуха и газов в химической, нефтехимической, металлургической и других отраслях промышленности.

Центробежные компрессоры изготовляют двух видов:

с горизонтальным разъемом корпуса (максимальное рабочее давление в корпусе, допустимое с точки зрения прочности, не более 6,5 МПа);

с вертикальным разъемом корпуса (в компрессоре такой конструкции можно реализовать любое технически возможное давление).

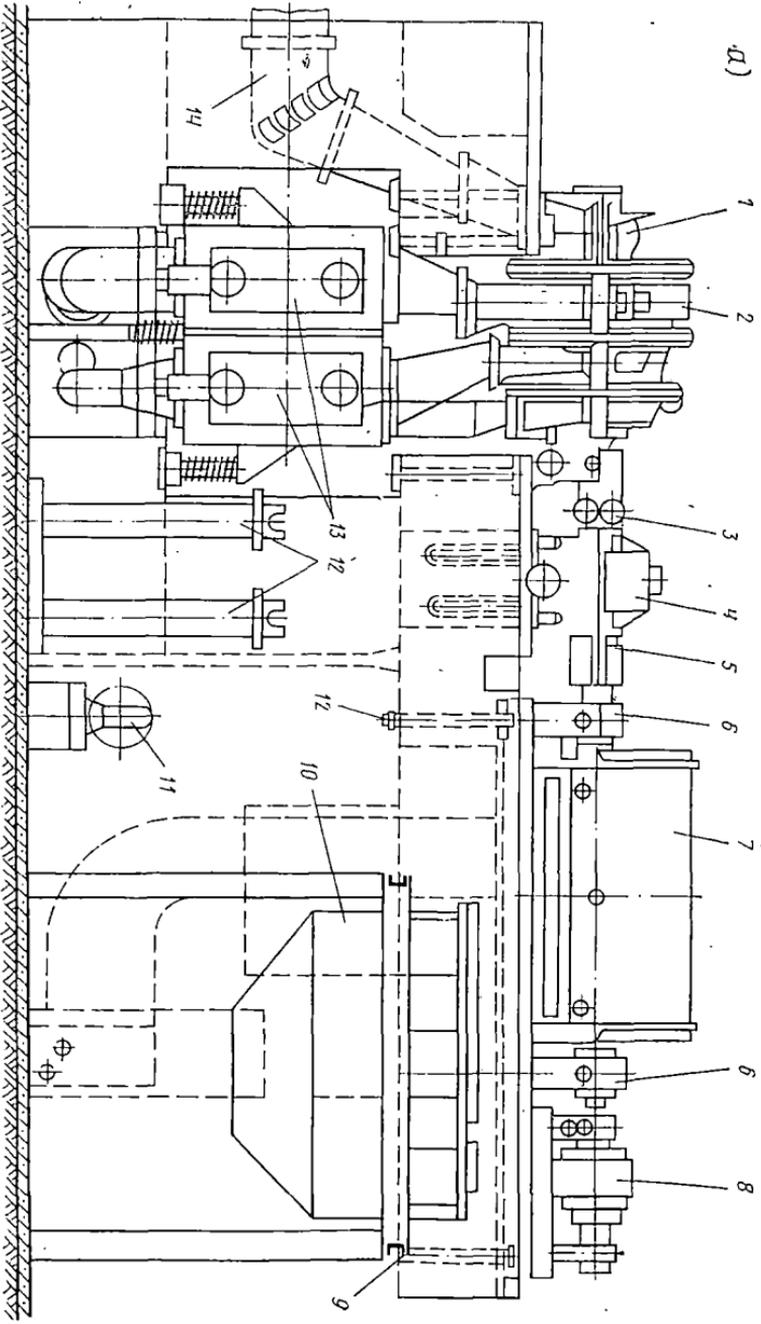
При вращении рабочего колеса компрессора с горизонтальным разъемом корпуса (рис. 39) на стороне входа в рабочее колесо образуется разрежение, вследствие чего газ поступает по всасывающему патрубку в канал между лопатками рабочего колеса.

В зависимости от требуемого давления центробежные компрессоры изготовляют одноступенчатыми и многоступенчатыми. Компрессоры одностороннего всасывания имеют на валу думмис, расположенный на противоположной стороне от всасывающего патрубка. Думмис уравнивает ротор от сдвига в одну сторону. Остаточная осевая сила, не разгруженная думмисом, воспринимается рабочими колодками опорно-упорного подшипника. В компрессорах, у которых рабочие колеса всасывающей стороной обращены в противоположные стороны и их число четное, осевые силы уравниваются без думмиса, а остаточная осевая сила воспринимается колодками двухстороннего опорно-упорного подшипника.

В состав компрессорной установки входят компрессор (одно-, двух- или трехкорпусный), редуктор или мультипликатор (для высокооборотных машин), электродвигатель, охладители газа и воздуха, система смазки (циркуляционная принудительная со свободным сливом масла в бак) и вспомогательные трубопроводы. Вал ротора компрессора соединяется с редуктором или мультипликатором с помощью зубчатых муфт, а редуктор с электродвигателем — через упругую или зубчатую муфту.

Как правило, центробежные компрессоры с горизонтальным разъемом корпуса устанавливаются на железобетонном фундаменте рамного типа. На втором этаже фундамента расположены корпуса компрессора, редуктор или мультипликатор и электродвигатель. Вспомогательное оборудование и коммуникации располагаются в межэтажном пространстве и на нулевой отметке.

Центробежные компрессоры с вертикальным разъемом корпуса (рис. 40) предназначены для циркуляции азотно-водородной смеси и компенсации потерь давления в агрегатах синтеза аммиака. Компрессоры, изготавливаемые на базе типоразмерного ряда, представляют собой секционные машины с приводом непосредственно от



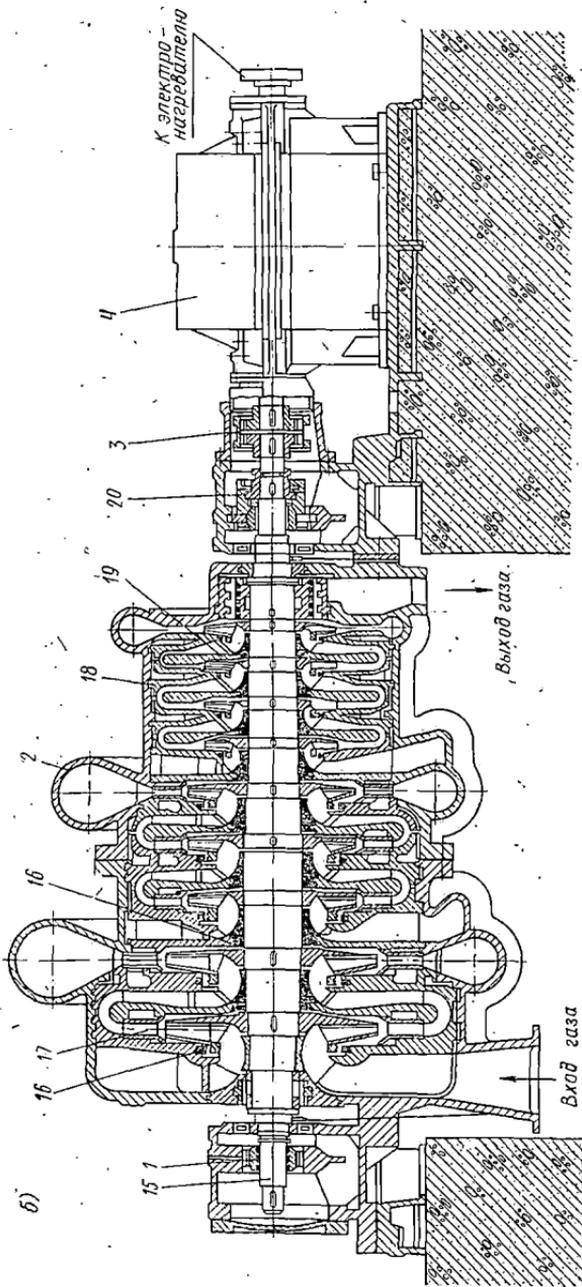


Рис. 39. Компрессорный центробежный агрегат

а — установочный чертеж; б — центробежный компрессор с горизонтальным разъемом корпуса; 1 — подшипник; 2 — компрессор; 3 — полумуфта; 4 — редуктор; 5 — полумуфта; 6 — подшипник; 7 — электродвигатель; 8 — воздушитель; 9 — анкерная плита; 10 — маслобак; 11 — маслонасос; 12 — маслоохладитель; 13 — промежуточные охладители газа; 14 — всасывающий трубопровод; 15 — ротор; 16 — лабиринтовое уплотнение; 17 — направляющий аппарат; 18 — диафрагма; 19 — думмис; 20 — опорно-упорный подшипник

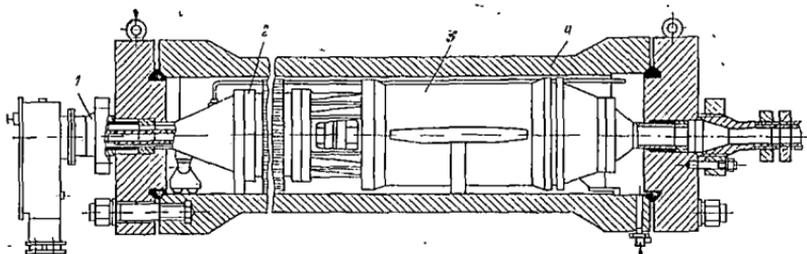


Рис. 40. Компрессор типа ЦЦК с вертикальным разъемом корпуса  
 1 — токоввод; 2 — электродвигатель; 3 — компрессор; 4 — корпус высокого давления

асинхронного трехфазного электродвигателя через упругую втулочно-пальцевую муфту. Компрессор, вместе с электродвигателем заключен в герметичный корпус высокого давления.

### МОНТАЖНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОСТАВКЕ КОМПРЕССОРОВ

В соответствии с требованиями нормативно-технических документов (государственных и отраслевых стандартов, ТУ) при проектировании компрессоров в фундаментных рамах и плитах предусматривают регулировочные винты и отверстия для заполнения бетонной смесью полостей опорных поверхностей при подливке. На компрессорах должны быть выполнены контрольные площадки для установки уровней (в отдельных случаях на чертежах указывают базовые поверхности).

Габаритные компрессоры и компрессорные установки поставляют в полностью собранном виде, законсервированными, не требующими при монтаже ревизии и расконсервации. Консервацию компрессорного оборудования выполняют в соответствии с ГОСТ 13168—69\*. На габаритных компрессорах, поставляемых в полностью собранном виде, устанавливают трубопроводы смазки, охлаждения, уплотнений, отсоса газов и др. Отдельные сборочные единицы компрессора или компрессорной установки, выходящие за транспортные габариты или не имеющие с компрессором общей рамы или фундаментной плиты, проходят на заводе-изготовителе контрольную сборку, после чего компрессорную установку подвергают полному циклу испытаний. До разборки компрессора на узлы устанавливают в местах соединений контрольные штифты (шпильки, болты). Сборочные единицы поставляют законсервированными, не требующими при монтаже подгоночных операций (в том числе шабровки подшипников, припиловки и т. п.). В случаях когда в местах монтажных разъемов устанавливаются регулировочные прокладки, завод-изготовитель предоставляет их комплектно, полностью подобранными, обеспечивающими проектные величины зазоров, с соответствующими клеймами.

Все отверстия, патрубки и присоединительные фланцы должны быть закрыты заглушками или пробками. Основные разъемы компрессоров и вспомогательного оборудования должны быть опломбированы.

Таблица III.7. Основные технические данные центробежных компрессоров

Тип компрессора	Сжимаемая среда	Рабочие параметры при нормальном режиме			Габаритные размеры компрессорной установки, мм	Масса, кг	Наименование и количество частей	
		подача, м <sup>3</sup> /мин	давление, МПа	частота вращения, мин				
K500-61-1	Воздух	525	0,9	7636	9700×3400×3600	29 000	12 300	7540
K250-61-2	»	250	0,9	10935	8160×4200×3250	15 300	8 000	3500
K100-63-1	»	100	0,9	17483	5120×2270	9 100	3 380	8500
BK700-41-1	»	700	0,107	6558	8000×4000×3550	21 000	4 640	5800
BK1000-41-1	»	1000	0,107	6558	9600×4600×4200	17 670	7 580	6070
Э1800-23-1	Коксовый газ	1900	0,035	3000	5800×5000×6000	25-570	13 200	9000
Э1800-23-2	Сернистый газ	1900	0,035	3000	8400×5000×6000	6 500	6 300	2030
Э1700-11-2М	Сернистый газ	1670	0,03	3000	5500×3850	13 400	9 080	5600
1200-25-7	Коксовый газ	1200	0,03	3870	5490×4200×4000	17 050	7 550	5600
1200-25-8	То же	1270	0,035	3906	8050×3800×3500	17 050	7 550	5600
1200-27-2	»	1150	0,22	4350	9600×3820×4000	19 900	12 300	5600
1200-26-1	Воздух	1080	0,028	2975	5000×3000	6 000	4 460	3550
1050-13-1	Сернистый газ	750	0,03	4750	200×3400×4500	9 500	9 080	3200
750-23-7	Коксовый газ	750	0,03	4760	6800×3700×5400	13 000	7 050	3200
750-23-8	То же	750	0,03	4760	8000×3700×4200	13 400	6 780	3200
750-23-6	Воздух	750	0,165	4293	8000×3700×4200	5 300	2 740	2940
700-13-1	Сернистый газ	700	0,027	2970	3100×3000	16 000	7 580	3200
670-24-1	Воздух	670	0,2	4875	8000×4000×4200	5 130	2 750	2840
400-12-2	Сернистый газ	415	0,018	2965	4500×3000	52 400	26 700	13 000
370-18-2	Природный газ	455	6,21	4800	11750×3365	7 700	4 850	2300
360-22-2	Воздух	270	0,175	6310	6100×3200×3000	7 700	4 850	2300
360-22-1	»	310	0,24	7870	6000×3200×3000	8 360	4 620	840
360-21-1	»	375	0,18	6360	6000×3200×3000	3 980	1 800	840
Э325-11-1	»	325	0,046	7825	2600×3300	25 000	12 850	5000
280-12-7	»	179	5,6	8000	8000×4000	6 500	3 520	1100
Э200-31-1	Природный газ	200	0,3	9649	5400×3000×3000			

Горизонтальный разъем корпуса

Продолжение табл. III.7

Тип компрессора	Сжимаемая среда.	Рабочие параметры при нормальном режиме		Габаритные размеры компрессорной установки, мм	Масса, кг		Наличие редуктора или муфты
		давление, МПа	частота вращения, мин		компрессора	привода	
		подъема, м <sup>3</sup> /мин				наибольшее количество частей	
К500-61-1 исп. 2	Воздух	510	0,75	9700×3400×3600	29 000	12 300	++
К250-61-2 исп. 2	»	250	0,6	8160×4200×3250	15 300	8000	++
ЦК-100-61	»	100	0,65	10200×4200×5150	13 530 <sup>2</sup>	—	++
ЦК-135/8	»	135	0,78	10200×4530×5100	21 080 <sup>2</sup>	—	++
КТК-7/15	Кислород	117	1,4	11000×4000×5000	28 700 <sup>2</sup>	—	++
КТК-12,5/85	»	210	3,5	14000×7400×5600	48 000 <sup>2</sup>	19 300	++
ЦК-160/18	Воздух	160	1,8	11025×5500×6720	28 000 <sup>2</sup>	—	++
ЦКК-250-5	Кислород	250	0,5	20000×5200×6700	9 840	—	++
ЦКК-200/3,5	»	200	0,35	10400×5500×5400	31 660 <sup>2</sup>	10 500	++
ХТК-2,5/3,5	Хлор	41,7	0,32	10240×5200×8650	25 700 <sup>2</sup>	—	++
ГТК-7/5М	Нефтяной газ	117	0,5	10200×4620×3700	16 300 <sup>2</sup>	1 930	++
ЦКС-390/0,1-1,15М	Сероводород	440	0,115	11700×7300×6600	15 000 <sup>2</sup>	4 460	++
					24 200 <sup>2</sup>	6 395	++
Вертикальный разъем корпуса							
1ЦЦК-7/300-14/12	Азотно-водородная смесь	7,5	31,9	6500×1400×1830	19 150	—	—
2ЦЦК-10/300-12/10	То же	10,65	32,1	6780×1600×1910	28 000	—	—

Примечания: 1. В массу компрессора типов от К500-61-1 по К250-61-2 (исп. 2) входит (за исключением массы привода и воздухоохладителя электродвигателя) масса selbst венто компрессора с комплектным вспомогательного оборудования.  
 2. Условное обозначение компрессоров типов от К500-61-1 по К250-61-2 (исп. 2) включает: первые три цифры — подача, м<sup>3</sup>/мин; четвертая цифра — число ступеней (колес); пятая — коэффициент, характеризующий число модификаций по ротору; шестая — то же, по приводе.  
 3. Допуски на монтаж центробежных компрессоров от типа К500-61-1 по К250-61-2 (исп. 2) установлены инструкциями Ленинградского производственного объединения «Невский завод», по остальным компрессорам — инструкциями сумского института ВНИИкомпрессормаш и Казанского специального конструкторского бюро по компрессоростроению.

рованы (перечень пломбируемых разъемов указывается заводом-изготовителем в эксплуатационных документах по ГОСТ 2.601—68<sup>а</sup>).

Трубопроводы, поставляемые отдельно (не в сборе с компрессором), за исключением трубопроводов  $D_y$  до 40 мм, завод-изготовитель отправляет в виде законченных и испытанных узлов, прошедших установленные для них очистку и покрытие внутренних поверхностей. Допускается поставка отдельных узлов трубопроводов, не закрепляемых на компрессоре (компрессорной установке), не законченными на одном конце, присоединяемом к оборудованию, с припуском для пригонки их по месту на монтаже и отдельным фланцем или ниппелем с гайкой для незаконченного конца. Трубопроводы  $D_y$  до 40 мм, не закрепляемые на компрессоре, поставляются прямыми участками со всеми необходимыми фланцами и ниппельными соединениями.

Наиболее сложен монтаж компрессорных установок, не имеющих общей фундаментной плиты или рамы (табл. III.7).

### МОНТАЖ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ С ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ РАЗЪЕМОМ КОРПУСА

Компрессоры, независимо от числа корпусов, редукторов или мультипликаторов в компрессорной установке, монтируют последовательно, начиная с редуктора, который выверяют и закрепляют на фундаменте в первую очередь и принимают за базу. В компрессорной установке с двумя редукторами за базу принимают редуктор, соединя-

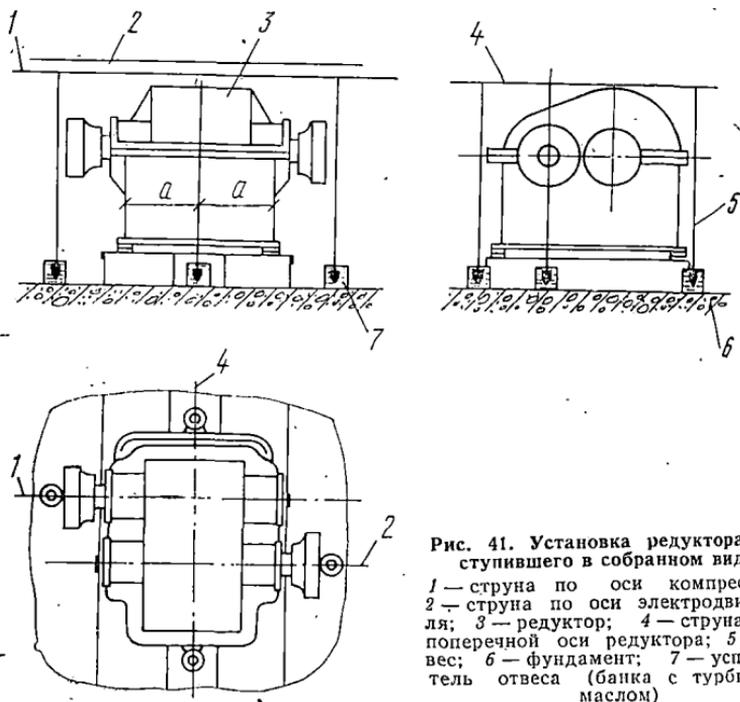


Рис. 41. Установка редуктора, поступившего в собранном виде

1 — струна по оси компрессора; 2 — струна по оси электродвигателя; 3 — редуктор; 4 — струна по поперечной оси редуктора; 5 — отвес; 6 — фундамент; 7 — усикотель отвеса (банка с турбинным маслом)

емый с электродвигателем. Ниже описана технология монтажа наиболее распространенной компрессорной установки: компрессор — редуктор — электродвигатель, поставляемых в монтаж опломбированными, но не имеющими общей фундаментной рамы или плиты.

Редуктор, поставляемый в опломбированном виде, устанавливают и выверяют на регулировочных винтах или инвентарных домкратах (рис. 41). В отверстия опорной части заводят фундаментные болты, надевают анкерные плиты и завертывают без затяжки гайки.

После этого на высоте около 200 мм относительно крышки редуктора натягивают одну струну диаметром 0,3—0,5 мм по оси шестерни редуктора и ротора компрессора, а другую — по оси колеса редуктора и ротора электродвигателя. Эти струны должны быть параллельны между собой. Для натяжения струн используют специальные приспособления, позволяющие обеспечить минимальную стрелу прогиба струн, к которым подвешивают отвесы. Для уменьшения амплитуды колебания отвесов их отпускают в банки с турбинным или индустриальным маслом. Отвесы должны совпадать с центрами валов шестерни и колеса редуктора и насечками на планках, являющихся закладными деталями фундамента. Смещение продольных и поперечных осей редуктора и соответствующих осей фундамента допускается только параллельное и не должно превышать  $\pm 10$  мм.

При окончательной установке редуктора в первую очередь проверяют его высотную отметку геодезическим методом (с помощью нивелира). Отклонение не должно превышать  $\pm 3$  мм от проектной отметки.

Горизонтальность редуктора проверяют уровнем с ценой деления 0,1 мм на 1000 мм, который устанавливают на специальную обработанную площадку на крышке редуктора поочередно в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Уклон редуктора в сторону компрессора или электродвигателя не должен превышать одного деления уровня, а уклон редуктора в направлении, перпендикулярном его продольной оси, — трех делений. Регулировку положения высотной отметки редуктора и его горизонтальности производят регулировочными винтами или инвентарными домкратами.

Некоторые особенности имеются при монтаже редукторов, устанавливаемых на фундаментных плитах или рамах. Такие рамы выполнены с внутренними полостями, которые должны быть залиты бетонной смесью. Для этого фундаментную плиту или раму отсоединяют от корпуса редуктора, переворачивают на 180°, очищают металлческими щетками поверхности полостей и заливают их бетонной смесью с применением цемента марки 200 (отверстия для фундаментных болтов должны быть предварительно закрыты конусными деревянными пробками).

После затвердения бетонной подливки (ориентировочно на 7-й день при температуре окружающего воздуха 10—15°C) редуктор соединяют с фундаментной плитой или рамой. Прилегание опорных плоскостей редуктора к плите или раме проверяют пластинчатым щупом толщиной 0,05 мм, который не должен входить встык сопрягаемых поверхностей.

Дальнейшие операции по установке и выверке редуктора аналогичны описанным выше. Во избежание деформации фундаментной плиты или рамы при частичной затяжке гаек фундаментных болтов расстояние между инвентарными домкратами не должно превышать

500 мм, а затягивать указанные гайки следует при свободном (незакрепленном) положении редуктора на плите (раме).

Отсутствие деформации плиты (рамы) проверяют индикаторами часового типа, которые на специальных стойках располагают вблизи плиты (рамы) в четырех местах симметрично друг другу, а измерительные стержни опирают на плиту. Неравномерность затяжки фундаментных болтов определяют по показаниям индикаторов, которые регистрируют деформацию плиты (рамы). После окончательной проверки положения редуктора, не снимая индикаторов, поочередно отворачивают на один оборот гайки фундаментных болтов, а затем вновь заворачивают их в первоначальное положение, при этом показания стрелок индикаторов не должно меняться более чем на 0,03 мм.

Монтаж редуктора, поступившего по условиям транспортирования в разобранном виде, начинают с установки и выверки на фундаменте с помощью регулировочных винтов или инвентарных домкратов нижней части корпуса (рис. 42).

В отличие от выверки редуктора, поступившего в собранном виде, отвесы, опущенные со струн, должны совпадать с осями расточек постелей подшипников и с насечками на пластинках, заделанных в фундамент. Горизонтальность нижней части корпуса редуктора определяют уровнем, который устанавливают на фланец разъема (поочередно в двух взаимно перпендикулярных направлениях). Отклонения высотной отметки разъема от проектной (см. рис. 42, расстояние А) и фланца разъема от горизонтальности аналогичны указанным ранее величинам. После этой проверки частично затягивают гайки фундаментных болтов.

До сборки зубчатой пары редуктора (шестерни и колеса) определяют плотность прилегания баббитовой заливки подшипников к вкладышам. При легком ударе молотком по наружной поверхности вкладыша звук должен быть чистым без дребезжания.

При сборке верхних вкладышей подшипников с нижними пластинчатый щуп толщиной 0,03 мм не должен проходить в разъем между ними. В процессе сборки вкладышей с нижней частью корпуса редуктора проверяют совпадение отверстий для подвода масла и их чистоту.

При сборке зубчатой пары проверяют правильность зубчатого зацепления и прилегание шеек валов шестерни и колеса. Шейки должны равномерно прилегать к вкладышам по всей их длине на дуге  $60^\circ$  с плотностью не менее 10 пятен касания на квадрате  $25 \times 25$  мм (при проверке на краску). Затем окончательно проверяют горизонтальность редуктора по положению шеек вала шестерни (допускаемое отклонение — не более одного деления уровня) и частично затягивают гайки фундаментных болтов, одновременно контролируя деформацию нижней части корпуса редуктора. Перед закрытием корпуса определяют зазоры в подшипниках редуктора, которые при отсутствии указаний завода-изготовителя принимают по данным, приведенным ранее. Величина натяга между крышками подшипников и верхними вкладышами обычно равна 0,04—0,08 мм.

**Установка компрессора.** Монтаж компрессора, поступившего в опломбированном виде, начинают с проверки правильности присоединения корпусов подшипников к фундаментным плитам. На заводе-изготовителе в шпоночном пазу фундаментной плиты шпонку устанавливают с натягом не более 0,01 мм (в месте соединения плиты с корпусом неподвижного подшипника), а суммарный зазор в шпоночном соединении составляет 0,04—0,05 мм. Особое внимание необхо-

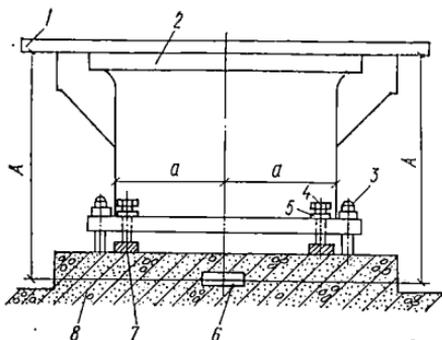


Рис. 42. Установка редуктора, поступившего в разобранном виде

1 — поверочная линейка; 2 — нижняя половина корпуса; 3 — фундаментный болт; 4 — регулировочный винт; 5 — контргайка; 6 — планка; 7 — опорная плита; 8 — фундамент

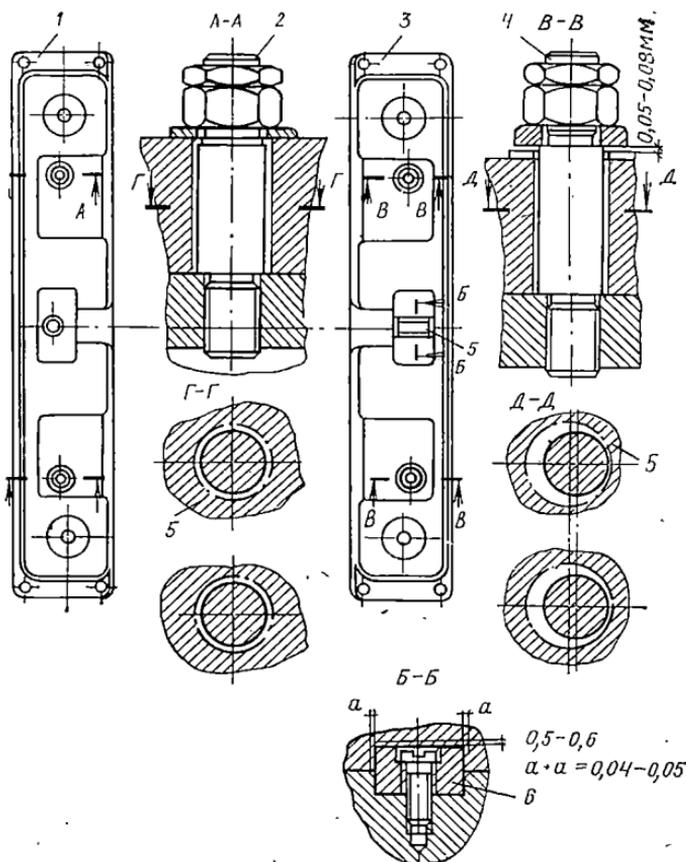


Рис. 43. Положение шпилек крепления подвижного и неподвижного подшипников к опорным плитам

1 — опорная плита неподвижного подшипника; 2 — шпилька неподвижного подшипника; 3 — опорная плита подвижного подшипника; 4 — шпилька подвижного подшипника; 5 — шпонка

димо обратить на расположение шпилек, крепящих фундаментную плиту к корпусу подвижного подшипника. Шпильки должны быть сдвинуты в отверстиях корпуса подшипника в сторону, противоположную направлению теплового расширения при работе компрессора (рис. 43).

С целью жесткого крепления фундаментной плиты с корпусом подвижного подшипника на заводе-изготовителе устанавливают спе-

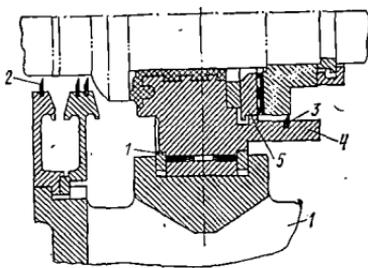


Рис. 44. Опорно-упорный подшипник

1 — установочное кольцо; 2 — лабиринтовое уплотнение; 3 — маслоотбойное кольцо; 4 — вкладыш; 5 — упорная колодка

циальные временные шайбы, которые заменяют постоянными после центровки компрессора с редуктором (а также после центровки корпусов компрессора, если их несколько).

При установке компрессора на фундамент необходимо учитывать расстояние между торцами соединительных полумуфт (оно указывается на монтажном чертеже компрессора и чертеже муфты). При наличии пружинной опоры под нижней половиной корпуса компрессора её натягивают по указанию завода-изготовителя. Кроме того, до выверки горизонтальности компрессора должны быть осмотрены его подшипники — опорный и опорно-упорный (рис. 44). Под каждой опорной подушкой допускается не более трех центровочных прокладок, установленных на заводе-изготовителе. Головки винтов, крепящих опорные подушки, должны быть утоплены в тело подушек на глубину не менее 0,3 мм. Прилегание опорных вкладышей к поверхности корпусов подшипников должно быть плотным и соответствовать маркировке.

Прилегание шеек ротора компрессора к баббитовой заливке нижних вкладышей проверяют после поворачивания ротора на сухих вкладышах. Пятна от натиров должны составлять не менее 25—30% поверхности вкладыша, причем на 100 мм длины его должно быть не менее 15 пятен контакта. Величины зазоров между шейкой ротора и вкладышами: верхний — в соответствии с чертежами или при отсутствии указаний завода-изготовителя —  $0,001-0,002D$  (где  $D$  — диаметр шейки ротора); боковые зазоры (суммарно) — 0,7—0,9 величины верхнего зазора; натяг крышки — 0,03—0,08 мм для опорно-упорного подшипника и 0,02—0,06 мм для опорного подшипника.

Колодки упорного подшипника должны иметь закругления или фаски со стороны входа масла. Допускаемая разность в толщинах колодок не более 0,02 мм. Прилегание колодок к упорному диску ротора компрессора проверяют по следам натира на сухих колодках при повороте на два-три оборота прижатого к колодкам упорного диска ротора.

Осевые зазоры в лабиринтовых уплотнениях, а также зазоры между рабочими колесами и проточной частью компрессора зависят от величины осевого разбега ротора (обычно 0,25—0,35 мм), а также

правильности установки опорно-упорного подшипника, установочные кольца которого должны иметь маркировки и толщину в соответствии с паспортными данными и клейма на фланцах корпуса подшипника.

В горизонтальной плоскости компрессор выверяют на регулировочных винтах или инвентарных домкратах. Уровень устанавливают в двух взаимно перпендикулярных направлениях на специально обработанных площадках, а при отсутствии их — на шейки ротора и горизонтальные разъемы корпусов подшипников. Отклонения корпуса от горизонтали в направлении, перпендикулярном оси ротора, не должны превышать двух делений уровня при цене деления 0,1 мм на 1 м. Окончательное положение компрессора в продольном направлении определяется после выверки соосности ротора компрессора и вала шестерни редуктора. Соосность выверяют по полумуфтам, добиваясь, чтобы их торцы были параллельны друг другу и концентричны в пределах допустимых отклонений (то же при выверке многокорпусных компрессоров и при центровке электродвигателя с валом колеса редуктора). После окончания центровки по полумуфтам компрессорную установку подливают бетонной смесью.

Особенностью монтажа компрессоров, поступающих по условиям транспортировки в разобранном виде, является необходимость проверки зазоров в проточной части и в лабиринтовых уплотнениях. Завод-изготовитель, учитывая допуски на обработку деталей, сборку их и величину естественного прогиба ротора, указывает в чертежах величины допустимых минимальных и максимальных зазоров. Фактические зазоры, определенные при монтаже компрессора, заносят в формуляр.

**Монтаж межступенчатого оборудования и газопроводов.** К межступенчатому оборудованию относятся в основном охладители газа, устанавливаемые в пространстве под фундаментом. В последнее время для крупных центробежных компрессоров используют охладители газа, представляющие собой теплообменные аппараты горизонтального или зигзагообразного типа с воздушным охлаждением. Такие аппараты устанавливают вне здания компрессии.

Особо ответственным является монтаж охладителей в межэтажном пространстве, поскольку они газопроводами жестко соединены с компрессорами и при неправильной установке могут вызвать расцентровку компрессорной установки. Упомянутые охладители снабжены пружинными опорами, которые регулируют после заполнения водой трубного или межтрубного пространства охладителя (в зависимости от того, где транспортируется охлаждающая жидкость). Зазор между фланцами патрубка, соединяющего компрессор с охладителем, должен быть равномерным (при замере в четырех диаметрально противоположных точках). Допускаемая неравномерность зазора не более  $\pm 1$  мм. После установки рабочей прокладки пружинные опоры поджимают винтами и соединяют фланцы болтами.

Газопроводы после сварки должны быть очищены металлическими ершами, испытаны в соответствии с указаниями на чертежах, продукты сжатым воздухом. Особенно тщательно должны быть очищены всасывающие газопроводы во избежание попадания в проточную часть компрессора твердых частиц.

При прокладке через стены, перекрытия и другие элементы зданий или строительных сооружений газопроводы заключают в патроны. Участки газопроводов, заключенные в патроны, не должны иметь сварных стыков. Между газопроводом и стеной здания или фундамен-

том оставляют зазор для наблюдения за работой газопровода. Между металлическими деталями опор и газопроводом устанавливают деревянные колодки. Не допускается натяжка газопроводов при соединении их с компрессором или межступенчатым оборудованием, а также касание газопроводов между собой и с другими аппаратами. При монтаже компрессоров, работающих на кислороде, детали, соприкасающиеся с кислородом, газовые коммуникации и арматуру обезжиривают.

**Монтаж маслосистемы.** Маслопроводы с  $D_y$  более 40 мм собирают из узлов, поставляемых заводом-изготовителем компрессорной установки. Трубопроводы  $D_y$  менее 40 мм изготавливают по месту по одной из следующих схем: а) травление труб — изготовление узлов — сборка; б) изготовление — травление узлов — сборка. После сварки трубопроводы очищают внутри механическим способом. Химическую обработку (травление) труб, деталей и узлов маслопроводов производят растворами серной, соляной или ортофосфорной кислот (рис. 45).

При травлении 15—20% -ными растворами серной или соляной кислоты для предохранения металла от интенсивного разъедания и образования водородной хрупкости, а также для сокращения расхода кислоты в раствор добавляют одну из перечисленных присадок: «Анитра» — 2,5—3 л на 1 м<sup>3</sup> раствора; поваренную соль — 5 кг на 1 м<sup>3</sup> раствора; «Катанин» по ВТУ № 3263 — 0,5—3 кг на 1 м<sup>3</sup> раствора. Время травления — около 8 ч. Трубы и узлы трубопроводов без длинных ответвлений диаметром до 20 мм рекомендуется протравливать в специальных ваннах. Трубы большего диаметра протравливают путем заливки в трубу раствора кислоты, для чего один конец трубы закрывают деревянной пробкой, заливают кислоту и закрывают трубу второй пробкой. В таком состоянии трубы выдерживают в течение указанного выше времени. Травление ортофосфорной кислотой производят последовательно в 15%-ном растворе (для растворения ржавчины и окалины), а затем — в 2%-ном растворе той же кислоты, который образует на поверхности металла трубы фосфатную пленку, устойчивую против влаги, масел, бензина, керосина и предохраняющую поверхность металла от коррозии.

После удаления растворов серной и соляной кислот из труб их промывают 10%-ным раствором щелочи для нейтрализации, затем водой с температурой 80—90°C. Подготовленные узлы трубопроводов внутри смазывают турбинным маслом и устанавливают в проектное положение.

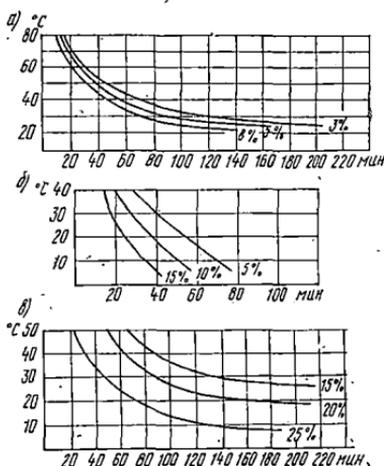


Рис. 45. Диаграммы продолжительности травления маслопроводов а — серной кислотой; б — соляной кислотой; в — ортофосфорной кислотой (в % указано число весовых частей)

При монтаже сливных трубопроводов их прокладывают с уклоном 1 : 40 в сторону маслобака. Одновременно должны быть изготовлены и соответствующим образом очищены обводные трубопроводы, используемые при прокачке масла (минуя подшипник) до запуска компрессорной установки.

Собранную систему маслопроводов испытывают маслом при рабочем давлении, создаваемом маслонасосами.

Маслоохладители подвергают гидравлическому испытанию, если с момента отгрузки их с завода-изготовителя прошло более 12 мес. Величина давления для испытания трубного и межтрубного пространства — 0,5 МПа (при испытании межтрубного пространства снимают крышки для осмотра плотности вальцованных соединений). Корпуса маслофильтров испытывают на плотность гидравлическим давлением 0,5 МПа.

## ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

Ниже приведены требования к испытанию и сдаче центробежной компрессорной установки, предназначенной для сжатия воздуха. Испытание на воздухе компрессора, работающего на газе с плотностью, меньшей чем плотность воздуха, связано с недопустимой перегрузкой электродвигателя и должно выполняться по инструкции завода-изготовителя.

До пуска компрессора прокачивают масло (минуя подшипники) до тех пор, пока сливное масло будет поступать в бак без посторонних включений (определяется лабораторным анализом). Затем соединяют маслопроводы с корпусами подшипников с установкой дроссельных шайб. Включив пусковой насос, определяют прохождение масла к подшипникам, зубчатому зацеплению редуктора и муфтам при проектном рабочем давлении. Запускают компрессор при закрытой задвижке на всасывающем трубопроводе и открытой задвижке на линии нагнетания (должен быть предусмотрен сброс воздуха в атмосферу). Когда компрессор наберет полное число оборотов, постепенно открывают задвижку на всасывающем трубопроводе. При испытании центробежных компрессоров проверяют действие следующих систем: автоматического регулирования производительности; блокировки и сигнализации; противопомпажной защиты; осевого сдвига ротора. Продолжительность испытания воздушного компрессора под нагрузкой при его нормальной работе — 8 ч.

Останавливают компрессор в такой последовательности: снижают нагрузку на компрессор, частично прикрыв задвижку на всасывающем трубопроводе; включают вспомогательный маслонасос и отключают основной электродвигатель; полностью закрывают задвижку на всасывающем трубопроводе и открывают задвижку на линии сброса воздуха в атмосферу; закрывают подачу воды на охлаждение; включают вспомогательный маслонасос (после остановки ротора компрессора).

# Раздел IV. МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА НАСОСОВ

## Глава I. ОБЪЕМНЫЕ НАСОСЫ

### КОНСТРУКЦИЯ

Объемными называются насосы, которые подают жидкость, вытесняя ее рабочими органами — поршнем, плунжером, шестернями или винтом.

По принципу действия и основным конструктивным признакам эти насосы подразделяют на две группы: поршневые и роторные — шестеренные (зубчатые) и винтовые.

Принципиальными особенностями объемных насосов, отличающими их от лопастных, кроме конструктивных, являются следующие.

1. Приемная труба всегда герметически отделена от напорной трубы.

2. Количество жидкости, подаваемой в единицу времени, зависит только от геометрических размеров насоса и числа двойных ходов поршня или числа оборотов ротора (в зависимости от конструкции насоса), но не зависит от развиваемого насосом напора.

3. Величина напора, развиваемого объемным насосом, определяется прочностью деталей насоса и мощностью двигателя.

4. Объемные насосы, за исключением винтовых, принимают и подают перекачиваемую жидкость отдельными порциями, поэтому для них характерна неравномерная — пульсирующая подача жидкости.

**Классификация поршневых насосов.** В зависимости от конструкции, назначения и условий работы поршневые насосы бывают ручные, приводные с кривошипно-шатунным механизмом, паровые прямодействующие, у которых паровой и гидравлические поршни смонтированы на одном штоке; по расположению цилиндров — горизонтальные и вертикальные.

По конструкции рабочего органа:

собственно поршневые насосы с дисковым поршнем, перемещающимся в цилиндре;

плунжерные (скальчатые) насосы с плунжером в виде полого стакана;

диафрагмовые насосы, рабочим органом которых является диафрагма из мягкой резины или других материалов.

По способу действия и по числу рабочих камер:

одинарного действия (односторонний поршень или плунжер): одно-, двух-, трехцилиндровые и т. д.;

двойного действия (двухсторонний поршень): одно-, двух-, трехцилиндровые и т. д.

По назначению и соответственно по конструкции: прессовые, питательные, химические, нефтяные, грязевые и т. д.

**Условные обозначения марок поршневых насосов.** Поршневые приводные химические насосы с регулируемой подачей:

ХТР — химический, трехцилиндровый, плунжерный, приводной, горизонтальный с регулируемой подачей;

ХТ — то же, с нерегулируемой подачей.

Пример условного обозначения: ХТр4/320, где  
4 — максимальная подача в м<sup>3</sup>/ч; 320 — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>.

Поршневые паровые горизонтальные и вертикальные насосы:

ПДГ — прямодействующие, двухцилиндровые, с гидравлическими и паровыми цилиндрами двойного действия, горизонтальные;

ПДВ — то же, вертикальные.

Насосы общего назначения изготавливаются в двух исполнениях: общепромышленном, судовом.

Нефтяные насосы изготавливаются в трех исполнениях:

Н — для нефтепродуктов с температурой не выше 220°C;

НГ — для нефтепродуктов с температурой не выше 400°C;

Г — для сжиженных газов плотностью 480—700 кг/м<sup>3</sup> с температурой от минус 15 до плюс 40°C.

При модернизации насоса перед буквами Г, Н, НГ и С ставят буквы в алфавитном порядке, соответствующем номеру модернизации, например первую модернизацию обозначают буквой А.

Пример условного обозначения: ПДГ10/40НГ, где

10 — производительность в м<sup>3</sup>/ч; 40 — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>.

Буква М вначале означает мембранный.

Поршневые приводные насосы с нерегулируемой подачей:

ПТ — поршневые, трехцилиндровые с нерегулируемой подачей;

Т — трехцилиндровые;

Гр — для горячих жидкостей с регулируемой подачей;

МГр — мембранные для горячих жидкостей с регулируемой подачей;

ЭНП-7 — электроприводной насос, поршневой; 7 — номер модели.

Пример условного обозначения: ПТ10/40, где

10 — производительность в м<sup>3</sup>/ч; 40 — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>.

Нефтяные приводные поршневые насосы:

НР — нефтяной с регулируемой подачей.

Пример условного обозначения: НР4/25-С, где

4 — максимальная подача в м<sup>3</sup>/ч; 25 — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>; С — модификация насоса.

**Принцип действия.** Поршневой насос состоит из двух основных частей: гидравлической, перекачивающей жидкость, и приводной, передающей энергию от двигателя к насосу.

Гидравлическая часть горизонтального насоса одинарного действия (рис. 46) состоит из цилиндра, в котором помещен поршень, соединенный штоком с приводной частью насоса. К цилиндру присоединена клапанная коробка, в которой находятся два клапана: всасывающий и нагнетательный. Пространство между поршнем и клапанами называется «рабочей камерой насоса». К всасывающему клапану подведена снизу приемная труба, соединяющая насос с приемным резервуаром, из которого откачивается жидкость. Над нагнетательным клапаном помещена напорная труба, по которой подается насосом жидкость. Устройство клапанов таково, что в одном направлении (в данном случае снизу вверх) они пропускают жидкость, в обратном не пропускают.

Поршень, соединенный штоком с приводной частью, перемещается внутри цилиндра. При этом уплотняющие устройства (поршневые кольца, манжеты) на боковой поверхности поршня плотно при-

легают к внутренней стенке цилиндра, препятствуя утечке жидкости между поршнем и цилиндром.

Во время работы насоса поршень (плунжер) передвигается внутри цилиндра возвратно-поступательно на длину хода. Крайнее левое и правое положения поршня называются мертвыми положениями.

Отличительной особенностью насосов одинарного действия (рис. 47) является наличие одной рабочей камеры, их поршень (плунжер) соприкасается с перекачиваемой жидкостью одной стороной.

К объемным насосам одинарного действия относится также диафрагмовый насос (рис. 48). Цилиндр насоса и плунжер отделены от перекачиваемой жидкости эластичной перегородкой — диафрагмой из мягкой резины или специальной стали. При движении плунжера вверх диафрагма прогибается под давлением жидкости, которая всасывается в насос. При обратном движении плунжера диафрагма прогибается влево и жидкость вытесняется в нагнетательный трубопровод.

В насосах двойного действия рабочими являются обе стороны поршня-плунжера. Цилиндр имеет две рабочие полости и две пары клапанов, поэтому производительность насоса двойного действия почти вдвое больше, чем производительность насоса одинарного действия. Всасывание и нагнетание у горизонтального поршневого насоса двойного действия (рис. 49) совершается при каждом ходе поршня. При ходе поршня вправо жидкость поступает в левую рабочую камеру через нижний всасывающий клапан, и одновременно подается в нагнетательную трубу из правой рабочей камеры через правый верхний нагнетательный клапан.

При обратном ходе поршня жидкость всасывается в правую рабочую камеру через правый нижний всасывающий клапан и одновременно подается в нагнетательную трубу из левой рабочей камеры через левый верхний нагнетательный клапан.

Поршневые химические насосы подразделяются на приводные, снабженные кривошипно-шатунным механизмом, и на паровые — прямодействующие с паровым или пневматическим приводом. По конструктивному исполнению приводные насосы могут быть поршневыми и плунжерными.

Конструктивное исполнение химических насосов весьма разнообразно, каждая группа отличается от другой назначением или областью применения.

Поршневые приводные насосы могут быть с регулируемой и нерегулируемой подачей. Поршневой насос типа ХТр предназначен для перекачивания агрессивных жидкостей. Состоит из блока гидравлических цилиндров и станины. В станине размещен механизм движения, включающий редуктор, механизм регулирования длины хода плунжера, шатун и ползуны. Плунжер крепится непосредственно к ползуну. В блоке гидравлических цилиндров размещены всасывающие нагнетательные клапаны, а также узлы уплотнения плунжеров. Подача плавно регулируется специально предусмотренным винтом. Движущиеся части смазываются с помощью шестеренного насоса, соединенного с коленчатым валом. Привод производится электродвигателем через глобоидную передачу и упругую муфту.

Насос типа ХТ (рис. 50) устроен так же, как насос типа ХТр. Его привод осуществляется от электродвигателя через клиноременную передачу.

В станине расположена приводная часть насоса, которая состоит из коленчатого вала, шатунов и ползунов. На консольном конце ко-

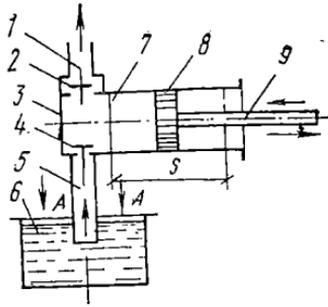


Рис. 46. Схема гидравлической части горизонтального поршневого насоса одинарного действия

1 — напорная труба; 2 — нагнетательный клапан; 3 — клапанная коробка; 4 — всасывающий клапан; 5 — приемная труба; 6 — приемный резервуар; 7 — цилиндр; 8 — поршень; 9 — шток

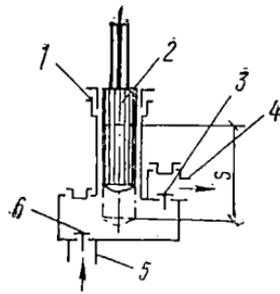


Рис. 47. Схема гидравлической части вертикального плунжерного насоса одинарного действия

1 — сальник; 2 — плунжер; 3 — нагнетательный клапан; 4 — напорная труба; 5 — всасывающая труба; 6 — всасывающий клапан; S — длина хода плунжера

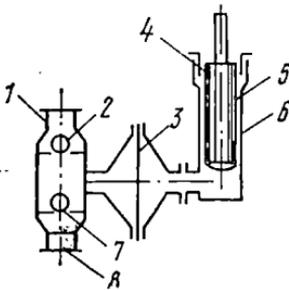


Рис. 48. Схема гидравлической части диафрагмового насоса одинарного действия

1 — напорная труба; 2 — нагнетательный клапан; 3 — диафрагма; 4 — сальник; 5 — плунжер; 6 — цилиндр; 7 — всасывающий клапан; 8 — всасывающая труба

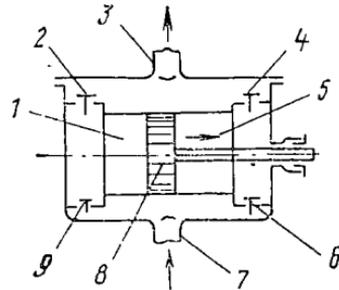


Рис. 49. Схема гидравлической части горизонтального поршневого насоса двойного действия

1 — левая рабочая камера; 2 — левый напорный клапан; 3 — напорная труба; 4 — правый нагнетательный клапан; 5 — правая рабочая камера; 6 — правый всасывающий клапан; 7 — всасывающая труба; 8 — поршень; 9 — левый всасывающий клапан

ленчатого вала крепится шкив ременной передачи. Смазка подшипников коленчатого вала осуществляется из картера, в котором располагается змеевик маслоохладителя.

Непосредственно к ползунам крепятся цельные плунжеры, уплотнение которых осуществляется сальником с прографиченными кольцами набивки.

Гидравлический блок крепится непосредственно к станине. В нем расположено по три всасывающих и нагнетательных плоских кольцевых клапана, а также всасывающее и нагнетательное отверстия. К нагнетательному отверстию подсоединяется напорный коллак.

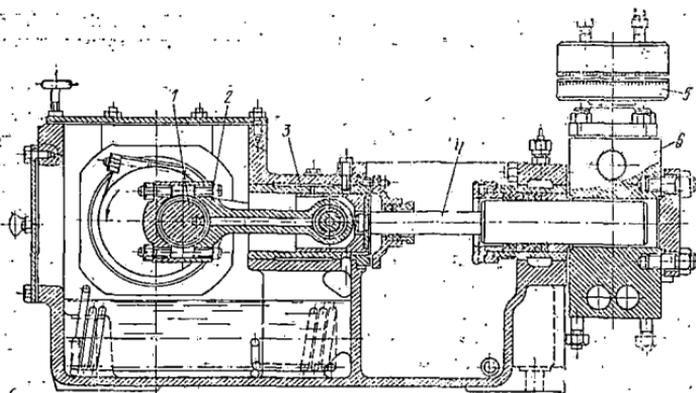


Рис. 50. Приводной насос типа ХТ

1 — коленчатый вал; 2 — шатун; 3 — ползун; 4 — плунжер; 5 — напорный колпак; 6 — гидравлический блок

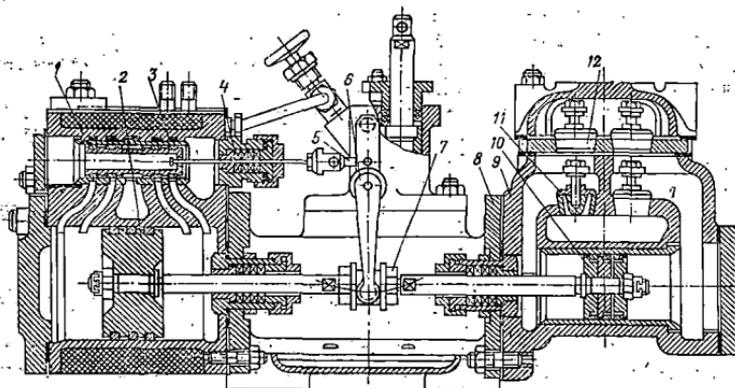


Рис. 51. Паровой поршневой насос типа ПДГ

1 — паровой блок; 2 — поршень; 3 — золотник; 4 — шток золотника; 5 — тяга; 6 — рычаг; 7 — муфта; 8 — опорная стойка; 9 — блок гидроцилиндров; 10 — поршень; 11 — всасывающий клапан; 12 — нагнетательный клапан

Насос и электродвигатель устанавливаются на общей чугунной фундаментной плите. На плите имеется устройство для регулирования натяжения ремней передачи.

Для смазки движущихся деталей насоса предусмотрен шестеренный маслонасос.

Приводные насосы с регулируемой подачей имеют сменные шкивы клиноременной передачи. Известны конструкции приводных насосов с приводом от электродвигателя через червячную, глобидную или другую передачи.

Аналогичную конструкцию имеют нефтяные приводные насосы и поршневые приводные насосы с нерегулируемой подачей.

Поршневые паровые насосы общего назначе-

ний и нефтяные предназначены для перекачивания пресной и морской воды, темных нефтепродуктов и других сходных по физико-химическим свойствам жидкостей. Насосы изготавливаются двух типов: ПДГ и ПДВ.

Эти насосы состоят из блока паровых цилиндров, блока гидравлических цилиндров, механизма парораспределения. Блок гидравлических цилиндров отделен от блока паровых цилиндров двумя фонарями. Корпус механизма парораспределения закреплен на торце паровых цилиндров. Золотники цилиндрические, разгруженные. Смазка паровой части производится маслом от лубрикатора, гидравлической — перекачиваемой жидкостью.

**Прямодействующий насос ПДГ** (рис. 51). Приводом насоса является паровая машина, работающая на насыщенном или перегретом паре. Блок паровых цилиндров состоит из двух поршней со штоками и двух золотников. Шток золотника посредством тяги, рычага и муфты соединяется со штоками поршней насоса.

Пар, поступающий попеременно в полости по разные стороны поршня паровой машины, приводит их в движение. Одновременно совершает возвратно-поступательное движение поршень насоса.

Блок гидроцилиндров отлит совместно с клапанной коробкой, в которой расположены четыре всасывающих и четыре нагнетательных клапана. Блок паровых цилиндров и блок гидроцилиндров крепятся к средней опорной стойке насоса.

Паровые цилиндры смазываются маслом от пресс-масленки, гидравлическая часть — перекачиваемой жидкостью. Шарнирные соединения смазываются вручную.

Опорные лапы малых насосов отлиты совместно с опорной стойкой, крупных — совместно с паровым и гидравлическим блоками. Уплотнение штоков осуществляется термостойкой сальниковой набивкой.

Для опорожнения насоса в нижней части каждого цилиндра предусмотрена сливная пробка.

## МОНТАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ

Насосы (табл. IV-1—IV-4) и насосные агрегаты изготавливают и поставляют в соответствии с требованиями ОСТ 26-1347-76 «Насосы. Общие технические требования».

Насосные агрегаты поставляют в собранном виде и не требуют разборки перед монтажом.

Отверстия, патрубки и присоединительные фланцы насоса закрывают пробками, заглушками и пломбируют. Основные разъемы корпусов насосов, редукторов насосных агрегатов также должны быть опломбированы.

Основные и вспомогательные трубопроводы (байпасные, охлаждения, гидроуплотнения, смазки, подвода воздуха и пара, дренажных сливных и др.) в пределах насосного агрегата поставляют полностью изготовленными и испытанными участками. Отверстия и фланцы их закрыты пробками или заглушками и опломбированы.

Арматуру, КИП, автоматические системы управления, регулирования, сигнализации и защиты, входящие в объем поставки насосного агрегата, поставляют проверенными, опломбированными и с клеймом.

По требованию заказчика завод-изготовитель также предоставляет комплект фундаментных или анкерных болтов.

## МОНТАЖ НАСОСОВ

Насосы и насосные агрегаты, поставляемые в собранном виде, выверяют и закрепляют на фундаментах.

При проверке и креплении насосов необходимо обеспечить совмещение их осей в плане с осями фундамента, требуемый зазор для подливки, высотную отметку и горизонтальность. Допускаемые отклонения должны соответствовать указаниям технической документации завода-изготовителя, а при отсутствии этих указаний следующим значениям: смещение осей в плане от осей фундамента — 10 мм; отклонение от проектной высотной отметки — 10 мм; отклонение от горизонтальности — 0,3 мм.

Насосы выверяют регулировочными винтами в следующем порядке:

установка по осям в плане;

установка по высоте и горизонтали с помощью регулировочных винтов. Выверенный насос должен опираться на все регулировочные винты (проверяют щупом). Положение винтов фиксируют контргайками;

изоляция регулировочных винтов бумагой, толем или тонким слоем густой смазки для предотвращения их сцепления с подливкой;

фиксация выверенного положения насоса частичной затяжкой гаек фундаментных болтов;

установка опалубки для подливки по периметру насоса;

подливка насоса бетонной смесью;

окончательная затяжка гаек фундаментных болтов;

удаление регулировочных винтов.

После окончания подливки до затвердения бетонной смеси сле-

Т а б л и ц а IV.1. Монтажные характеристики поршневых приводных химических насосов с регулируемой подачей

Марка	Среда	Габаритные размеры, мм	Масса кг
Тр1/320	Чистые жидкости	1723×1125×1335	1129
Тр10/40А	Водные и газовые конденсаты	2120×1425×935	1610
ХТр4/100	Водно-спиртовые конденсаты	1943×1113×1285	1400
ХТр4/200	Циклогексаны	2275×1440×1465	2100
ХТр4/320	Чистые химические реагенты	2560×1645×1550	2385
Тр6/320	То же	2560×1645×1550	2350
ХТр4/40	Чистые химические жидкости	1985×1135×950	1570
Тр6,3/160	Химически очищенная вода	2300×1720×1475	2100
Тр6/100	Слабощелочные суспензии	2010×1365×1095	1786
ХТр8/110	Циклогексаны	2275×1440×1465	2100
ХТр8/110А	35%-ная азотная кислота	2275×1440×1465	2100
ХТр10/25	Чистые жидкости	1825×1350×920	1160
ХТр10/100	Чистые химические реагенты	2350×1360×1230	2245
ХТр20/40	Бензин, сжиженные углеводороды	2345×1440×1040	1995
ХТр25/25	Высокоабразивные пульпы	2345×1320×1425	2100
ХТр32/40	Смеси сжиженных углеводородов	2545×1485×1175	2435

Примечание. В числителе — подача в м<sup>3</sup>/ч; в знаменателе — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>.

дует выполнить контрольную проверку выверенного положения насоса.

Окончательно затягивать гайки фундаментных болтов разрешается после достижения бетоном подливки проектной прочности. Регулировочные винты перед окончательной затяжкой гаек фундаментных болтов отвертывают на 1—2 оборота.

Насосы, фундаментные болты которых устанавливаются в колодцах, предварительно выверяют по высоте и в плане, затем колодцы заполняют бетонной смесью на 100—150 мм ниже поверхности фундамента. Окончательную выверку и частичную затяжку фундаментных болтов следует производить после достижения бетоном в колодцах 70%-ной прочности.

До окончательной затяжки гаек фундаментных болтов запрещается производить работы, которые могут вызвать нарушение прочности валов насосного агрегата.

Горизонтальные насосные агрегаты, не имеющие общей фундаментной плиты или рамы и поступающие на монтаж сборочными единицами, монтируются последовательно, начиная с базовой машины, которая выверяется и закрепляется на фундаменте в первую очередь.

Базовой машиной агрегата с редуктором является редуктор; агрегата без редуктора — машина наибольшей массы; агрегата с гидромурфтой (без редуктора) — гидромурфта.

Таблица IV.2. Монтажные характеристики поршневых приводных насосов с нерегулируемой подачей

Марка	Среда	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление нагнетания, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ПТ1/250	Химические реагенты	1	25	1725×795×810	845
ПТ2/250	То же	1,6	25	2115×920×855	1430
ПТ2/160	»	1,6	16	700×520×385	845
ПТ3/100	»	2,5	10	1740×795×810	890
ПТ4/60	»	4	6,3	1740×795×810	890
ПТ6/40	»	6,3	4	1740×795×810	890
ПТ10/40	»	10	4	2135×920×855	1510
T-10/100	Конденсат	10	10	2680×1355× ×1020	2305
T-16/25	Каменноугольная смола	10; 16	2,5	2220×1055× ×1175	1620
9МГр-61-бу- ровой	Промышленные раство- ры	18,4; 64	16; 4,5	2640×1000× ×1740	2670
11ГрИ	То же	13,5; 23,4	6,3; 4	1835×990× ×1410	1080
15Гр	»	15,7; 57,6	40; 10	2640×1240× ×2080	3890
13Гр-1	»	28,3; 60,5	20; 9,5	3070×1300× ×2040	5800
9Т	Растворы цемента	10,5; 82,8	32; 4	2385×720× ×2168	2890
ХТ-16/40	Растворы моноэтано- ламина	16	4	2272×900× ×1070	1730
T-32/16	Каменноугольная смола	20; 25; 32	1,6	2962×1200× ×1563	1892
Электрона- сос ЭНП-7	Пресная, морская во- да, темные нефте- продукты	78	0,5	1825×910× ×1710	2490

Т а б л и ц а IV.3. Монтажная характеристика нефтяных приводных поршневых насосов

Марка	Среда	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление нагнетания, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
НРЧ/25-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—4	2,5	1600×750× ×1030.	750
НРЧ/25-Н	Коррозионные жидкости	0—4	2,5	1600×750× ×1030	750 ]
НР2,5/40-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—2,5	4	1600×750× ×1030	750 ]
НР2,5/40-Н	Коррозионные жидкости	0—2,5	4	1600×750× ×1030	750 ]
НР1,6/25-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—1,6	2,5	890×750×930	417 ]
НР1,6/25-Н	Коррозионные жидкости	0—1,6	2,5	890×750×930	417
НР0,63/63-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—0,63	6,3	875×750×925	398 ]
НР0,63/63-Н	Коррозионные жидкости	0—0,63	6,3	875×750×925	398 ]
НР1/100-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—1	10	1570×750× ×1030	750
НР1/100-Н	Коррозионные жидкости	0—1	10	1570×750× ×1030	750
НР1/40-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—1	4	890×750×930	420
НР1/40-Н	Коррозионные жидкости	0—1	4	890×750×930	420
НР0,4/100-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—0,4	10	890×750×930	420
НР0,4/100-Н	Коррозионные жидкости	0—0,4	10	890×750×930	420
НР1,6/63-С	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	0—1,6	6,3	1570×750× ×1030	750
НР1,6/63-Н	Коррозионные жидкости	0—1,6	6,3	1570×750× ×1030	750
П80/10	Светлые и темные нефтепродукты	80	1	2280×970× ×1830	1890
РГ10/64	Нефтепродукты и холодные сжиженные углеводороды	4—10	6,4	2060×1490× ×2015	2370
Р25/25	Нефтепродукты	10—25	2,5	1700×1520× ×1970	2067

Т а б л и ц а IV.4. Монтажные характеристики поршневых паровых горизонтальных и вертикальных насосов

Марка	Среда	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ПДГ2,5/20;	Пресная, морская вода, нефтепродукты	777×295×3000	110
ПДГ2,5/20-С		1717×690×716	753
ПДГ10/40Н	Нефтепродукты	1717×690×716	748
ПДГ10/40НГ		1587×690×716	685
ПДГ10/40Г	Сжиженные газы	2180×715×820	1750
МПН-8М		2456×780×872	2632
МПН-1Г	Жидкие гудроны	1570×890×625	1400
ПДГ25/45Н		2273×866×1030	2536
МПН-4М	Нефтепродукты	2100×1010×762	1700
ПДГ40/32НГ		2565×1010×1050	3255
МПН-1М		2100×1010×762	1700
ПДГ60/25А-Н		2100×1020×762	1600
ПДГ60/20А		2790×1280×1150	4700
ПДГ125/32Н		670×506×1355	450
ПДВ10/50А;	Пресная, морская вода и нефтепродукты	630×4247×1266	430
ПДВ10/50А-С			
ПДВ16/32;	То же	630×427×1230	400
ПДВ16/32-С			
ПДВ16/20А-С		342×585×1490	700
ПДВ25/50			
ПДВ25/32;		650×450×1350	575
ПДВ25/32-С			
ПДВ25/20А-С		870×700×1615	1000
ПДВ25/4; ПДВ25/4-С			
ПДВ40/20			
ПДВ60/8; ПДВ60/8-С		700×672×1630	820
ПДВ125/8-С		820×690×1978	1400
ПДВ160/16-С		1062×915×2350	3100
ПДВ250/8-С		1200×890×2417	3700

Примечание. В числителе — подача в м<sup>3</sup>/ч, в знаменателе — давление нагнетания в кгс/см<sup>2</sup>.

Выверка остальных машин агрегата заключается в обеспечении горизонтальности в направлении, перпендикулярном их осям, и соосности с базовой машинной центровкой валов по полумуфтам. Соосность проверяют в следующем порядке:

устанавливают заданное расстояние между машинами; закрепляют на полумуфтах приспособление для проверки соосности;

записывают результаты замеров в начальном положении проверяемых валов;

одновременно поворачивают валы на 90, 180, 270, 360° и записывают результаты замеров в каждом положении.

Центровка валов машин насосного агрегата считается правильной, если разность диаметрально противоположных замеров перекося и параллельного смещения осей не превышает допустимых величин.

При сборке упругих муфт соединительные пальцы должны входить плотно от руки в отверстия ведущей муфты, а резиновые или кожаные кольца пальцев — свободно без деформации в отверстия ведомой полумуфты. Зазор между кольцами и отверстиями должен быть одинаковым у всех пальцев.

Маслопроводы, поступающие на монтаж не закрепленным на насосе, перед монтажом должны быть протравлены.

Смонтированные маслопроводы должны плотно прилегать к фундаменту и насосу. Плотность соединений системы смазки должна быть проверена при промывке ее маслом от масляного насоса. Одновременно проверяют поступление масла ко всем смазываемым точкам. По окончании промывки проверяется чистота масла и фильтрующих элементов масляных фильтров.

**Трубопроводы** присоединяются после выверки и окончательного закрепления насоса на фундаменте. Внутренние поверхности трубопроводов, по которым перекачиваемая жидкость поступает в насос, до установки должны быть очищены.

Передача нагрузки от трубопроводов на патрубки насоса не допускается. Допускается непараллельность фланцев на каждые 150 мм диаметра при рабочем давлении до  $16 \text{ кгс/см}^2$  — не более 0,15 мм, свыше  $16 \text{ кгс/см}^2$  — не более 0,1 мм.

После присоединения трубопроводов к насосу повторно проверяют центровку валов насосного агрегата.

## ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ В КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Смонтированные насосные агрегаты должны быть подвергнуты индивидуальным испытаниям. После этого их надо опробовать совместно с системами автоматического управления, контроля, сигнализации и защиты, если эти системы предусмотрены проектом.

До начала испытаний насоса необходимо отдельно обкатать вхолостую электродвигатель. Обкатка должна продолжаться до установления нормальной температуры подшипников, но не менее двух часов.

В процессе подготовки насосов к испытанию необходимо проверить:

- затяжку гаек фундаментных болтов, состояние изоляции и заземления электрической части оборудования, наличие и исправность ограждений, устройств пуска и отключения приборов;

- наличие и уровень масла в системе смазки;

- свободное вращение ротора (вала) поворотом на 1—2 оборота;

- наличие смазки в зубчатых соединительных муфтах;

- положение открытия или закрытия задвижек и вентилях на основных и вспомогательных трубопроводах;

- срабатывание защитных устройств вручную, если таковые имеются;

- затяжку резьбовых соединений;

- направление вращения ротора включением электродвигателя на короткое время.

Кроме этого, нужно собрать муфтовые соединения насосного агрегата после повторной проверки центровки валов и установления правильного направления вращения ротора электродвигателя.

Последовательность операций при пуске, число запусков подряд и интервалы между ними, постепенное увеличение продолжительности пробных испытаний, продолжительность заключительного непрерывного испытания, режим испытаний и среда, используемая при испытаниях, определяются для каждой марки насосов заводом-изготовителем.

При испытании насосов необходимо достичь:

спокойной работы агрегата без стуков и чрезмерного шума;

нормальной работы подшипников, при которой их температура независимо от продолжительности работы не должна превышать величины, указанной в технической документации предприятия-изготовителя; при отсутствии специального устройства для замера температуры работу подшипников следует контролировать на ощупь по нагреву подшипника;

устойчивого давления масла в циркуляционной системе смазки, соответствующего указаниям предприятия-изготовителя, надежной блокировки электропитания двигателя насоса с приборами давления масла, отрегулированной работы перепускного клапана маслосистемы, бесперебойного поступления масла во все места смазки. Утечка масла через соединения маслопроводов и крышки не допускается; нормальная работы уплотнения вала;

нормальной работы системы автоматического управления, регулирования, сигнализации и защиты.

После испытаний насосов под нагрузкой следует проверить затяжку фундаментных болтов.

При невозможности проведения индивидуальных испытаний в отрыве от смежного оборудования или по другим причинам оно может совмещаться с комплексным опробованием строящегося объекта.

## Глава 2. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ И ОСЕВЫЕ НАСОСЫ

### КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Среди различных классов и видов насосов наиболее представительное место занимают центробежные и осевые. Отрасли — потребители этого оборудования с каждым годом предъявляют к нему все более растущие требования, связанные с интенсификацией технологических процессов и ростом их параметров (подачи, давления, температуры и т. д.). Особенно высокие требования к насосам выдвигаются со стороны химической и смежных с ней отраслей промышленности. Наряду с гидравлическими и энергетическими показателями — подачей, напором, КПД, всасывающей особенностью — предъявляются различные эксплуатационные требования. В первую очередь: простота и удобство обслуживания, монтажа, демонтажа и замены быстрознашивающихся деталей; коррозионная и эрозийная стойкость; отсутствие или минимальная утечка через уплотнения вала; минимальный уровень шума и вибраций; работоспособность в течение длительного времени при положительной и отрицательной температуре; поддержание заданного давления или разрежения на входе в насос; возможность предотвратить застывание и кристаллизацию рабочей жидкости в насосе; взрывобезопасность, самовсасывание и т. п.

Центробежные насосы подразделяются на типы и исполнения: по взаимному расположению рабочего колеса и опор — консольные, у которых рабочее колесо посажено на консольной части вала, и межопорные, у которых рабочее колесо расположено между опорами вала;

по соединению рабочих органов с приводным электродвигате-

лем — с автономными опорами и моноблочные, у которых рабочее колесо посажено на вал электродвигателя;

по расположению рабочих органов относительно уровня жидкости во всасывающей емкости — выносные и погружные, у которых рабочие органы находятся под уровнем откачиваемой жидкости;

по наличию уплотнения — с уплотнением и герметичные бес-сальниковые;

по положению оси вала — горизонтальные и вертикальные; по наличию устройства самовсасывания — самовсасывающие и несамовсасывающие.

Центробежные и осевые насосы образуют группу так называемых лопастных насосов. В центробежном насосе (рис. 52, а, б) поток жидкости поступает в насос параллельно его оси, поворачивается и выходит из насоса в радиальной плоскости, перпендикулярной оси насоса. В осевом насосе поток жидкости движется параллельно оси.

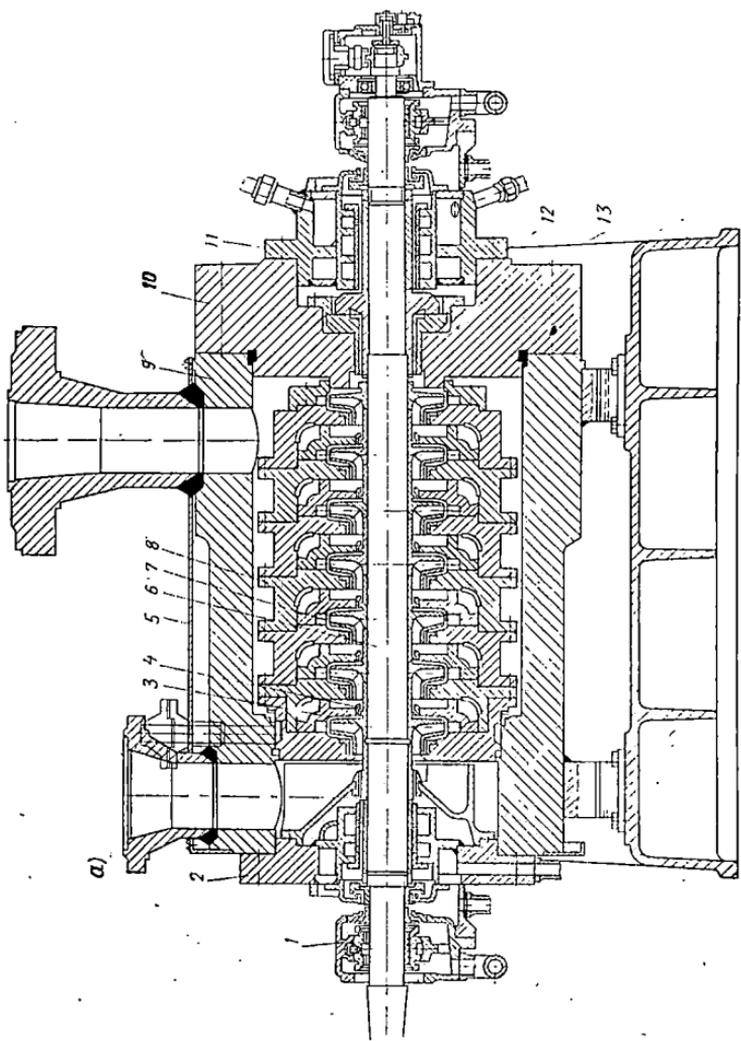
Рассмотрим исполнение основных узлов лопастных насосов, являющихся общими независимо от их марки. К этим узлам относятся рабочее колесо, подводящее и отводящее устройства, уплотнения, устройства для уравнивания осевых сил и подшипники. Рабочее колесо представляет собой, как правило, отливку, состоящую из основного и покрывающего дисков, между которыми отлиты лопасти, образующие межлопастные каналы (рис. 53).

В одноступенчатых насосах в качестве подводящего устройства применяют короткий конфузорный или цилиндрический патрубки (осевой подвод). В многоступенчатых насосах используют боковой подвод, причем в центробежных насосах его выполняют в виде кольцевых камер либо полуспиралей, а в осевых — в виде изогнутой трубы или камеры.

В многоступенчатых насосах за рабочим колесом располагают направляющий аппарат, состоящий из нескольких лопаток и образующих канал, который обеспечивает частичный спиральный отвод жидкости на части дуги окружности, охватывающей рабочее колесо. В осевых насосах имеется выправляющий аппарат, который представляет собой ряд неподвижных профильных лопаток, образующих диффузорные каналы.

Концевые уплотнения насосов (рис. 54) бывают двух типов. Сальниковое уплотнение хорошо работает на холодной воде при давлении перед сальником до 1 МПа с частотой вращения втулки вала до 20 м/с. Специальные конструкции сальника могут работать и при более высоких значениях этих величин. Корпус сальника устанавливается в расточке корпуса. В нем имеются кольца из мягкой сальниковой набивки, которые поджимают в осевом направлении при помощи гаек через нажимную втулку. Величина нажимного усилия должна быть минимальной, обеспечивающей герметичность уплотнения. При правильной работе сальника через него должна протекать тонкой струйкой вода, которая служит для смазки колец набивки и отвода части тепла, выделяющегося при трении.

Если насос работает с разрежением на входе или перекачивает химически активные или горячие жидкости, к сальниковому уплотнению подводится запирающая жидкость  $q_3$ , которая одновременно служит и для охлаждения. Для этого между кольцами набивки устанавливают гидравлическое кольцо, и в этом месте образуется гидрозатвор. Если давление перед сальником превышает 1 МПа, то выполняют разгрузку сальника, для чего перед сальником преду-



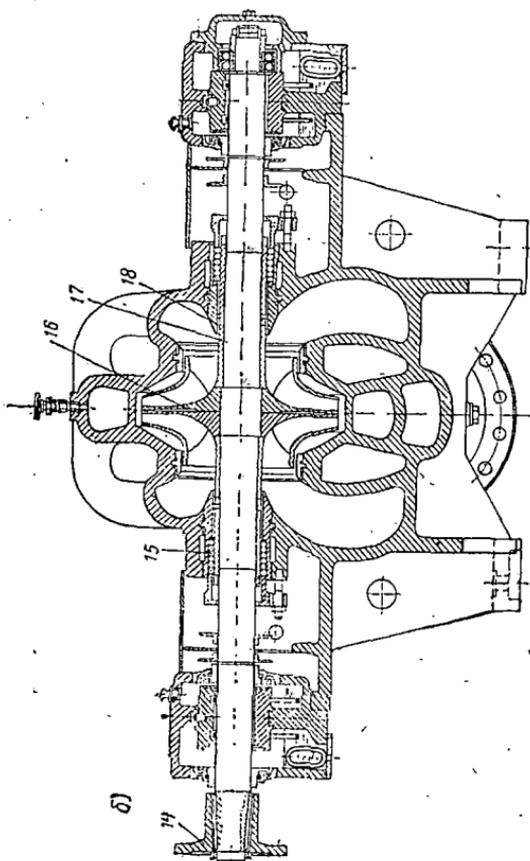
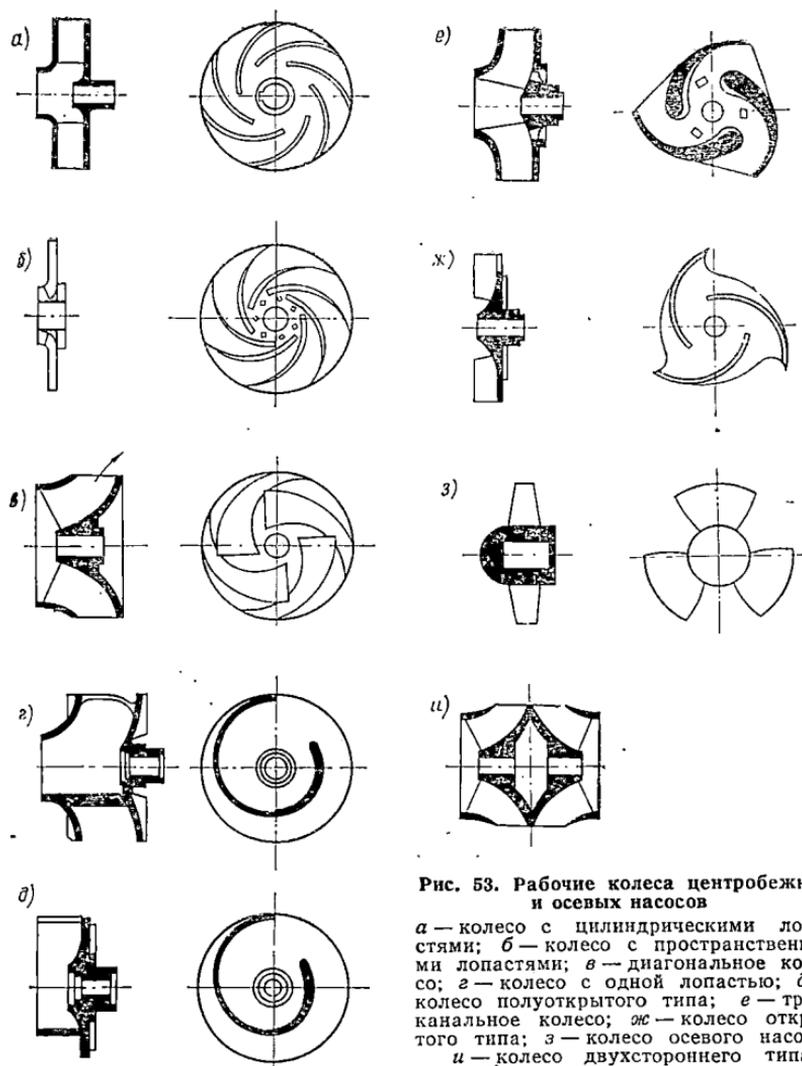


Рис. 52. Центробежные горизонтальные насосы (принципиальное конструктивное решение)

а — секционный; б — спиральный; 1 — подшипник; 2 — входная крышка; 3 — направляющий аппарат; 4 — уплотнительные кольца; 5 — кожух; 6, 17 — вал; 7, 16 — рабочее колесо; 8 — секция; 9 — наружный корпус; 10 — крышка; 11 — заднее концевое уплотнение; 12 — разгрузочный диск; 13 — подушка гидроняты; 14 — полумуфта; 15 — сальниковое уплотнение; 18 — защитная втулка

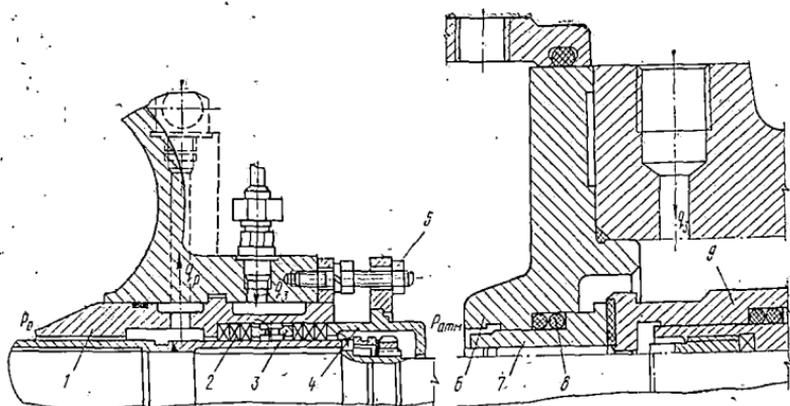


**Рис. 53. Рабочие колеса центробежных и осевых насосов**

*a* — колесо с цилиндрическими лопастями; *b* — колесо с пространственными лопастями; *v* — диагональное колесо; *г* — колесо с одной лопастью; *д* — колесо полуоткрытого типа; *e* — трехканальное колесо; *ж* — колесо открытого типа; *з* — колесо осевого насоса; *и* — колесо двухстороннего типа

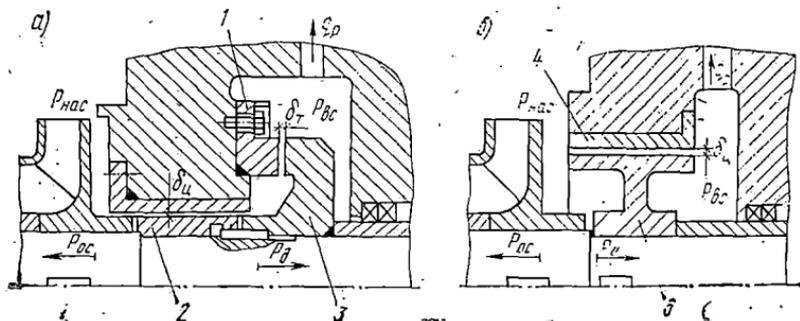
сматривается цилиндрическая дроселирующая щель, после которой часть жидкости отводится в емкость с низким давлением. Неподвижные стыки, образующие камеры разгрузки и охлаждения, уплотняют резинowymi кольцами.

Торцевые уплотнения получили широкое распространение в последнее время благодаря способности обеспечить практически полную герметичность. Эти уплотнения практически не требуют ухода в процессе эксплуатации. Уплотнение (см. рис. 54) состоит из неподвижной втулки, установленной в крышке, и вращающейся втулки, которая пружиной и уплотняемым давлением прижимается к неподвижной, препятствуя перетоку жидкости через зазор. Втулка



**Рис. 54. Концевые уплотнения насоса**

*a* — сальниковое; *б* — торцевое; 1 — корпус сальника; 2 — сальниковая набивка; 3 — гидравлическое кольцо; 4 — нажимная втулка; 5 — гайка; 6 — крышка; 7 — неподвижная втулка; 8 — кольца резиновые; 9 — втулка вращающаяся, 10 — втулка ведущая; 11 — упорная втулка



**Рис. 55. Гидравлические разгрузочные устройства**

*a* — гидропята; *б* — разгрузочный барабан; 1 — подушка пяты; 2 — втулка; 3 — разгрузочный диск; 4 — корпус; 5 — цилиндрическая часть

приводится во вращение ведущей втулкой, которая на валу фиксируется установочным винтом. Пружина упирается в упорную втулку. Уплотнение неподвижных стыков осуществляется резиновыми кольцами. Для охлаждения торцевого уплотнения может подводиться запирающая жидкость.

Для уравнивания осевой силы, достигающей десятков тонн и возникающей при работе насоса и направленной в сторону всасывания, применяют гидропята или разгрузочный барабан (рис. 55).

Гидропята представляет собой автоматическое саморегулирующее уравнивающее устройство, работающее на всех режимах. Она состоит из цилиндрической втулки, разгрузочного диска и подушки пяты. Между цилиндрической втулкой и втулкой корпуса образуется цилиндрическая щель  $\delta_{ц}$ , предназначенная для частичного дрос-

селирования давления насоса  $p_{нас}$ . Между разгрузочным диском и подушкой пяты образуется торцевая щель  $\delta_t$ , величина которой автоматически устанавливается в зависимости от величины осевого усилия  $P_{ос}$ . Камера за гидропятой соединяется со всасывающим патрубком. Давление в ней примерно равно давлению на входе  $p_{вс}$ . Под действием разности давлений  $p_{нас} - p_{вс}$  на диск действует сила  $P_d$ , которая в устойчивом положении равна суммарному осевому усилию. При изменении  $P_{ос}$  меняются величина торцевого зазора  $\delta_t$  и давление за гидропятой  $p_{вс}$ , а следовательно, и  $P_d$ . При новом зазоре  $\delta_t$  устанавливается устойчивое положение ротора. Цилиндрический зазор выбирается постоянным в пределах  $\delta_{ц} = 0,2-0,3$  мм на сторону. Торцевой зазор колеблется в пределах  $\delta_t = 0,06-0,1$  мм. Таким образом, гидропята должна быть тщательно изготовлена и собрана, и в нее не должна попадать загрязненная жидкость.

Разгрузочный барабан представляет собой деталь, устанавливаемую на вал за последней ступенью насоса. Между барабаном и втулкой корпуса образуется цилиндрическая щель  $\delta_{ц} = 0,2-0,3$  мм. Вследствие разности давлений  $p_{нас} - p_{вс}$  на барабан действует сила  $P_b$ . При выбранных размерах можно обеспечить уравнивание осевой силы  $P_b = P_{ос}$  только для одного режима работы насоса.

Роторы насосов с легким режимом работы вращаются в подшипниках скольжения, со средним и тяжелым режимом работы — в подшипниках качения.

Насосы, как правило, устанавливают на монолитных железобетонных фундаментах или на опорных металлоконструкциях. Однако при расположении насосов холодного и горячего водоснабжения в подвальных помещениях жилых и административных зданий их устанавливают на виброизолирующих основаниях (рис. 56, табл. IV.5).

Т а б л и ц а IV.5. Размеры виброизолирующего основания

Тип насоса	Размеры, мм			
	<i>B</i>	<i>Г</i>	<i>h</i>	<i>H</i>
1,5К-6	600	1000	134	100
2К-6	600	1300	140	100
2К-9	600	1200	126	100
3К-9	650	1500	152	120
4К-18	750	1500	172	200

Наиболее распространенными насосами, монтируемыми на виброизолирующих основаниях, являются центробежные горизонтальные консольные насосы типа К.

Патрубки насосов соединяют с трубопроводами через гибкие резиновые вставки с металлической оплеткой. Трубопроводы в местах прохода через стены и перекрытия имеют изолирующие вставки из резины, войлока, асбестового шнура.

Основание представляет собой железобетонную плиту, установленную на пружинные виброизоляторы. Насос крепят к раме. При монтаже необходимо обеспечить горизонтальность насоса и равномерную нагрузку пружин. Для этого виброизоляторы перемещают относительно центра тяжести агрегата, а затем приваривают к раме.

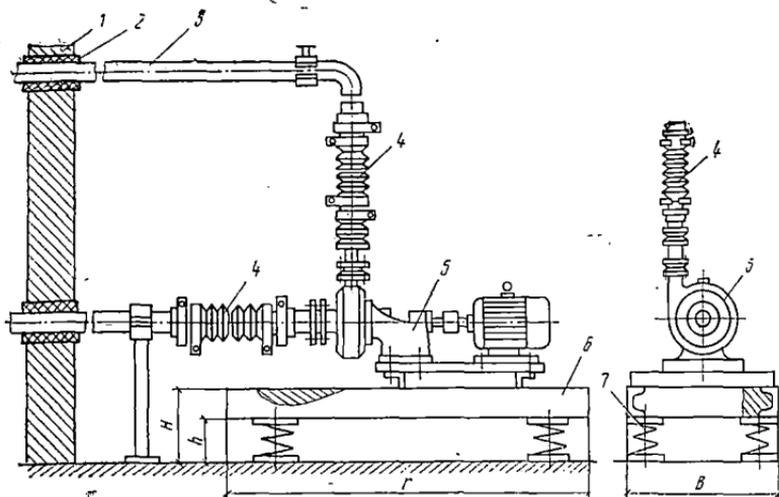


Рис. 56. Установка насоса на виброизолирующем основании

1 — стена; 2 — изолирующая вставка; 3 — трубопровод; 4 — резиновая вставка с металлической оплеткой; 5 — насос; 6 — железобетонная плита; 7 — пружинный виброизолятор

## МОНТАЖНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАСОСАМ

В соответствии с ОСТ 26-1347-76 «Насосы общепромышленного назначения. Технические требования» при проектировании насосов и насосных агрегатов выбирают такие конструктивные решения, которые обеспечивают их поставку в полностью собранном виде. Если это невозможно, насосы или насосные агрегаты должны состоять из минимального числа максимально укрупненных транспортабельных единиц. При этом учитывают наличие водных путей, шоссейных дорог, позволяющих перевозить их с предприятия-изготовителя на место монтажа (под терминами «транспортабельное оборудование», «насосный агрегат», «насос», «сборочная единица» — понимают оборудование, как габаритное, так и негабаритное любой степени, которое возможно перевести по железной дороге в собранном виде).

Отдельные сборочные единицы горизонтальных насосных агрегатов (насос, редуктор, гидромфуга, двигатель), взаимное положение которых определяется соосностью и горизонтальностью, конструктивно объединяют общей фундаментной рамой (плитой), на которой закрепляют и фиксируют каждую сборочную единицу.

В отдельных обоснованных по конструктивным признакам случаях сборочные единицы насосных агрегатов могут иметь отдельные фундаментные рамы (плиты).

На каждом транспортабельном насосном агрегате, поставляемом в полностью собранном виде на общей фундаментной раме (плите), и на каждой сборочной единице нетранспортабельного насосного агрегата предусматривают устройства для их строповки в полностью собранном виде при подъеме и установке в проектное

положение на месте монтажа, а также для погрузочно-разгрузочных и ремонтных работ в процессе эксплуатации.

Если в качестве устройства для строповки используются конструктивные элементы насосных агрегатов или сборочных единиц (патрубки, фланцы, уступы и др.), то это отражают в конструкторской и эксплуатационной документации. Места строповки на оборудовании обозначают яркой несмываемой краской красного цвета.

Основные и вспомогательные трубопроводы (байпасные, охлаждения, гидроуплотнения, смазки, сливные и т. п.), входящие в комплект поставки насоса и насосного агрегата, должны быть полностью изготовлены, испытаны, должны пройти контрольную сборку.

На корпусах насосов, редукторов и гидромуфт или на фундаментных рамах (плитах) выполняют обработанные контрольные площадки либо указывают обработанные базовые поверхности для установки уровня при выверке горизонтальности (вертикальности) оборудования в процессе монтажа без его вскрытия.

Контрольные или базовые поверхности указывают на сборочном (монтажном) чертеже или в эксплуатационной документации.

В фундаментных рамах (плитах) насосных агрегатов или отдельных сборочных единиц, а также в корпусах насосов, редукторов, не имеющих рам (плит) и устанавливаемых непосредственно на фундаменте, выполняют резьбовые отверстия под регулировочные (отжимные) винты для выверки насосного агрегата или сборочной единицы на фундаменте в процессе монтажа. Расстояние между осями отверстий регулировочного винта и фундаментного болта должно быть не менее 150 мм.

В случае если размеры фундаментной плиты не позволяют выдержать этот размер 150 мм, расстояние между осями отверстий регулировочного винта и фундаментного болта может быть меньшим. В этом случае на сборочном или монтажном чертеже насоса или насосного агрегата указывают, что фундаментные болты бетонированы по кондуктору при сооружении фундамента. Схема расположения отверстий под регулировочные винты с привязкой их к оси отверстий фундаментных болтов приводят на сборочном или монтажном чертеже.

В моноблочном электронасосном агрегате отверстия под регулировочные винты выполняют на раме электродвигателя.

В железобетонных фундаментных плитах, а также в металлических фундаментных рамах (плитах) насосных агрегатов при длине рамы (плиты) до 1200 мм отверстия под регулировочные винты, как правило, не предусматривают. На электронасосах, устанавливаемых на фундамент лапами электродвигателя, резьбовые отверстия под регулировочные винты не выполняют.

Для заполнения внутренних пустот бетонной смесью в процессе подливки предусматривают отверстия, расположенные в местах, не закрытых оборудованием. Отверстия диаметром не менее 70 мм имеют круглое или прямоугольное сечение.

На рамах (плитах) насосов и насосных агрегатов, а также на корпусах насосов, редукторов и гидромуфт, не имеющих рам и устанавливаемых непосредственно на фундамент, на боковые вертикальные стенки наносят монтажные риски, фиксирующие в плане их продольную и поперечную оси симметрии (главные оси) для установки оборудования в проектное положение на фундаменте.

Риски наносят и обводят яркой несмываемой краской. Допустимое отклонение расположения монтажных рисок от оси симметрии

фундаментной плиты не более 3 мм. Место и способ нанесения рисок указывают в чертежах. На сборочных (монтажных) чертежах или в эксплуатационных документах каждого насоса, насосного агрегата и сборочной единицы указывают схемы и места строповки их в полностью собранном виде в двух проекциях с указанием центра тяжести и с привязкой его к местам строповки. Максимальный угол между ветвями стропов не должен превышать 90°, при этом центр тяжести нужно располагать на вертикальной оси, проходящей через крюк грузоподъемного механизма.

На насосах и насосных агрегатах выполняют детали крепления обслуживаемых площадок, лестниц и т. п.

В каждом закладном кольце вертикальных насосов типов О и Оп выполняют резьбовые отверстия под регулировочные винты.

Нетранспортбельные насосы, поставляемые отдельными сборочными единицами, проходят на заводе-изготовителе контрольную сборку с необходимой регулировкой для исключения подгоночных работ при монтаже.

В местах разъемных соединений отдельно поставляемых сборочных единиц насосов выполняют контрольные риски или штифты (шпильки, чистые болты и др.), соединяющие стыкуемые элементы при монтаже без подгоночных операций и регулировки взаимного положения.

На отдельно поставляемых сборочных единицах нетранспортбельных насосов, соединяемых на монтаже с помощью сварки, выполняют устройства для сборки, центровки и стяжки стыкуемых элементов перед их сборкой.

Кромки торцов свариваемых деталей должны быть разделаны под сварку, а сварные стыки маркированы после контрольной сборки на заводе-изготовителе.

Все основные и вспомогательные трубопроводы, входящие в конструкцию насоса или насосного агрегата, поставляются заводом-изготовителем смонтированными на них в виде укрупненных сборочных единиц.

Трубопроводы, предназначенные для соединения укрупненных сборочных единиц на месте монтажа, поставляют промаркированными участками, прошедшими очистку, испытание и полную контрольную сборку в комплекте с рабочими прокладками и крепежом. Концы трубопроводов закрывают пробками или заглушками.

Консервация насосов и другого оборудования должна обеспечить в соответствии с ГОСТ 13168—69\* защиту от коррозии в течение не менее двух лет с момента отгрузки с завода-изготовителя.

После консервации насосы, поставляемые в полностью собранном виде, пломбируются. Места пломбировки и виды пломб указывают на сборочном или монтажном чертеже и в эксплуатационной документации. Опорные поверхности насосов и насосных агрегатов, соприкасающиеся с бетонным раствором при подливке, не окрашивают.

## МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАСОСОВ

К энергетическим насосам относятся питательные (ПЭ), конденсатные (Кс) и сетевые (СЭ).

**Питательные центробежные насосы** предназначены для подачи питательной воды в барабанные и прямоточные стационарные паровые котлы (табл. IV.6):

Т а б л и ц а IV.6. Монтажные характеристики питательных насосов

Марка насоса	Габаритные размеры насосных агрегатов, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
ПЭ150-145	5370×1830×2080	4256	11 160
ПЭ250-180-2	6172×2110×2233	6340	16 960
ПЭ270-150	6086×2110×1425	6794	16 180
ПЭ380-185-2	8360×2380×2513	10 920	34 820
ПЭ380-200-2	8360×2380×2513	11 000	34 910
ПЭ500-180-4	8490×2380×2513	10 850	34 830
ПЭ580-185-2	8680×2380×2513	20 930	36 410
ПЭ720-185-2	8680×2380×2513	10 930	36 410
ПЭ600-300*	13840×1970×3082	12 960	47 250
ПЭ600-300*-2	13840×1760×1687	12 080	46 300

Примечания. 1. Условные обозначения марки насоса: П — питательный; Э — электронасос; цифры (соответственно) — производительность ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ); давление ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ); номер модернизации.

2. Поставка: насос; электродвигатель; гидромуфта и редуктор (для насосов ПЭ600-300 и ПЭ600-300-2); зубчатая муфта, трубопроводы и вспомогательное оборудование.

По конструкции и назначению питательные насосы разделены на следующие группы: однокорпусные секционные для котлов давлением пара 4 МПа; однокорпусные секционные для котлов давлением пара 10 и 14 МПа; двухкорпусные секционные для котлов давлением пара 14 МПа; двухкорпусные секционные для котлов давлением пара 25,5 МПа. Ротор опирается на подшипники скольжения, смазка принудительная.

Конденсатные насосы предназначены для перекачки конденсата от турбин и подразделяются на горизонтальные, однокорпусные, спирального типа; одностороннего всасывания; горизонтальные спирального типа, двухстороннего всасывания; вертикальные, секционные, двухкорпусные (табл. IV.7). Ротор вращается в подшипниках качения, смазка кольцевая.

Т а б л и ц а IV.7. Монтажные характеристики конденсатных насосов

Марка насоса	Габаритные размеры насосных агрегатов, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
Кс50-110	2080×740×745	675	1210
Кс80-155	2012×690×765	450	1180
Кс125-110	2925×880×1225	1820	2460
Кс125-55	2526×900×1050	1745	2080
КсД230-115	4783×1160×1580	2565	5030

Примечания. 1. Условное обозначение марки насоса: Кс — конденсатный; Д — с двухсторонним подводом жидкости; цифры (соответственно) — подача,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , и давление, м вод. ст.

2. Насосы поставляются в полностью собранном виде. При монтаже конденсатные насосы выверяют в горизонтальной плоскости на инвентарных домкратах, принимая за базу плоскость фланца напорного патрубка.

Сетевые насосы предназначены для подачи технической воды. Они подразделяются на центробежные горизонтальные, спирального типа, одноступенчатые и двухступенчатые (табл. IV.8). Как правило, роторы сетевых насосов установлены в подшипниках качения с кольцевой смазкой (или с помощью разбрызгивающего диска).

Т а б л и ц а IV.8. Монтажные характеристики сетевых насосов

Марка насоса	Габаритные размеры насосных агрегатов, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
СЭ5000-160	5647×2110×1850	4870	15310
СЭ5000-70	5038×1760×1830	5220	12900
СЭ2500-180	4496×1830×1410	2270	3589
СЭ2500-60	4604×2200×1818	3771	6551
СЭ1250-140	4030×1410×2290	4376	8076
СЭ1250-70	3030×1160×1210	1812	3793
СЭ800-100	3617×1370×1850	3025	5241

Примечания. 1. Условное обозначение марки насоса: С — сетевой, Э — электрический, цифры (соответственно) — производительность, м<sup>3</sup>/ч, и давление, м вод. ст.

2. Поставка: насос на фундаментной плите; электродвигатель на раме; соединительная муфта (упругая); маслоустановка (для насоса СЭ5000-160), вспомогательные трубопроводы.

Особенностью насосов типа ПЭ является применение гидромуфты (рис. 57), предназначенной для регулирования параметров насоса изменением скорости его вращения. Она устанавливается между насосом и электродвигателем и соединяется при помощи зубчатых муфт.

Гидромуфта МГ5000-2 двухполостная, состоящая из картера, ротора, подшипников, черпаково-золотниковой устройства и механизма рычажно-кулачковой передачи. Гидромуфта имеет насосный и турбинный роторы.

Насосный ротор состоит из двух полуроторов, соединенных корпусом. Турбинный ротор состоит из турбинного колеса, насаженного на вал, и деталей крепления. В корпусе насосного ротора имеются две легкоплавкие пробки, защищающие ротор гидромуфты от перегрева. Предохранители выплавляются при температуре 140°С.

В качестве базового звена при монтаже насосных агрегатов типов ПЭ (рис. 58) принимают гидромуфту, которую устанавливают в первую очередь. Расстояние между торцами валов устанавливают при среднем (по продольной оси) положении ротора электродвигателя.

При центровке по полумуфтам необходимо, чтобы ось вала гидромуфты находилась на 0,15 мм ниже осей роторов электродвигателя и насоса (для компенсации температурных расширений). Насос, гидромуфту и электродвигатель подливают бетонной смесью одновременно.

До присоединения к насосу всасывающий и напорный трубопроводы внутри тщательно очищают от грата, окалины, ржавчины и т. п. Всасывающий трубопровод промывают на всем протяжении от деаэратора до насоса.

Усилие на патрубки насоса от трубопроводов не должно превышать величин, указанных в заводском чертеже задания на фундамент. Должно быть обеспечено полное совпадение отверстий во фланцах насоса и трубопроводов. Непараллельность фланцев — не более 0,1 мм. Всасывающий и нагнетательный трубопроводы присоединяют к насосу после крепления насоса к фундаментной раме. При подсоединении всасывающего и напорного трубопроводов к патрубкам насоса не должно создаваться натяжения, которое может привести к расцентровке насосного агрегата. Не допускается устра-

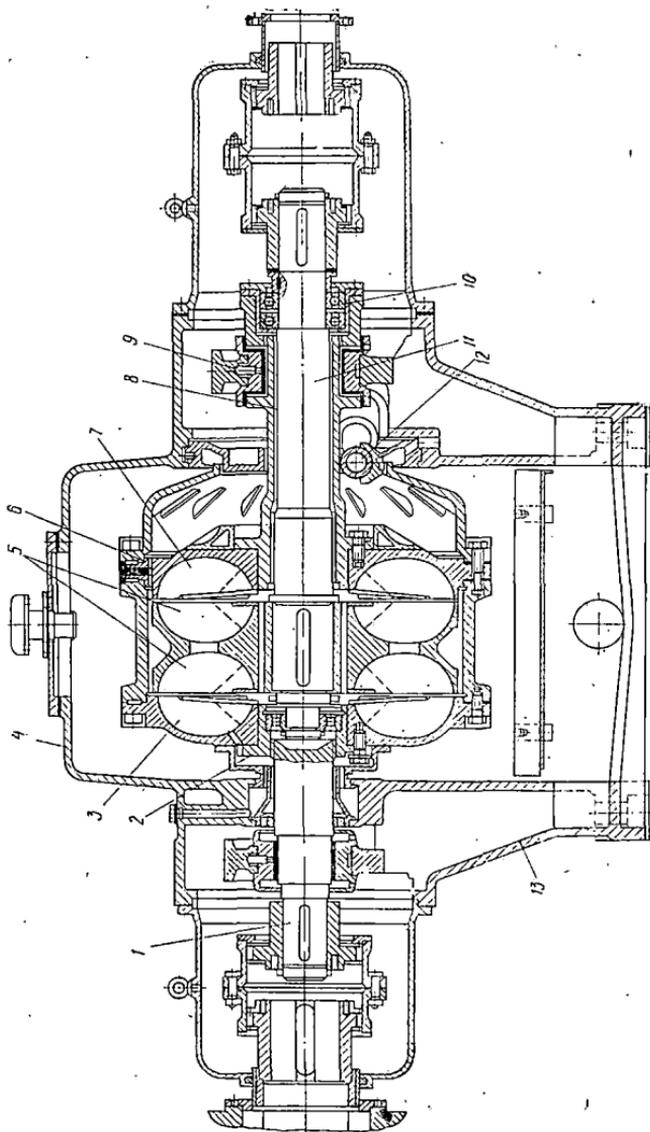


Рис. 57. Гидромуфта

1 — ведущий вал; 2, 10 — подшипники качения; 3, 7 — насосы; 4 — крышка; 5 — турбина; 6 — прогонные каналы; 8 — корпус; 9 — подшипник скольжения; 11 — ведомый вал; 12 — скользящая черпающая трубка; 13 — неподвижный корпус

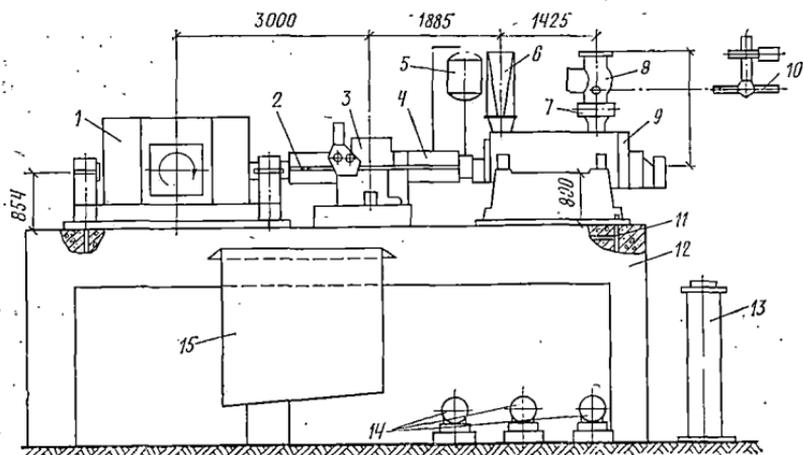


Рис. 58. Установочный чертеж насосного агрегата типа ПЭ с гидромuftой  
 1 — электродвигатель; 2 — зубчатая муфта электродвигателя; 3 — гидромuftа;  
 4 — зубчатая муфта насоса; 5 — аварийный маслобак; 6 — сетка всасывающего трубопровода; 7 — защитный хомут; 8 — обратный клапан; 9 — насос; 10 — трубопровод к деаэратору; 11 — фундаментная рама насоса; 12 — фундамент; 13 — маслоохладитель; 14 — маслонасосы; 15 — маслобак

нение перекоса притягиванием фланцев трубопроводов к насосу.

При монтаже трубопроводов необходимо установить во всасывающую линию насоса сетку для предохранения от попадания посторонних предметов. Сетку изготовляют из листового железа в виде усеченного конуса; ее проходное сечение должно быть не менее трехкратного сечения входного патрубка насоса.

Трубопроводы охлаждающей воды перед подсоединением очищают и промывают. Трубопровод от разгрузочной камеры насоса следует подсоединить к всасывающему трубопроводу не под прямым углом, а под углом  $30^\circ$  по ходу воды, на расстоянии не менее 3 м от фланца входящего патрубка насоса во избежание завихрения основного потока.

Обратный клапан проверяют на плотность керосиновой пробой. Перед установкой обратного клапана продувают его внутреннюю полость сжатым воздухом для освобождения от грязи и пыли. Со стороны нагнетательного трубопровода клапан надо заглушить на весь период монтажа (до подсоединения трубопровода). При неудовлетворительном состоянии уплотнительных поверхностей фланцев или тарелки и седла клапана их необходимо притереть.

Фланцевое соединение обратного клапана с нагнетательным патрубком насоса уплотняют металлической прокладкой. Обратные клапаны устанавливают строго вертикально. При установке необходимо убедиться в легкости хода валика клапана. Снимать заглушки с патрубков насоса или с обратного клапана для подсоединения испытанных под давлением трубопроводов допускается только после окончания монтажа трубопроводов и их тщательной очистки, промывки и продувки.

Маслопроводы, не входящие в поставку завода-изготовителя, монтируют в такой последовательности: изготовление, контрольная

сборка, разборка; гидравлическое испытание на прочность и плотность, очистка труб; окончательная сборка.

Маслопроводы должны легко разбираться и собираться. Во время предварительной сборки на трубы приваривают согласно чертежам и схемам все необходимые штуцера для арматуры и приборов. Во время сборки необходимо следить за тем, чтобы не было перекосов и натягов во фланцевых соединениях труб.

Внутренние поверхности маслопроводов, включая места сварки стыков, приварки фланцев и бобышек, тщательно очищают от песка и ржавчины. Поверхность фланцев после их приварки к трубам следует проверить по плите и при необходимости обработать. Очищают маслопроводы ортофосфорной кислотой.

Для уплотнения фланцевых соединений следует применять прессишпан толщиной 0,5—1 мм, смазанный шеллаком или бакелитовым лаком. Внутренний диаметр прокладки должен быть больше диаметра зеркала фланца на 2—3 мм.

Горизонтальные участки сливных трубопроводов должны иметь уклон не менее 3° в сторону слива. Всю арматуру нужно устанавливать в местах, удобных для ее обслуживания. Между фланцами в местах подсоединения напорных и сливных маслопроводов и стойками подшипников электродвигателей устанавливают изолирующие кольцевые прокладки из гетинакса или текстолита. Изолируют также болты и гайки. Изолирующие прокладки и шайбы должны быть больше наружных диаметров фланцев и металлических шайб на 3—6 мм.

Электрическое сопротивление изоляции подшипника при полностью собранных маслопроводах должно быть не менее 1 МОм. Измерение производят мегомметром при напряжении 1000 В.

При монтаже маслобака верхнюю часть указателя уровня, устанавливаемую на крышке бака, располагают перпендикулярно уровню поверхности масла.

Отметки верхнего, нижнего и аварийного уровня масла в баке наносят на шкалу указателя при первоначальном пуске насоса (отметку аварийного уровня масла — красной чертой).

## ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАСОСОВ В КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Маслоохладители, фильтр и маслобак тщательно промывают горячей водой.

Масляные трубопроводы испытывают на плотность в течение 15—30 мин гидравлическим давлением: у насосов ПЭ270-150 давлением 0,5 МПа, у насосов для котлов с давлением пара 14 МПа — давлением 0,6 МПа. Сливные маслопроводы испытывают давлением воды 0,1—0,15 МПа. До пуска насосов ПЭ чистое масло заливают в маслобак при помощи маслоочистительных машин (центрифуги или фильтр-пресса), а при их отсутствии — обязательно через сетку с числом ячеек 800—1000 на 1 см<sup>2</sup> и марлю, уложенную на этой сетке в три-четыре слоя.

Маслосистему промывают, прокачивая масло через обводные переключки, временно соединяющие напорные линии со сливными (без последующего вскрытия подшипников и муфты и т. д.), или через вкладыши с удаленными верхними половинками (с последующей чисткой их после того, как в масле не останется посторонних

примесей). На подводе масла к золотнику гидромуфты устанавливают фильтрующие сетки.

При прокачке системы периодически попеременно очищают сетки двойного маслофильтра без остановки насоса.

Масло прокачивают до тех пор, пока не будет установлено отсутствие в нем механических примесей.

При вскрытии подшипников промывают вкладыши и проверяют их состояние, а шейки валов и зубчатые муфты обтирают чистыми салфетками. При сборке подшипников заливают во вкладыши чистое масло и от руки проворачивают роторы.

При подаче масла из маслобака в систему смазки агрегата необходимо убедиться, наблюдая через смотровые окна сливных патрубков подшипников, что к подшипникам поступает достаточное количество масла. Разность температур подшипников и подводимого масла должна быть не более 15°C.

Затем устанавливают давление в конце напорной масляной магистрали 0,12 МПа, изменяя количество перепускаемого масла из напорной линии в маслобак при помощи вентиля.

При опробовании пускового масляного электронасоса проверяют положение уровня в маслобаке при работе маслоснасоса и при его остановке и выпускают воздух из маслоохладителей. В конце напорной магистрали устанавливают давление масла в пределах 0,1—0,15 МПа соответствующим открытием задвижки. После регулировки задвижку пломбируют.

Все подготовительные работы по пуску электродвигателей главного насоса и вспомогательных электронасосов проводят при соединенных полумуфтах.

Для проверки направления вращения электродвигателя его включают на 1 с.

Электродвигатель обкатывают до тех пор, пока не установится нормальная температура подшипников (не более 60°C), но не менее 8 ч. Вибрация подшипников электродвигателей не должна превышать 0,05 мм.

Для агрегата с гидромуфтой соединяют зубчатую муфту «электродвигатель — гидромуфта» и производят пробный пуск с целью оценки качества монтажа и центровки гидромуфты с электродвигателем. Эти работы проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации гидромуфты. Разъединение и соединение полумуфт разрешается производить только при разобранной схеме питания электродвигателей. Перед опробованием агрегатов на муфтах должны быть надеты и закреплены защитные кожухи.

Персонал, принимающий участие в пуске, не должен находиться напротив муфты. При собранных муфтах и электрической схеме производить какие-либо работы на агрегатах насосной установки категорически воспрещается.

Перед пуском необходимо равномерно прогреть насос до тех пор, пока температура наружного корпуса не станет на 10—20°C ниже температуры воды в деаэраторе при условии, что разность температур верха и низа корпуса будет не более 25°C.

Затем надо проверить, открыты ли задвижка на входном трубопроводе, вентиль на линии рециркуляции и закрыта ли задвижка на напорном трубопроводе. Прокачать конденсат через систему концевых уплотнений (при этом рекомендуется вбрызнуть стаканы из фильтров конденсата) продолжительностью не менее 2 ч. Одновременно следует установить регулирующий клапан на давление 1 МПа. При необходимости очистить водяные фильтры.

Не допускается нагружать насос более чем указано в его пашпорте. Категорически запрещается пускать насос при закрытой задвижке на всасывающем патрубке или закрытых вентилях на трубопроводе от камеры гидропасты или на линии рециркуляции.

Следует помнить, что допускаются два пуска электродвигателя подряд из холодного состояния или один пуск из горячего состояния при напряжении на выводах в процессе пуска не ниже 0,8 номинального. Последующие пуски возможны после трехчасового перерыва или полного охлаждения обмоток статора и ротора.

При опробовании насоса с гидромурфтой необходимо проверить работу черпаково-золотниковоу устройства, для чего следует перевести на ручное управление исполнительный механизм, а затем задавать различные положения черпаку, вращая маховик исполнительного механизма. При работе агрегата максимальная температура масла на выходе из черпака не должна превышать 65°C при скольжении от 3 до 20%.

При работе агрегата в режиме пуска котла допускается максимальная температура масла на выходе из черпака 80°C. Длительная работа при этой температуре не рекомендуется. При повышении температуры масла до 90°C агрегат следует отключить.

Задвижка на разгрузочном трубопроводе должна быть открыта. Пуск насоса при закрытой задвижке приводит к его поломке. Рекомендуется не устанавливать задвижку вообще или опломбировать ее в открытом положении.

Пускают и останавливают насосный агрегат с блочного щита. Пуск может производиться также автоматом ввода резерва (АВР).

При пуске насоса с гидромурфтой от ключа управления или АВР включают одновременно два маслонасоса. Когда давление в конце масляной магистрали достигнет 0,07 МПа, включается масляный выключатель главного электродвигателя.

Если насос без гидромурфты пускают от ключа управления или АВР, включают один маслонасос.

Насос ПЭ270-150 пускают следующим образом. При поступлении импульса от ключа управления или АВР включают пусковой маслонасос. Когда давление в конце масляной коммуникации достигнет 0,07 МПа, включается масляный выключатель главного электродвигателя. Пусковой маслонасос работает в течение 5 мин, после чего останавливается. В дальнейшем агрегат питается маслом от рабочего маслонасоса.

При положительных результатах предварительного опробования следует включить в работу насосный агрегат на рециркуляцию на 2 ч. Во время работы насоса необходимо наблюдать и записывать температуру подшипников, которая не должна превышать 60—65°C; давление и температуру масла после маслоохладителей и перед подшипниками; давление и температуру питательной воды на входе в насос; давление питательной воды в напорном патрубке насоса; давление масла в конце напорной магистрали; перепад давления масла на маслофилтре; давление конденсата, поступающего для охлаждения концевых уплотнений насоса; уровень масла в маслобаке, положение указателя осевого сдвига ротора главного питательного насоса; нагрузку электродвигателя. Нужно отрегулировать подачу холодного конденсата на уплотнения главного насоса, а также на масло- и воздухоотделители.

При монтаже сетевых насосов за базу принимают насос, который выверяют в горизонтальной плоскости на инвентарных домкра-

тах, после чего к нему прицентровывают (по полумуфтам) электродвигатель.

Насосы типов Гр и Гру (табл. IV.9) предназначены для перекачивания гидросмесей с твердыми включениями (руды, золы, шлака, размельченного грунта и т. п.). Насосы этих типов — одноступенчатые, консольные, с горизонтальным расположением вала, вращающегося в подшипниках качения. Ротор насоса с ротором электродвигателя соединяется через упругую муфту.

Т а б л и ц а IV.9. Монтажные характеристики насосов типов Гр и Гру

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, МПа	Габаритные размеры насосного агрегата, мм	Масса, кг	
				насоса	агрегата
6ГрТ-8*	150	0,38	2925×1045×1215	1096	2685
8ГрК-8*	400	0,38	2925×1045×1215	1096	2685
8Гру-12	400	0,195	2630×911×1133	983	2025
12ГруЛ-12	1320	0,28	3950×1509×1495	2212	5410
20ГрТ-8	4000	0,66	8310×2410×2365	15 290	32 900
28ГрТ-8	5000	0,71	6445×3000×3825	24 027	52 375

Примечания. 1. Условное обозначение марки насоса: первые цифры — диаметр всасывающего патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; Гр — грунтовой; Гру — грунтовой с увеличенным проходным сечением проточной части; Л — легкий однокорпусный; Т — тяжелый двухкорпусный с защитной футеровкой; К — корундовое покрытие; цифры после букв — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз.

2. Поставка: насосы со знаком «\*» — в полностью собранном виде, остальные — насос, электродвигатель, соединительная муфта, вспомогательные трубопроводы.

Насосы со знаком\* выверяют в горизонтальной плоскости регулировочными винтами. При монтаже крупных агрегатов вначале выверяют на инвентарных домкратах насос, после чего к нему по полумуфтам прицентровывают электродвигатель.

Насосы типа БМ имеют закрытое двух- или трехлопастное колесо, закрепленное на консольной части вала (табл. IV.10), ротор насоса вращается на подшипниках качения.

Насосы типов НД и Д предназначены для перекачивания нефтепродуктов, насосы типов Х и АХ — для химических производств

Т а б л и ц а IV.10. Монтажные характеристики насосов типа БМ

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, МПа	Габаритные размеры агрегата, мм	Масса, кг	
				насоса	агрегата
12БМ-7	219	0,29	1528×865×1445	842	1650
12БМ-14	324	0,15	2265×865×1210	790	1541
14БМ-14	800	0,48	3095×1020×1360	1061	3350
24БМ-20	1550	0,17	3265×1095×1260	1424	4064

Примечания. 1. Условные обозначения марки насоса: первые цифры — диаметр всасывающего патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; БМ — для бумажной массы; вторые цифры — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз.

2. Поставка — в полностью собранном виде. Выверка при монтаже — на инвентарных домкратах.

(табл. IV.11). Насосы НД и Д — горизонтальные. Одноступенчатые насосы Х и АХ — горизонтальные консольные одно- или двухступенчатые. Роторы всех перечисленных насосов вращаются на подшипниках качения. Ниже показаны их монтажные характеристики в зависимости от марки насоса.

Таблица IV.11. Монтажные характеристики насосов типов НД, Д, Х и АХ

Марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
8НДв	720	0,89	1258×1122×890	732
12НДс	1260	0,64	1390×1233×1012	1050
14НДс	1260	0,37	1645×1457×922	1554
12Д-19	930	0,24	840×1177×845	906
14Д-6	1700	1,37	970×1233×807	977
4Х-4-1	90	0,25	2050×754×680	1190
8Х-12-1	288	0,8	2000×725×1540	1225
8Х-6-1	288	0,8	2547×1030×2155	2180
АХ90/49	90	0,49	1965×730×726	1150
АХ160/49	160	0,49	2356×845×955	1685
АХ280/42	280	0,42	2300×871×920	1918
АХ500/37	500	0,37	2625×980×1160	2900

Примечания. 1. Условные обозначения: насосов НД: цифры перед буквами — диаметр нагнетательного патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; Н — насос; Д — двухсторонний; в — высоконапорный; с — средненапорный;

насосов Х: цифры перед буквой — диаметр всасывающего патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; цифры после буквы — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз; Х — химический;

насосов АХ — абразивно-химический; цифры: до черты дробы — производительность (м<sup>3</sup>/ч), после дробы — давление (м. вод. ст.).

2. Поставка — в полностью собранном виде.

При монтаже эти насосы выверяют с помощью регулировочных винтов.

Таблица IV.12. Монтажные характеристики насосов типов НМ и НМП

Марка насоса	Габаритные размеры насосного агрегата, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
<b>Секционные насосы</b>			
НМ360-460	4515×1556×1576	3240	8272
НМ500-300	4315×1556×1576	3060	7510
<b>Спиральные насосы</b>			
НМ10000-210	8345×2893×2055	8680	29 400
НМ7000-210	6650×2692×1720	6600	22 320
НМ5000-210	6200×3041×1655	5112	15 620
НМ3000-210	5880×2116×1500	4637	13 024
НМП5000-115	6740×2760×1940	9321	17 235
НМП3600-78	7200×2300×1792	7775	15 637
НМП2500-744	7200×2300×1792	7775	15 637

Примечания. 1. Условные обозначения: Н — насос; М — магистральные; П — подпорный; цифры (соответственно) — производительность, м<sup>3</sup>/ч, и давление, м вод. ст.

2. Нефтяные магистральные насосы типа НМ изготавливают по ГОСТ 12124—74.

3. Поставка: насос на фундаментной раме (плите) с присоединительными трубопроводами; электродвигатель на фундаментной раме (плите); зубчатая муфта.

**Магистральные насосы типов НМ и НМП** (табл. IV.12) предназначены для транспортирования по магистральным трубопроводам нефти и нефтепродуктов. По конструкции они делятся на две группы: секционные (производительностью до 1250 м<sup>3</sup>/ч) и спиральные (производительностью свыше 1250 м<sup>3</sup>/ч).

Секционные насосы — многоступенчатые, с односторонним расположением рабочих колес одностороннего входа. Осевое усилие ротора уравновешено разгрузочным диском. Подшипники скольжения имеют кольцевую смазку. Насос и электродвигатель, соединяемые зубчатой муфтой, установлены на отдельных фундаментных рамах.

Спиральные насосы имеют рабочее колесо двухстороннего входа. Опорами ротора служат подшипники скольжения с принудительной смазкой. Концевые уплотнения ротора торцевого типа. Насос и электродвигатель установлены на отдельных фундаментных плитах, роторы соединяются с помощью зубчатой муфты. К спиральным насосам относятся также нефтяные напорные насосы типа НМП. Их отличие состоит в том, что в насосах типа НМП применены для опирания ротора подшипники качения с концевой смазкой. Спиральные насосы типа НМ и электродвигатели устанавливаются в раздельных помещениях с целью обеспечения взрывобезопасности.

Монтаж нефтяных магистральных насосов по технологической последовательности аналогичен монтажу питательных насосов типа ПЭ.

**Насосы типа ЦНС** (табл. IV.13) служат для закачивания химически нейтральной воды в нефтяные пласты при добыче нефти. Насосы — секционные, однокорпусные. Осевое усилие ротора воспринимается гидравлической пятой. Концевые уплотнения выполнены в виде сальников (на некоторых насосах уплотнения комбинированные — с щелевым уплотнением и сальником). Применяются подшипники скольжения с принудительной смазкой.

Т а б л и ц а IV.13. Монтажные характеристики насосов типа ЦНС (ГОСТ 10407—70\*)

Марка насоса	Габаритные размеры насосного агрегата, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
ЦНС180-950	6100×1000×1020	3710	9050
ЦНС180-1185	5520×1000×1020	4350	9830
ЦНС180-1422	5690×1000×1222	4420	11 100
ЦНС180-1660	5970×1200×1222	5100	12 450
ЦНС180-1900	6172×1200×1222	5465	12 810
ЦНС500-1900	6689×1220×1709	6300	21 000

Примечания. 1. Условные обозначения марки насоса: Ц — центробежный; Н — насос; С — секционный; цифры — производительность, м<sup>3</sup>/ч; давление, м вод. ст.

2. Комплект поставки: насос с трубопроводами воды и масла; электродвигатель; фундаментная рама; зубчатая муфта.

Монтаж насосов ЦНС заключается в сборке насоса и электродвигателя на фундаментной раме в соответствии с контрольными штампами, выполненными на заводе-изготовителе, и проверке соосности роторов насоса и электродвигателя по полумуфтам. В горизонтальной плоскости насосный агрегат выверяют с использованием

инвентарных домкратов, принимая за базовые поверхности фланцы всасывающих или напорных патрубков.

**Электронасосы типа ОХГ** применяются в химической, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности. Насосы каждого типоразмера изготавливают в различных исполнениях в зависимости от материала проточной части, модели рабочего колеса, мощности комплектующего электродвигателя.

Насос и электродвигатель установлены на общей фундаментной плите. Герметичность выхода вала из корпуса насоса обеспечивается узлом уплотнения (рис. 59). Если перекачиваемая среда щелочная, применяется сальниковая набивка АСВ (по ТУ 38-414-65-74), если кислая — сальниковая набивка ЦС (по ТУ 38-ПТО-1-74). Смазка подшипников — жидкая; применяются турбинное Т-22 или индустриальное И-20 масла.

Насосы типа ОХГ обеспечивают производительность от 400 до 12 000 м<sup>3</sup>/ч при давлении от 0,01 до 0,11 МПа (табл. IV. 14).

Т а б л и ц а IV.14. Монтажные характеристики насосов типа ОХГ

Марка насоса	Габаритные размеры насосного агрегата, мм	Масса, кг	
		насоса	агрегата
ОХГ6-42	3114×950×1000	1000	2685
ОХГ8-42	3259×950×1047	1045	3080
ОХГ6-55	4057×1340×1355	2260	6800
ОХГ8-55	4112×1340×1395	2300	7340
ОХГ6-70	5342×1340×1890	2500	8610
ОХГ8-70	5442×1340×1890	2580	9300
ОХГ6-87	5339×1700×1674	4810	13 615
ОХГ8-87	5993×1700×2132	4900	16 400

Примечания. 1. Условное обозначение насоса ОХГ8-55: О — осевой; Х — химический; Г — с горизонтальным расположением вала; 8 — номер модели рабочего колеса; 55 — диаметр рабочего колеса в см.

2. Насосы изготавливаются в соответствии с ОСТ 26-06-1101-74 и поставляются в полностью собранном виде.

Насосы монтируют бесподкладочным методом (выверку горизонтальности насосного агрегата осуществляют регулировочными винтами, встроенными в фундаментную плиту).

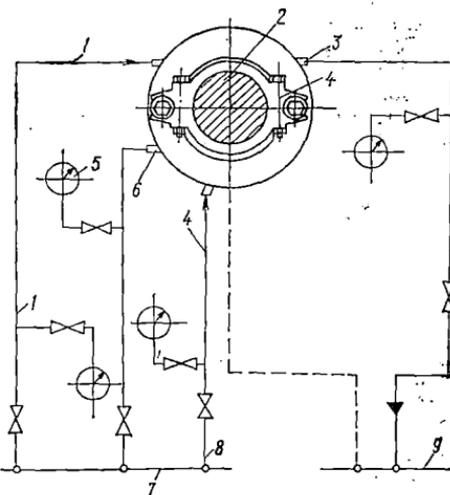


Рис. 59. Принципиальная схема разводки трубопроводов для охлаждения сальниковых уплотнений насосов типа ОХГ

1 — подвод воды в камеру охлаждения; 2 — вал насоса; 3 — отвод воды из камеры охлаждения; 4 — нажимная втулка; 5 — манометр; 6 — подвод воды для охлаждения сальника; 7 — водопровод; 8 — подвод воды для выпрессовки сальника; 9 — дренаж

## МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАСОСОВ

Насосы типов О и Оп — осевые одноступенчатые вертикальные с двух-, шестилопастным рабочим колесом изготавляют как с жестким (неподвижным), так и с поворотным креплением лопастей колеса (рис. 60). Первые насосы относятся к типу О, вторые — к типу Оп (табл. IV.15).

Т а б л и ц а IV.15. Монтажные характеристики насосов типа Оп

Марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, мПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Масса электродвигателя, лг
ОК2-87	10700	0,136	1200×2200×4400	5000	7100
Оп3-87	11700	0,21	1200×2200×4400	5000	7400
Оп5-87	11500	0,097	1200×2200×4400	4800	6800
Оп6-87	8800	0,048	1200×2200×4400	4600	11 200
Оп2-110	18000	0,15	1450×2500×4700	8000	11 200
Оп3-110	18700	0,22	1450×2500×5600	8000	13 200
Оп5-110	19200	0,1	1450×2500×5700	8000	10 200
Оп6-110	13300	0,042	1450×2500×5700	8000	7 200
Оп2-145	30500	0,147	1900×3200×7300	14 000	16 800
Оп5-145	33500	0,1	1900×3200×7300	12 600	15 300
Оп6-145	24500	0,046	1900×3200×7300	13 500	11 500
Оп10-145	33500	0,17	1400×3200×7300	14 500	21 600
Оп2-185	50000	0,15	3200×4000×11000	3 200	4 200
Оп6-185	44000	0,055	3200×4000×11000	29 000	18 200
Оп10-185	62000	0,17	3200×4000×11000	31 000	53 000
Оп10-260	134000	0,26	4000×6300×14300	90 000	136 000

Пр и м е ч а н и я. 1. Цифры после букв означают номер типового колеса; после дефиса — диаметр колеса (см).

2. Корпус насоса, имеющего рабочее колесо с диаметром до 1450 мм (включительно), крепится на бетонных тумбах диаметром 1850 мм и более, корпусная часть насосов крепится к промежуточному перекрытию машинного зала кольцевым фланцем.

3. Габаритные насосы поставляются полностью собранными, негабаритные — сборочными единицами. Насосы изготовляются по ГОСТ 9366—71 и ГОСТ 5.614—74.

4. Электродвигатели поставляются в разобранном виде. Технология монтажа насосных агрегатов зависит от условий их поставки.

Выпрямляющий аппарат изготовляют из чугуна. Корпус подшипника и крышка сальника имеют осевой разъем. Мягкая набивка сальника состоит из отдельных колец просаленного хлопчатобумажного шнура. Лопасти колес выполняют из литой стали. Разъемная камера лопастного колеса представляет собой сварную конструкцию, фундаментное кольцо отлито из чугуна. Вал вращается в двух подшипниках скольжения с резиновыми-или монгофольевыми вкладышами. Подшипники смазываются водой, перекачиваемой насосом. Жидкость подается к лопастному колесу через подводящую трубу.

Для привода насосов применяют вертикальные синхронные электродвигатели с возбудителем или асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Вал насоса и ротор электродвигателя соединяются полумуфтами непосредственно или через промежуточный вал (в зависимости от расстояния, устанавливаемого между насосом и электродвигателем, рис. 61).

Монтаж насоса, поступившего в собранном виде, надо производить в такой последовательности: опустить закладное кольцо с нижним сальником и переходным кольцом и установить его на 20—

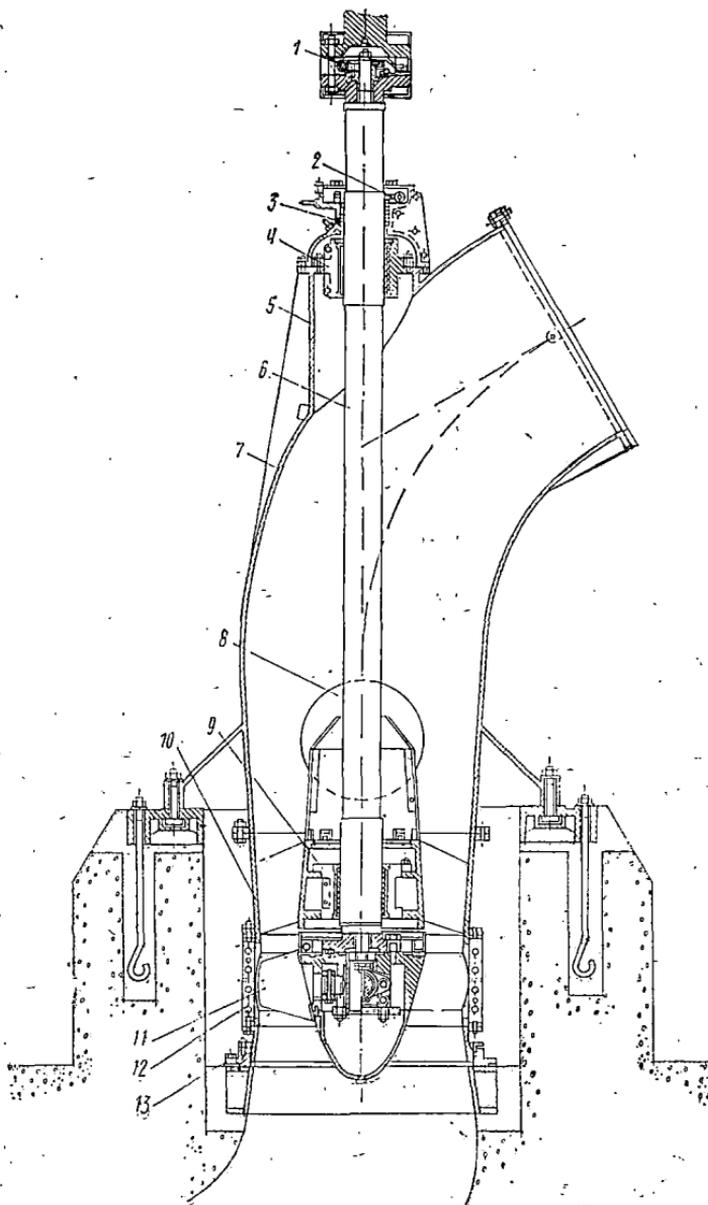


Рис. 60. Насос типа Оп

1 — механизм поворота лопастей; 2 — крышка сальника; 3 — сальник; 4, 9 — подшипники; 5 — опорный узел подшипника и сальника; 6 — вал; 7 — отвод; 8 — люк; 10 — выправляющий аппарат; 11 — рабочее колесо; 12 — камера лопастного колеса; 13 — фундаментное кольцо

30 мм ниже заданной отметки; опустить отвес из центра проема под электродвигатель так, чтобы он прошел через центр всасывающей трубы (подводящей камеры), расцентровать по струне закладное кольцо с точностью 0,5 мм и установить по уровню; установить фундаментные плиты насоса; установить насос в сборе; установить статор электродвигателя в сборе с нижней крестовиной; установить ротор, верхнюю крестовину и пяту; выверить вертикальность вала электродвигателя и перпендикулярность пяты; прицентрировать электродвигатель к насосу; соединить валы насоса и электродвигателя; выверить общую линию валов и отцентрировать детали корпуса насоса (камеру рабочего колеса, выправляющего аппарата и отвода) к его валу.

При монтаже насоса, поставившего сборочными единицами, после установки фундаментных плит насоса следует: установить опорную часть отвода с выправляющим аппаратом; установить отвод на его опорную часть; установить вал, соединить его с рабочим колесом и прицентрировать относительно расточек под подшипники; установить статор электродвигателя в сборе с нижней крестовиной; установить ротор, верхнюю крестовину и пяту; выверить вертикальность вала электродвигателя и перпендикулярность пяты; прицентровать электродвигатель к насосу; соединить валы насоса и электродвигателя; выверить общую линию валов и прицентрировать детали корпуса насоса к его валу.

Электродвигатель рекомендуется монтировать в такой последовательности: установить статор в сборе с фундаментными плитами и нижней крестовиной; выверить статор и нижнюю крестовину относительно оси вала насоса, а также их высотное положение; поставить вал в сборе с ротором и крышкой нижней крестовины на подъемные плиты или домкраты; предварительно отцентрировать вал электродвигателя относительно вала насоса и проверить воздушный зазор между ротором и статором; установить верхнюю крестовину и отцентровать ее относительно вала электродвигателя; установить сегменты подпятника на опорные винты; запрессовать втулку подпятника и установить запорное кольцо; проверить центровку верхней крестовины по втулке подпятника; поворотом опорных винтов все 8 сегментов подпятника равномерно прижать к поверхности трения вращающегося диска; нагрузку от веса ротора

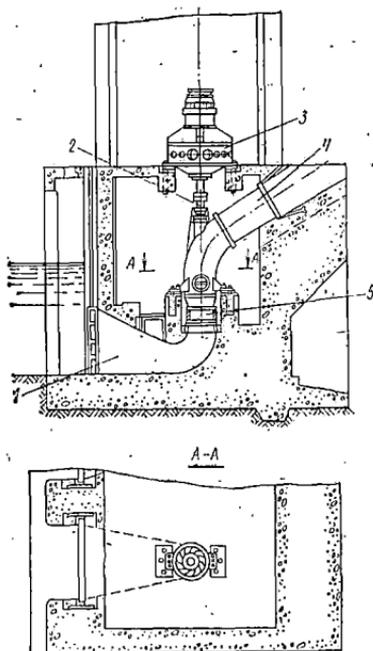


Рис. 61. Установочный чертеж насоса Оп2-110

1 — бетонная всасывающая труба; 2 — вал-проставок; 3 — электродвигатель; 4 — напорная труба; 5 — насос

передать с подъемных винтов на подпятник; проверить относительное высотное положение блока ротор-статор; установить верхний направляющий подшипник; выверить перпендикулярность оси вала электродвигателя и плоскости подпятника, поворачивая ротор на подпятнике вручную; выверить вертикальность вала электродвигателя; поставить разъемную опору нижнего подшипника; установить нижний направляющий подшипник; окончательно прицентровать вал электродвигателя к валу насоса; проверить центровку статора и нижней крестовины относительно ротора и вала электродвигателя; соединить вал электродвигателя с валом насоса и окончательно выверить зазор в верхнем направляющем подшипнике электродвигателя; проверить всю линию агрегата, поворачивая ротор агрегата на подпятнике вручную; выверить зазоры в нижнем направляющем подшипнике электродвигателя; залить бетонным раствором фундаментные плиты статора; смонтировать остальные узлы электродвигателя, маслоохладители, трубопроводы и т. д.; просушить электродвигатель.

Перед монтажом электродвигателя нужно проверить состояние статора и подготовить его к установке в сборе с фундаментными плитами и нижней крестовиной, которая должна быть отцентрована относительно расточки активной стали статора и зафиксирована штифтами. Сдвиг нижней крестовины относительно статора не допускается. В крестовине должно быть установлено гнездо направляющего подшипника (без сегментов).

Перед установкой статора надо продуть воздухом обмотку, вентиляционные каналы и активную сталь. Выгородку нижней крестовины надо тщательно очистить, проверить швы на маслонепроницаемость и в случае необходимости покрыть маслоупорной краской.

Статор должен быть установлен на заданной высотной отметке и прицентрован к валу насоса. Для достижения необходимой высотной отметки укладывают подкладки из лигровой стали между фундаментом и плитами. Верхнее кольцо корпуса статора, которое служит опорой для верхней крестовины, должно выверяться по уровню, после чего фундаментные плитки электродвигателя следует закрепить болтами к фундаменту.

Ротор на монтажной площадке устанавливают на выкладках в вертикальное положение. Перед установкой ротора на место его необходимо продуть сжатым воздухом. Затем проверить все болтовые и клиновые соединения и тщательно осмотреть ротор и вал. Надеть на вал со стороны фланца уплотнение нижней крестовины.

Ротор электродвигателя опускают с использованием специального приспособления до упора обода в подъемные винты нижней крестовины так, чтобы фланец ротора не упирался во фланец вала насоса. Затем проверяют положение статора по высоте (относительно ротора) и при необходимости перемещают статор. После монтажа ротора устанавливают в проектное положение разъемную опору нижнего направляющего подшипника.

Ротор электродвигателя устанавливают по высоте на проектной отметке и прицентровывают к валу насоса, который выверен по струнам и уровню и является базой для прицентровки к нему ротора электродвигателя. Поднимая или опуская соответствующие опорные винты сегментов подпятника, добиваются такого положения, при котором торцевые плоскости фланцев обоих валов будут парал-

лельны, а оси валов (при проверке линейной) совмещены. После полной сборки электродвигателя поворачивают ротор на 180°, чтобы убедиться, что взаимоположение валов насоса и электродвигателя не изменилось и отклонения от проектных величин не превышают 0,05 мм. Их замеряют щупом в четырех диаметрально противоположных точках, углубляя щуп на одинаковое расстояние в направлении центра фланца.

Затем проверяют центровку статора и его положение по высоте относительно ротора.

При установке верхней крестовины ее необходимо предварительно отцентровать относительно вала по выгородке масляной ванны. По контрольной плите или диску пяты проверяют рабочие поверхности сегментов подпятника, в случае необходимости пришабривают их по краске. Площадь касания сегмента подпятника и контрольной плиты должна быть не менее 80%. Следует обратить особое внимание на тщательность отделки набегающей и сбегающей кромок сегмента.

Перед установкой сегментов подпятника необходимо проверить по маркировке их положение в крестовине. В сегменты подпятника под опорные винты необходимо заложить медные прокладки и проверить плотность прилегания их к плоскости сегмента, после чего установить сегменты на опорные винты. После установки винты следует повернуть на 90°, чтобы заплечики их головок вошли в пазы сегментов (рис. 62).

Зазор между головкой винта и заплечиком сегмента должен быть равен 2 мм, чтобы обеспечивалась подвижность сегментов при работе подпятника и в то же время при подъеме ротора сегмент не прилипал к диску пяты. Положение опорных винтов подпятника должно быть зафиксировано стопорными планками.

Термометры сопротивления и термосигнализаторы в сегментах подпятника и в масляных ваннах (если они предусмотрены) устанавливаются до монтажа направляющих подшипников и маслоохладителей.

К нижней торцевой части пяты крепят диск, предварительно положив между ними изоляционную прокладку. Сопротивление изоляции должно соответствовать требованиям чертежа. Болты, крепящие диск к пяте, необходимо затягивать с равномерным усилием. Рабочую поверхность диска и сегментов следует промыть спиртом или авиационным бензином и равномерно смазать тонким слоем смазки.

Место посадки втулки пяты смазывают ртутной мазью и насаживают ее с помощью приспособления (рис. 63), после чего закрепляют запорным кольцом.

При сборке направляющих подшипников сегменты устанавливают так, чтобы в направлении рабочего вращения зазор был больше, чем со сбегающей стороны. Зазор между валом и подшипником может быть отрегулирован опилковой опорной сухаря или с помощью прокладок из тонкой фольги, устанавливаемых между сегментом и опорным сухарем.

Перпендикулярность диска пяты к оси ротора электродвигателя проверяют с помощью индикаторов при плавном повороте ротора на подпятнике. Вертикальность ротора электродвигателя определяют по четырем струнам.

По окончании выверки перпендикулярности диска пяты к оси вала и вертикальности ротора выверяют положение ротора относи-

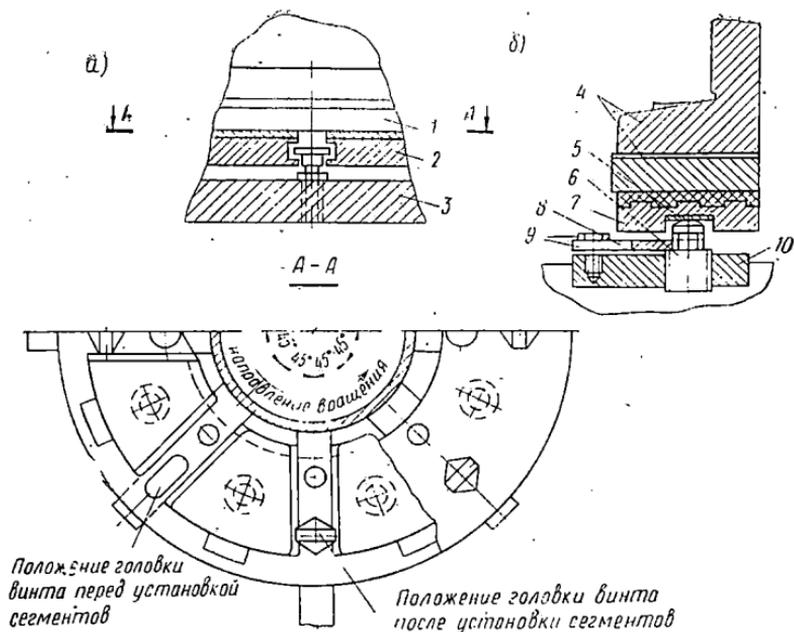


Рис. 62. Установка деталей подпятника

*a* — установка головки болта между заплечками сегментов; *б* — установка опорного винта сегмента; 1 — пята; 2 — сегмент; 3 — подпятник; 4 — вращающийся диск; 5 — винт с головкой; 6 — опорный винт; 7 — опорный диск верхней крестовины; 8 — стопорная планка; 9 — болт; 10 — подпятник

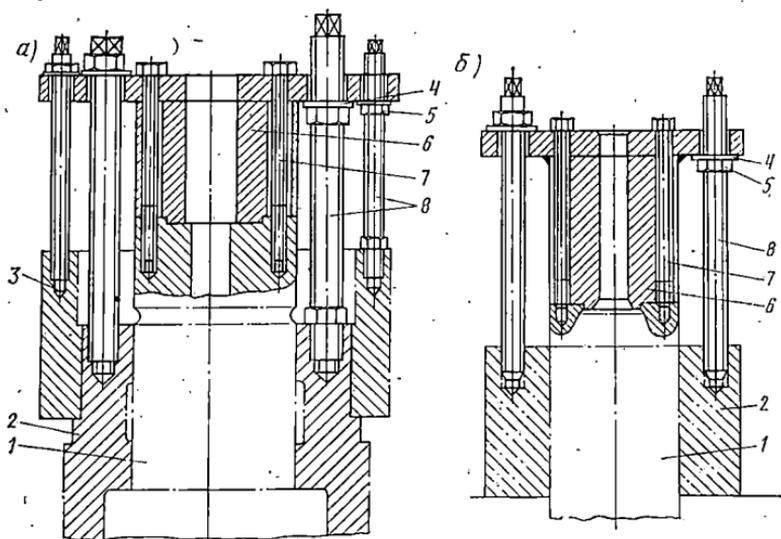


Рис. 63. Приспособления для запрессовки и снятия втулки пяты

*a* — для синхронных электродвигателей; *б* — для асинхронных короткозамкнутых электродвигателей; 1 — ротор электродвигателя; 2 — втулка пяты; 3 — бокса контактных колец; 4 — шайбы; 5 — гайки; 6 — корпус приспособления; 7 — болт; 8 — шпильки

тельно статора по воздушному зазору, замеряемому сверху и внизу по четырем диаметрально противоположным точкам металлическими шупами. Допустимая неравномерность воздушного зазора не более  $\pm 5\%$  среднего арифметического (по всем зазорам), подсчитанного отдельно для верха и низа статора. Воздушный зазор регулируют перемещением верхней крестовины по фланцу статора.

При соединении полумуфт вала насоса и ротора электродвигателя вначале устанавливают временные болты, а после развертки отверстий полумуфт до диаметра, регламентированного инструкцией завода-изготовителя, — постоянные болты.

Общую линию вала насоса и ротора электродвигателя проверяют индикаторами, установленными на втулке подпятника, соединительной муфте и шейке подшипника насоса. В каждой плоскости устанавливают по два индикатора, расположенных под углом  $90^\circ$  друг к другу. Все замеры по выверке общей линии соединенных вала насоса и ротора электродвигателя производят после того, как убедятся, что они не касаются неподвижных деталей корпуса насоса и статора. Биение шеек вала не должно превышать 0,1 мм.

При установке камеры рабочего колеса должен быть обеспечен равномерный зазор между ней и лопастями при наибольшем угле их разворота. Зазоры проверяют, поворачивая вал на один шаг (по числу лопастей). Допускаемая несимметричность зазоров — не более 20% среднего зазора. До пуска агрегата заполняют ванны подшипников маслом в соответствии с инструкцией завода-изготовителя, соединяют с насосом трубопроводы подачи воды на смазку подшипников, напорный трубопровод и другие коммуникации. Напорная задвижка должна быть закрыта, лопасти установлены на минимальный угол. Продолжительность обкатки насоса на холостом ходу — 3 ч, под нагрузкой — 72 ч.

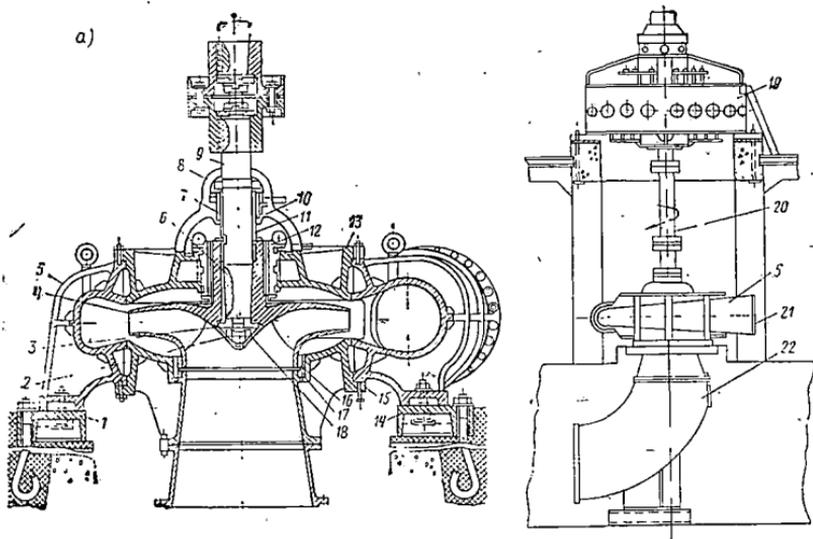
**Насосы типа НДсВ** — центробежные одноступенчатые с вертикальным валом и рабочим колесом двухстороннего входа, насосы

Т а б л и ц а IV.16. Монтажные характеристики насосов НДсВ и В

Марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Масса электродвигателя, кг
20НДсВ	3420	0,71	диаметр рабочего колеса — 765 мм	5000	В зависимости от модификации
24НДсВ	6500	0,79	То же — 990 мм	10 100	То же
23В12М	5470	0,9	2000×2750×6400	8 450	12 100
32В12М	8570	0,9	2600×2850×6500	11 000	25 400
36В22	9500	0,4	2300×1850×7400	13 800	12 900
40В16М	13320	0,56	2900×2970×6900	13 000	27 400
52В14	21960	0,88	3300×3670×5900	38 000	68 000
52В17	22680	0,55	3300×3670×5900	24 000	53 000
56В17	30000	0,67	4600×4040×7500	34 100	68 000
72В22	31150	0,28	3600×4850×660	34 000	80 000

Примечания. 1. Буквы и цифры в марке насоса, например 24НДсВ, означают: 24 — диаметр напорного патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; Н — насос; Д — двухсторонний (рабочее колесо двухстороннего входа); с — средненапорный; В — вертикальный. Буквы и цифры, составляющие марку насоса, например 32В12М, означают: 32 — диаметр входного патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; В — вертикальный, 12 — коэффициент быстроходности насоса, уменьшенный в 10 раз и округленный, М — модернизированный.

2. Габаритные насосы поставляются полностью собранными, негабаритные — блоками.



**Рис. 64. Насос типа В**

1, 14 — фундаментные плиты; 2 — колпак; 3 — шайба; 4 — рабочее колесо; 5 — корпус насоса; 6 — шпонка; 7 — набивка сальника; 8 — крышка; 9 — вал насоса; 10 — корпус сальника; 11 — защитная втулка; 12 — направляющий подшипник; 13 — верхняя крышка; 15 — нижняя крышка; 16 — защитное кольцо; 17 — уплотняющее кольцо; 18 — гайка; 19 — электродвигатель; 20 — трансмиссия; 21 — напорный патрубок; 22 — входное колено

типа В — то же, но с рабочим колесом одностороннего входа (табл. IV.16).

Рабочее колесо одностороннего входа насоса типа В (рис. 64) расположено консольно на валу, который соединяется с ротором электродвигателя с помощью полумуфт и чистых муфт. Вода к насосу подводится снизу корпуса по трубопроводу — колену (стальному или бетонному). Корпус насоса — горизонтальный, закрываемый сверху крышкой, на которой установлены подшипник вала и уплотнения.

Технология монтажа насосов НДсВ и В практически одинакова: опустить всасывающее колено и переходной патрубок в приямок фундамента и временно уложить их в стороне; установить и выверить фундаментные плиты насоса, корпус насоса в сборе с нижней крышкой, фонари подшипников трансмиссии и статор электродвигателя (при определении вертикальности оси агрегата с помощью струн за базу принимают уплотняющее кольцо корпуса насоса); опустить вал насоса на нижнюю крышку корпуса и установить верхнюю крышку насоса с вкладышами подшипника; проверить вертикальность вала насоса (рамным уровнем); смонтировать трансмиссию, установить электродвигатель; выверить общую линию вала насоса и ротора электродвигателя (по индикаторам); выверить вертикальность валов насосного агрегата (по четырем струнам); установить вкладыши подшипников трансмиссии; произвести штифтовку верхней крышки насоса, корпуса насоса, фонарей подшипни-

ков трансмиссии и статора электродвигателя на фундаментных плитах; провести к корпусу насоса трубопроводы для удаления воздуха перед пуском, к маслоохладителю электродвигателя, крышке подшипника насоса и к сальнику.

Монтаж электродвигателя и применяемые для него приспособления, способы выверки общей линии валов насоса и ротора электродвигателя по индикаторам, а также последовательность работ по выверке валов насосного агрегата по четырем струнам аналогична монтажу насосов типов О и Оп.

Пускают насосы типов НДсВ и В в таком порядке: открывают краны для подачи воды к маслоохладителям (и к подшипнику насоса В); заливают маслом вкладыши подшипников (у насоса НДсВ) и трансмиссии через отверстия в крышках фонарей; закрывают задвижку за напорным патрубком насоса, а также краны манометров и вакуумметров; заполняют водой всасывающий трубопровод (воздух должен быть полностью удален из системы); пускают электродвигатель; открывают задвижку на напорном трубопроводе (работа агрегата при закрытой задвижке более 5 мин запрещается).

Скважинные установки типа ЭЦВ (с погружными электродвигателями) и типа УЦТВ (с трансмиссионными валами) снабжены центробежными одно- или многоступенчатыми насосами с вертикальным расположением вала (табл. IV.17).

Таблица IV.17. Монтажные характеристики скважинных установок типов ЭЦВ и УЦТВ

Марка установки	Число ступеней насоса	Тип электродвигателя	Масса насосного агрегата, кг
1ЭЦВ 10-63-180	9	ПЭДВ 45-219	406
1ЭЦВ 10-63-270	11	ПЭДВ 65-230	727
1ЭЦВ 10-120-60	3	ПЭДВ 32-230	328
ЭЦВ 10-160-65	4	ПЭДВ 45-230	408
УЦТВ 12-160-60	6	АО2-81-4	3730
УЦТВ 12-160-80	8	АО2-82-4	4750
УЦТВ 12-160-100	10	АО2-91-4	5850

Примечания. 1. Условные обозначения установок ЭЦВ: Э — с приводом от погружного электродвигателя; Ц — центробежный; В — для подачи воды; цифры за буквами означают: минимальный диаметр скважины (мм), уменьшенный в 25 раз и округленный; подача (м<sup>3</sup>/ч), давление (м вод. ст.). Условные обозначения установок УЦТВ: У — установка; Ц — центробежный; В — для подачи воды; цифры за буквами означают то же, что и для установок типа ЭЦВ.

2. Установки типа ЭЦВ изготавливаются по ГОСТ 10428-71\*, установки типа УЦТВ — по ГОСТ 14835-75.

В установке ЭЦВ (рис. 65) насос и электродвигатель располагаются в скважине ниже уровня воды. Насосы состоят из нескольких ступеней радиального или диагонального типа. Секции соединяются между собой с помощью стяжных лент. На выходе насоса имеется обратный клапан и напорный патрубок, которым насосный агрегат подсоединяется к напорному трубопроводу. Подшипники насоса смазываются перекачиваемой жидкостью.

По способу восприятия осевого усилия насосы подразделяются на те, у которых рабочие колеса могут свободно перемещаться вдоль вала, а осевое усилие воспринимается торцевой пятой, одновременно служащей передним уплотнением ступени, и на те, у которых рабочие колеса зафиксированы на валу, а осевое усилие передается на упорный подшипник насоса или электродвигателя.

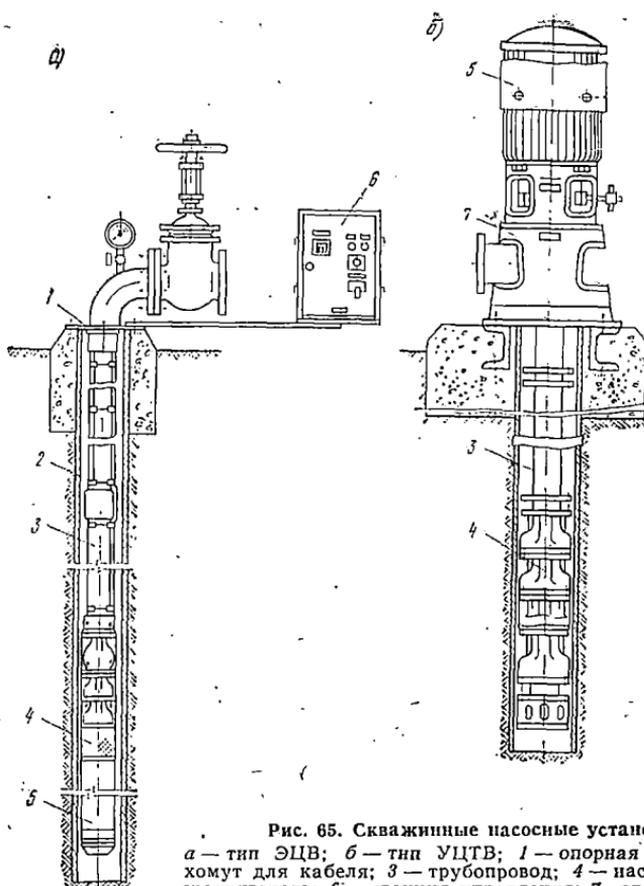


Рис. 65. Скважинные насосные установки  
*a* — тип ЭЦВ; *б* — тип УЦТВ; 1 — опорная плита; 2 — хомут для кабеля; 3 — трубопровод; 4 — насос; 5 — электродвигатель; 6 — станция управления; 7 — опорное колено

Конструкция установок УЦТВ аналогична конструкции ЭЦВ. Рабочие колеса жестко зафиксированы на валу. Осевое усилие воспринимается упорным подшипником, расположенным в опорном колене. Секции трансмиссионного вала соединяются между собой жесткими муфтами. Подшипники трансмиссионного вала и насоса смазываются перекачиваемой или специально осветленной водой (от постороннего источника). Опорное колено устанавливается на устье скважины и является базой насосного агрегата. В нем располагается упорный шарикоподшипник, смазываемый маслом. Приводом насоса, устанавливаемым над скважиной, чаще всего служат серийные или специальные электродвигатели вертикального исполнения. Если в качестве привода используется двигатель внутреннего сгорания, то опорное колено комплектуется угловым коническим редуктором.

До монтажа скважинных насосов необходимо проверить соответствие размеров скважины и отклонение ее оси от вертикали.

Диаметр скважины должен иметь величину

$$D_c \geq D_n + eH + 15 \text{ мм,}$$

где  $D_c$  — диаметр скважины в самом узком месте, мм;

$D_n$  — максимальный диаметр насоса, мм;

$e$  — отклонение оси скважины от вертикали, мм/м;

$H$  — глубина погружения нижней точки насоса в скважину, м.

При отклонении скважины от вертикали не более чем на 2—3° монтаж насоса разрешается. При этом его опорные элементы над скважиной нужно сместить по отношению к центру в сторону наклона на величину

$$S = \frac{D_c - D_n}{2}$$

Секции трансмиссионного вала проверяют на биение на призмах. Величина биения в средней части не должна превышать 0,5 мм. В противном случае заказчик должен выправить вал в специальном приспособлении.

Скважинные насосы целесообразно монтировать с применением треноги над устьем скважины. Для подъема агрегатов используют лебедку или таль. Перед опусканием насосного агрегата в скважину к нему подсоединяют нижнюю секцию водоподъемной трубы и кабель. На трубу надевают монтажный хомут. Поднимают насосный агрегат и заводят его в скважину до опирания хомута на опорную плиту. Подсоединяют вторую трубу с закрепленным на ней монтажным хомутом. Приподнимают агрегат, снимают предыдущий хомут и опускают насос на следующую часть. Таким образом опускают агрегат на требуемую глубину. Если позволяют грузоподъемные устройства, наращивать трубу можно установкой нескольких секций. На последнюю секцию крепится опорное кольцо, которое и устанавливается на фундамент.

При монтаже насосов с трансмиссионным валом секции с трансмиссионным валом устанавливаются последовательно друг на друга также с использованием хомутов. Концы валов соединяют жесткой муфтой, трубы — при помощи фланцевых соединений. После подсоединения каждой секции проверяют плавность вращения вала. Опорную стойку устанавливают по сборочному чертежу с обеспечением требуемых размеров.

Герметичные вертикальные электронасосы типа ХГВ применяются в химической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности. Они выполнены в виде единого насосного агрегата, состоящего из насоса и специального встроенного асинхронного электродвигателя. Отсутствие сальников обеспечивает полную герметичность насоса (рис. 66).

Монтажные характеристики этих насосов приведены ниже.

Габаритные размеры насосного агрегата, мм      Масса, кг

1½ХГВ-6А-4,5-3	650×540×1366	282
1½ХГВ-6х3А-4,5-3	650×540×1366	292
2ХГВ-9А-4,5-3	650×540×1366	247
2ХГВ-5х2А-14-3	900×615×1390	458
4ХГВ-12А-14-3	900×630×1392	441
1½ХГВ-6х3А-2,8-4	680×385×1080	288
2ХГВ-5х2А-7-4	822×515×1212	320
3ХГВ-6А-7-4	840×518×1120	439
3ХГВ-7х2А-20-4	816×590×1385	628

4ХГВ-6А-40-4 . . . . .	1088×635×1555	796
4ХГВ-7х2А-28-4 . . . . .	1035×650×1555	770
2ХГВ-5х2Е-10-5 . . . . .	770×519×1211	480
4ХГВ-6Е-40-5 . . . . .	1085×725×1556	848

Примечание. 1. Условные обозначения насоса  $1\frac{1}{2}$ ХГВ-6А-4,5-3:  $1\frac{1}{2}$  — диаметр напорного патрубка насоса, мм, уменьшенный в 25 раз; Г — герметичный; В — вертикальный; 6 — коэффициент быстроходности насоса, уменьшенный в 10 раз; 3 — число ступеней; А — условное обозначение материала проточной части насоса; 4,5 — мощность электродвигателя, кВт; 3 — конструктивное исполнение.

2. Поставка насоса — в полностью собранном виде.

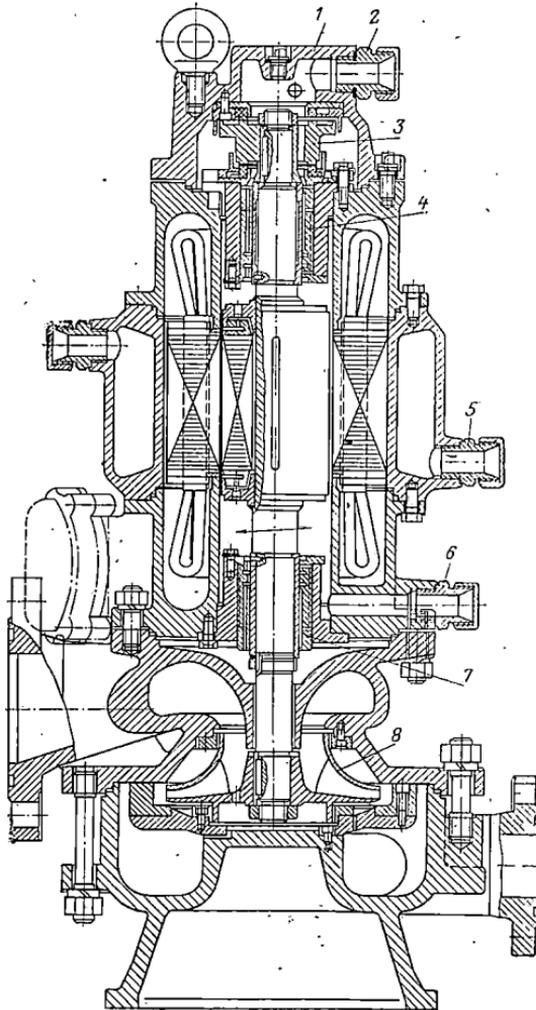


Рис. 66. Вертикальный герметичный электронасос типа ХГВ

1 — верхняя крышка; 2, 5, 6 — штуцера; 3 — гидростатическая пята; 4 — верхний подшипник; 7 — нижний подшипник; 8 — рабочее колесо

Выверяют вертикальность насосов на металлических подкладках с последующей подливкой опорной плиты бетонной смесью.

**Насосы типа ХП** — центробежные вертикальные одно-, двух- или трехступенчатые с рабочим колесом одностороннего входа. Насос установлен на опорной плите, монтируемой на крышке бака, из которого перекачивается жидкость. Корпус насоса изготовлен в виде двух полуспиральных отводов или направляющих аппаратов с переводными каналами, обеспечивающих разгрузку рабочего колеса от радиальных гидравлических сил. У многоступенчатых насосов для разгрузки ротора от осевых сил за рабочими колесами установлены направляющие аппараты. Привод насосов — от электродвигателя, установленного на стойке, прикрепленной к плите насоса.

**Насосы типа ПХП** — центробежные вертикальные одноступенчатые с выносными опорами.

**Насосы типа 2 ВСХ-1,5** — центробежные вертикальные одноступенчатые, установлены на опорной плите и закреплены к ней с помощью трубы с приварными фланцами. **Насосы типов ВХН и ВХА** — одноступенчатые двухтрубные.

Монтажные характеристики этих машин приведены в табл. IV.19.

Т а б л и ц а IV.19. Монтажные характеристики насосов типов ХП, ПХП, ВСХ, ВХН, ВХА

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Давление, МПа	Габаритные размеры, мм		Масса с электродвигателем, кг
			высота	размер опорной плиты	
3ХП6 (А, К, Е, И)-6	45	0,12	3308	∅ 500	630
3ХП-6А-6	45	0,54	3500	∅ 680	1060
4ХП-9 (А, К, Е, И)-6	90	0,54	3527	∅ 600	870
ГХП-9-6	280	0,42	3778	∅ 918	1468
5ПХП-9-7	160	0,49	1045	1000×800	3600
9ПХП-9-7	600	0,20	1235	1000×800	5178
2ВХС-1,5	2,81	0,30	3100	715×600	360
3ВХН-11	30	0,08	3275	∅ 600	675
4ВХА-18	60	0,16	3307	∅ 615	545

Примечания: 1. Условные обозначения: насосов типов ХП: первая цифра — диаметр напорного патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; Х — химический; П — погружной, вторая цифра — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 25 раз; А, К, Е, И — условное обозначение марки стали корпуса насоса; третья цифра — вид уплотнения; насосы типа ПХП — то же, но с выносными опорами; насосы типа 2ВХС-1,5: 2 — диаметр всасывающего патрубка (мм), уменьшенный в 25 раз; В — вертикальный; Х — химический; С — для расплавленной серы; 1,5 — коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз; по насосам типов ВХН и ВХА — аналогично (Н — для расплавленного нафталина, А — для азотной кислоты).

2. Насосы поставляются в полностью собранном виде.

Для правильного монтажа насоса емкость, к которой он крепится, должна быть установлена горизонтально, после чего опорная плита соединяется с фланцем емкости.

**Насосы типа РВ** — вертикальные одноступенчатые, с рабочим колесом одностороннего входа (табл. IV.20). Вал насоса соединяется с ротором электродвигателя трансмиссионным валом — проставком. Осевая сила и масса вращающихся узлов воспринимаются пятой электродвигателя. Принципиально конструкция насосов типа ФВ

## Раздел V. МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА АППАРАТОВ С ДВИЖУЩИМИСЯ УСТРОЙСТВАМИ

В разделе приведены сведения по аппаратам общего назначения, широко применяемым в различных отраслях промышленности.

### Глава 1. ЦЕНТРИФУГИ И СЕПАРАТОРЫ

Промышленные центрифуги и сепараторы предназначены для разделения жидких неоднородных сред.

Центрифуги разделяют по принципу действия — на осадительные и фильтрующие; по характеру процесса центрифугирования — непрерывного и периодического действия; по способу выгрузки осадка из ротора — с ручной, контейнерной или кассетной, вибрационной, инерционной, гравитационной (саморазгружающейся) выгрузкой ножом, пульсирующим поршнем и шнеком; по расположению оси вращения ротора — вертикальные и горизонтальные; по степени герметизации — на 9 групп.

Условные обозначения промышленных центрифуг. Цифры перед буквенным обозначением определяют число роторов (первая цифра) и число его каскадов (вторая цифра). Первая буква характеризует принцип разделения: О — осадительные; Т — тарельчатые; Р — разделительные; Ф — фильтрующие; К — комбинированные; П — пленочные. Вторая буква определяет основной конструктивный признак: Г — горизонтальная; В — вертикальная; П — подвесная; М — маятниковая; Т — трубчатая; У — с упругой верхней опорой. Третья буква характеризует способ выгрузки осадка из ротора; Б, Д, Р — ручной через борт, днище, ротор; Н, М, Ш, П, А — механизированный ножевой, механико-пневматический, шнековый, поршневой, поршневой с аксиально-отрывающимся бортом; И, Ц, О, В, Г — инерционный, центробежный, с выворачиванием фильтрующей перегородки, вибрационный, гидравлический; С, К — гравитационный и контейнерный. Цифровое обозначение после буквенного определяет диаметр ротора (см), вид исполнения центрифуги (1 — негерметизированное, 2 — с взрывозащищенным корпусом; 3 и 4 — герметизированное под давлением соответственно до 0,01 и свыше 0,01 МПа; 5 и 6 — с обогревом или охлаждением; 7 — капсулированное; 9 — специальное). Буква после цифрового обозначения характеризует материал основных деталей: У, Л, К — соответственно сталь углеродистая, легированная, коррозионностойкая; Т, М, Н, П, Г, Э — титан, медь, неметаллы, пластмасса, гуммированные покрытия, эмалированные покрытия. Последняя цифра обозначает номер модели.

Центрифуги непрерывного действия. Осадительные горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка (типа ОГШ) состоят из горизонтально расположенного конического или цилиндрического ротора, внутри которого находится шнек. Шнек и ротор вращаются в одном направлении, но с различной скоростью. Благодаря этому шнек транспортирует осадок к выгрузочным окнам, расположенным в узкой части ротора (рис. 67). Ротор расположен на двух опорах и закрыт кожухом с перегород-

ками. Привод ротора — от электродвигателя через клиноременную передачу; привод шнека — от ротора через специальный редуктор. Центрифуга имеет защитное (отключающее) виброизолирующее устройство.

Фильтрующие вертикальные и горизонтальные центрифуги со шнековой выгрузкой осадка (типов ФВШ и ФГШ) включают вертикально или горизонтально расположенный конический щелевой ротор с ситом на внутренней поверхности (рис. 68). Как и в центрифугах ОГШ, внутри ротора находится шнек. Вращение (различное) ротор и шнек получают от электродвигателя через клиноременную передачу и планетарно-дифференциальный редуктор. Центрифуги ФГШ отличаются от центрифуг ФВШ наличием устройства для промывки осадка.

Фильтрующие горизонтальные центрифуги с пульсирующей выгрузкой осадка (типа ФГП) отличаются консольным расположением ротора. Ротор, состоящий из обечаяек с щелевыми колосниковыми ситами, закреплен на полом вала (рис. 69), внутри которого на бронзовых втулках перемещается шток толкателя с поршнем и маслоотделитель. Вал, привод, торцевая муфта вала, маслосистема расположены на станине, нижняя часть которой — ванна для масла с холодильником. Внутри ротора подведены питающая и промывная трубы, закрепленные в переднем кожухе. Маслосистема включает в себя насос с электродвигателем, фильтр для масла и дроссель. Последний регулирует поступление масла в маслораспределитель, обеспечивающий возвратно-поступательное движение поршня.

Фильтрующие центрифуги с инерционной (типа ФВИ) и с вибрационной (типа ФВВ) выгрузкой осадка конструктивно отличаются: первые углом наклона образующих конического ротора к его оси (этот угол больше угла трения осадка о сито); вторые тем, что ротор, ось которого закреплена на фундаментной раме, кроме вращательного совершает возвратно-поступательное движение. Для этого служит отдельный электродвигатель, соединенный с ротором через эксцентриковый вал и шатун.

Центрифуги периодического действия (типов ФГН и ОГН) — автоматизированные и механизированные, фильтрующие и осадительные, горизонтальные с ножевой выгрузкой осадка. Они включают в себя ротор, вал которого вращается в подшипниках качения, установленных в станине. На передней крышке центрифуги установлен механизм среза осадка, разгрузочный бункер, питающая труба, труба для промывки и регенерации, регулятор уровня слоя загрузки, переключатели хода ножа (рис. 70). Ротор центрифуг типа ФГН — сварной с перфорированной обечайкой; ОГН — сплошной сварной.

Фильтрующие и осадительные подвесные центрифуги с верхним приводом (типов ФПН, ОПН, ОПД, ФПД и ФПС) отличаются тем, что ротор и вал вертикальны и верхним концом закреплены в шаровой опоре (рис. 71). Головка привода центрифуги включает в себя маслонасос, бачок с маслом, систему подшипников качения, размещенных в опорном стакане, опирающемся на сферическую поверхность корпуса привода. Пределы отклонения вала ограничиваются резиновым амортизатором. Корпус головки привода болтами закреплен на продольных швеллерах, опирающихся на вертикальные стойки. Привод центрифуги —

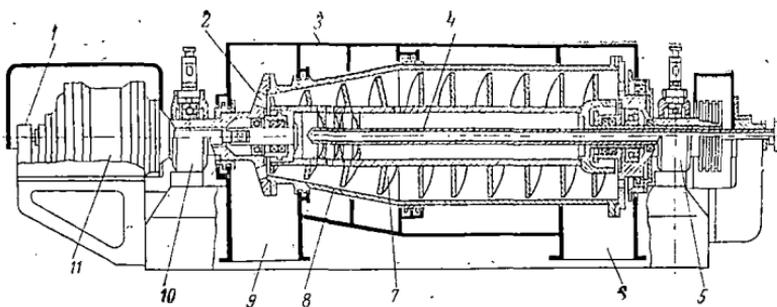


Рис. 67. Схема центрифуги типа ОГШ

1 — защитное устройство; 2 — выгрузочное окно; 3 — кожух; 4 — питающая труба; 5 — опора; 6 — камера для фильтрата; 7 — шнек; 8 — ротор; 9 — камера для осадка; 10 — опора; 11 — редуктор

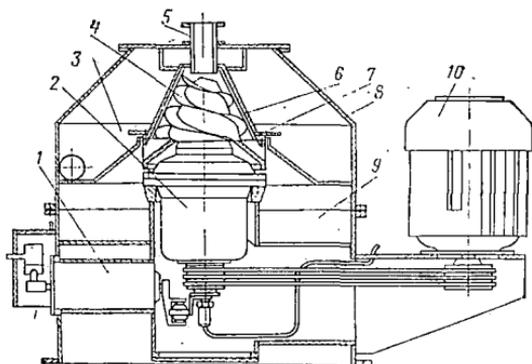


Рис. 68. Схема центрифуги типа ФВШ

1 — предохранительное устройство; 2 — редуктор; 3 — камера фильтрата; 4 — шнек; 5 — питающая труба; 6 — ротор; 7 — сито; 8 — кожух-станина; 9 — камера для осадка; 10 — электродвигатель

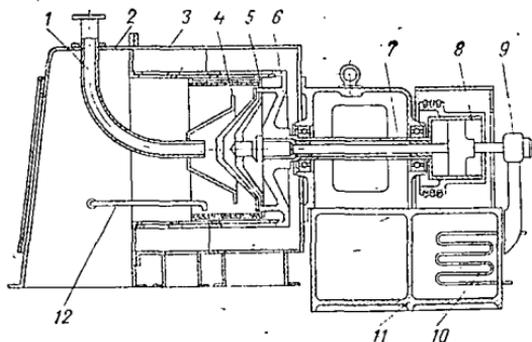


Рис. 69. Схема центрифуги типа ФГП

1 — питающая труба; 2 и 3 — передний и средний кожухи; 4 — уравнивающее кольцо (для осадка); 5 — сбрасывающее кольцо; 6 — ротор; 7 — вал; 8 — масло-распределитель; 9 — торцовая муфта; 10 — холодильник; 11 — станина; 12 — промывная труба

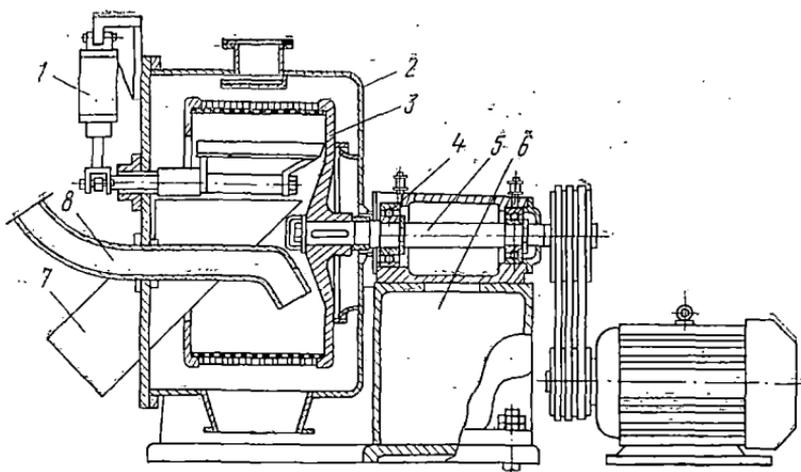


Рис. 70. Схема центрифуг типа ФГН и ОГН

1 — механизм среза осадка; 2 — кожух; 3 — ротор; 4 — подшипник качения; 5 — вал; 6 — станна; 7 — разгрузочный бункер; 8 — питающая труба

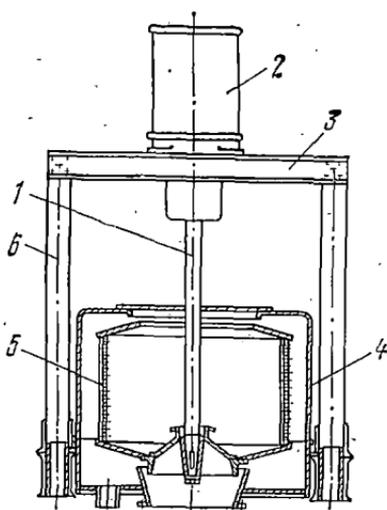


Рис. 71. Схема центрифуг типа ФПН, ОПН и ФПД

1 — вал; 2 — электродвигатель; 3 — швеллер; 4 — кожух; 5 — ротор; 6 — стойка

от фланцевого электродвигателя, установленного на опорной конструкции через упорную муфту. Осадок выгружают при остановленном роторе вручную (в центрифугах ФПД, ФПС) или при малом числе оборотов ножом и распределительный диск. В центрифугах ФПД и ФПС на валу находится запорный конус (для выгрузки осадка). Механизм подъема запорного конуса включает электродвигатель с червячным редуктором и барабаном для намотки троса рычага подъема конуса. Этот механизм устанавливают на продольных швеллерах.

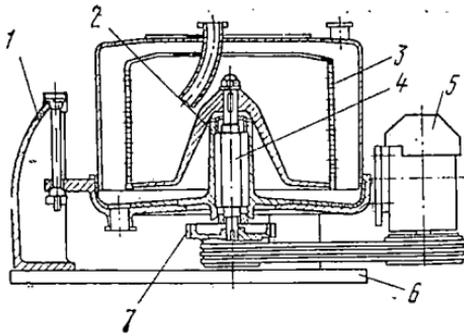


Рис. 72. Схема центрифуг типов ФМБ и ОМБ

1 — колонка; 2 — подшипник; 3 — ротор; 4 — вал; 5 — электродвигатель; 6 — фундаментная плита; 7 — пружинный тормоз

Подвесные (маятниковые) центрифуги с нижним приводом (типов ФМБ, ФМД, ОМБ, ОМД) отличаются установкой вала ротора, вращающегося в подшипниках качения (рис. 72), расположенных в корпусе привода. Станина подвешена на трех тягах с шариковыми шарнирами и пружинами в колонках, установленных на фундаментной плите.

Трубчатые центрифуги (типов РТР и ОТР) имеют трубчатый ротор, подвешенный на валу с вертикальной осью вращения и плавающей нижней опорой скольжения.

Поставка центрифуг осуществляется в основном полностью в собранном виде в соответствии с ОСТ 26—01—1437—76 «Центрифуги. Общие технические условия». Исключение составляют некоторые негабаритные центрифуги типа ФГН (например ФГН-1801), ОГН (2ОГН—2201У—1), ФГН, ОПН и ФПД, ФПС, которые поставляются укрупненными сборочными единицами. Комплект поставки включает в себя центрифугу с электродвигателем, виброизолирующее устройство, систему охлаждения уплотнений (если имеется), маслонасосную станцию (если имеется), раму, опорные устройства.

Монтаж центрифуг (табл V.1), поступающих на монтажную площадку в собранном виде, включает установку аппарата на подготовленный фундамент; выверку с помощью регулировочных винтов и уровня; подливку опоры бетонной смесью; подготовку центрифуги к обкатке (проверяется система смазки, состояние подшипников, действие механизмов, замеряются — при провороте ротора вручную зазоры в подшипниках, биение шеек вала и т. д.); обкатку вначале в течение 1,5—2 ч, а затем при нормальной работе в течение 8 ч.

Монтаж центрифуг, поступающих в монтаж отдельными сборочными единицами (например, подвесных, саморазгружающих ФПС), начинают с установки опорной конструкции и выверки ее по струне и уровню. Для монтажа опорной конструкции и других узлов центрифуги используют ручные рычажные лебедки, тали, тельферы. После выверки опорной конструкции устанавливают нижнюю часть кожуха с разгрузочной горловиной и центрируют этот узел по вертикальной оси опорной конструкции. Прилегание конусных посадочных мест ступицы ротора и хвостовика вала проверяют по краске. Затем ступицу ротора насаживают на хвостовик вала на шпонке, затягивают торцевую гайку и зашлифовывают. На вал надевают трубу с запорным конусом и распределительным диском. Под нижней частью кожуха выкладывают шпальную клетку высотой около 1 м и устанавливают на нее ротор с валом. Проверяют плотность посадки шарикоподшипника на вал в опорном стакане со сфериче-

Таблица V.I. Монтажные характеристики центрифуг

Обозначение типоразмера	Ротор наибольший внутренний диаметр, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг		
			электродвигателя	центрифуги	установки
ОГШ-202К-3	200	1460×1115×1485	100	511	792
ОГШ-207К-4	200	1710×1170×790	100	920	1160
ОГШ-202Н-5	200	1460×1115×780	100	460	643
ОГШ-321Н-5	325	1560×970×650	68	520	660
ОГШ-353Н-2	350	2500×2020×965	545	1550	2532
ОГШ-353К-4	350	2075×1730×850	275	1260	1975
ОГШ-502Н-4	500	2585×2200×1080	530	2500	3754
ОГШ-503К-5	500	2870×2000×1175	530	2700	3853
ОГШ-501Н-6	500	2585×2200×1080	236	2750	3430
ОГШ-802Н-4	800	3950×2665×1835	1000	6350	7835
ОГШ-1203Н-1	1200	5020×4040×1725	1150	12 550	14 200
ФВШ-351К-2	350	1175×1155×1320	190	1143	1490
ФГШ-401К-1	400	1560×1330×1250	208	900	1220
1/2 ФГП-401Н-4	—	2050×1300×2635	110	1700	4149
1/2 ФГП-601Н-1	—	2165×2055×2820	110	2518	5275
1/2 ФГП-631Н-1	—	2175×1890×1450	110	2327	2550
1/2 ФГП-801Н-1	—	3035×1830×3340	208	5500	10 760
1/2 ФГП-1201	—	3505×2350×2200	345	7486	11 530
1/4 ФГП-651У-1	—	3100×1700×1695	208	—	7300
2/2 ФГП-120М-1	—	6740×3470×3040	520	26 490	28 100
ФВИ-1001Н-1	1000	2500×2050×2050	236	2858	3100
ФВВ-1001У-1	1000	2895×2165×1560	280	3460	—
ФГН-351Н-1	350	1460×875×772	77	362	—
ФГН-631Т-3	630	2550×1800×1650	230	1180	5358
ФГН-633Н-2	630	3130×1965×1570	300	1352	5557
ФГН-903Н-1	900	3050×2130×2200	530	3171	9960
ФГН-1254Н-1	1250	4650×3070×3390	740	6730	10 820
ФГН-1801 и ОГН-1801	1800	4400×3500×4700	617	11 863	14 390
20ГН-2201У	2200	6450×5000×5255	1470	23 325	41 360
ФГН-1001У-1	1000	2000×1400×3810	1350	2710	4400
ФГН-1000У-3	1000	2000×1380×3785	1350	2735	4400
ФГН-1251Л-3	1250	1750×1930×4790	1970	3600	9190
ОПН-1005У-1	1000	1400×2000×4200	1350	2685	4350
ФПД-1202У-4	1200	1750×1575×3900	—	2350	3600
ФПД-1202Н-3	1200	1750×1575×3900	1190	2278	3600
ФПД-1202Г-3	1200	1750×1575×3900	—	2517	3700
ФПС-125	1250	3050×2800×6280	—	11 190	11 190
ФМБ-602М-3	600	1400×1080×910	60	530	—
ОМБ-602Н-3	600	1400×1080×995	60	590	—
ФМБ-602Г-4	600	1400×1080×960	60	600	—
ФМБ-633Н-2	630	1175×1145×1285	56	1034	—
ФМБ-803Н-2	800	1415×1375×1635	112	1562	—
ФМБ-1201Н-3	1200	2195×1700×1170	133	1445	—
ФМБ-1501Н-3	1500	2604×2020×1155	138	2020	—
ФМД-802-4	800	1700×1245×1070	100	975	—
ФМД-1202-2	1200	2190×1700×1240	133	1870	—
РТР-10	105	800×640×1680	37	550	—
РТР-15	150	1125×590×1960	100	750	—

Примечания. 1. Центрифуги ОГШ, ФВШ, ФГП, ФВИ и ФВВ — непрерывного, остальные — периодического действия.

2. Масса центрифуги показана без электродвигателя и виброизолирующего устройства, а габариты — с учетом их; масса подвесных центрифуг указана максимальная.

ской поверхностью. Головку привода собирают последовательно, монтируя на валу центрифуги бачок для масла, опорное кольцо, кольцевую крышку масляного бачка с масляным насосом, нижнюю кольцевую крышку корпуса головки привода и резиновый цилиндрический амортизатор. При сборке масляного насоса проверяют по краске контакт зубьев и зазоры в червячной передаче.

Затем устанавливают корпус головки привода на швеллеры опорной конструкции. При этом конец вала, установленного с собранным на нем ротором на шпальной клетке, входит в центр головки. Проверяют уровнем горизонтальность головки и крепят ее болтами к опорной конструкции. Надевают на вал опорный стакан со сферической поверхностью. Устанавливают узкими торцами наружных колец вверх радиально-упорный подшипник. Надевают на вал верхнюю крышку опорного стакана; насаживают на шпонке тормозной шкив; затягивают гайку и устанавливают контргайку. Надевают на шкив тормозную ленту и прикрепляют к шкиву нижнюю часть полумуфты. Разбирают шпальную клетку и опускают вал с ротором. Собирают надетье: на вал детали корпуса опорной головки и закрепляют тормозную ленту. Насаживают с помощью шпонки на вал электродвигателя соединительную полумуфту. Устанавливают электродвигатель. Монтируют рычаг и механизм подъема запорного конуса. Крепят к опорной поверхности и подключают к трубопроводу дозаторный бачок; устанавливают кран на масляный бачок. Соединяют верхнюю и нижнюю части кожуха.

Заполняют бачок маслом, проверяют наличие зазора между ротором и кожухом (проворачивая ротор вручную), подключают электродвигатель к сети и проводят обкатку центрифуги холостую на полных оборотах в течение часа.

Сепараторы отличаются от центрифуг наличием в конструкции ротора пакета тарелок, которые делят поток жидкости в роторе на слои толщиной 0,4—1,5 мм. Осадок выделяется на поверхности тарелок.

Условные обозначения. Первая буква определяет технологическое назначение сепаратора: Р, О, У, С, К — соответственно разделители, очистители, очистители-разделители; сгустители, классификаторы. Вторая буква характеризует способ вывода жидких фаз из ротора; О, Д, Т, К — свободный слив, под давлением с напорным устройством, диском или трубкой, комбинированный. Третья буква определяет способ выгрузки осадка или концентрата из ротора: Р, В, Н, Д, М, С, К, Т — центробежный ручной, с внутренним поршнем, с наружным поршнем, с подвижным днищем, с мембраной, силовой, клапанный, с трубкой. Цифра после буквенного обозначения, буква и следующая цифра обозначают соответственно исполнение сепаратора, характер материала основных деталей и номер модели. Эти обозначения аналогичны вышеуказанным для центрифуг.

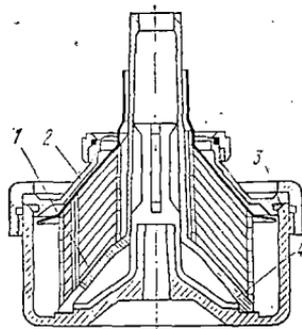


Рис. 73. Схема ротора жидкостно-го центробежного сепаратора  
1 — пакет конических тарелок; 2 — крышка; 3 — основание; 4 — тарелкодержатель

Конструктивно большинство сепараторов изготавливают с вертикальным расположением вала ротора, имеющего две опоры с верхней консолью, на посадочный конус которой надевают ротор (рис. 73). Привод сепараторов с ротором диаметром до 630 мм в основном от фланцевого или встроенного горизонтально электродвигателя. Вращение от электродвигателя к валу ротора передается через повышающую винтовую передачу. Сепараторы этого типа имеют разгонные устройства в виде фрикционных или гидравлических муфт.

Привод сепараторов с ротором диаметром более 630 мм — от электродвигателя, расположенного параллельно оси ротора сепаратора на одной плите с ним через клиноременную передачу. У большинства сепараторов рабочая среда отводится при помощи напорных дисков, установленных неподвижно относительно вращающегося ротора и частично погруженного в жидкость. При работе сепаратора жидкость попадает в спиральные каналы диска и транспортируется по ним в отводящие трубопроводы.

**Поставка.** Сепараторы поставляют полностью собранными, за исключением снятого ротора, и не требуют разборки перед монтажом в соответствии с ОСТ 26-01-99-70 «Сепараторы жидкостные центробежные. Общие технические условия». Ротор поставляется собранным и устанавливается в сепаратор при пусконаладочных работах. Комплект поставки включает сепаратор, собранный по чертежу общего вида; запасные и сменные части; приспособления и специнструмент для сборки, разборки, регулировки сепаратора (по спецификации); комплект виброизолирующих устройств и гибких вставок для трубопроводов, комплект отжимных (регулируемых) винтов, опорных пластин, фундаментных болтов, ответных фланцев к трубопроводам, подъемник для сборки ротора и разборки ротора (при наличии его в конструкции машины).

**Монтаж сепараторов** (табл. V.2) не отличается от монтажа центрифуг, поступающих собранными. При необходимости проведения сборочных работ (устранение неисправностей, замена деталей) следует придерживаться следующих основных правил: наружные или внутренние кольца подшипников (посадки С, П) требуется запрессовать; посадки Н, Т, Г производить с предварительным подогревом колец в масле до 80—90°C; прилегание конических посадочных поверхностей вала и ступицы ротора должно составлять не менее 80% поверхности; в сепараторах с коническими тарелками смещение круглых отверстий тарелки, расположенных на разделительном радиусе, по отношению к отверстиям соседней тарелки должно находиться в пределах 1 мм; в собранном на тарелкодержателе комплекте тарелок расстояния между ними должны быть равномерными по всей высоте; в сепараторах с цилиндрическими вставками при установке их комплекта в ротор необходимо обеспечить равномерное и плотное прилегание их торцевых поверхностей к вставкодержателям (не менее чем на 50%); несоосность вала двигателя относительно горизонтального вала сепаратора с разгонными муфтами не должна превышать 0,05 мм; биение конуса вертикального вала относительно станины сепаратора не должно превышать допустимого биения для подшипников повышенного класса точности с учетом соотношения плеч вала, увеличенного на 0,02 мм.

Собранный сепаратор испытывают, обкатывая его приводной механизм с ротором без подачи жидкости в течение не менее 2 ч или проверяя работоспособность сепаратора на воде в течение не

Таблица V.2. Монтажные характеристики жидкостных центробежных сепараторов для химической промышленности

Типоразмер	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Число тарелок	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
УКВ-202К-1	До 0,7	34	780×570×810	170
УОВ-501К-2	» 8	90	1310×1015×1390	1000
ОДВ-602К-2	» 10	78; 105	1550×1290×1600	2100
УОВ-602К-2	» 10	72; 97	1560×1290×1720	2150
УДВ-632К-2	» 10	112	1875×1530×1830	2400
ОДЛ-632К-2	» 10	165	1750×1430×1825	2584
ЛДВ-711К-2	» 30	94; 130	1870×1600×1840	3480
РОС-401К-2	» 4	52	1160×784×1170	561
СОС-501К-Г	» 35	70	1480×750×1469	1302
СОС-501К-3	» 50	68	1730×900×1680	1480
СОС-501Т-3	» 40	68	1730×900×1680	1480
ООР-231К-2	» 0,5	55	740×408×718	107
ООР-231К-3	» 0,8	62; 67	900×350×660	95
УОР-251У-2	Не менее 0,5	40	1090×500×830	265
УОР-301У-2	До 4	47	1190×500×780	315
УОР-401У-2	» 6	76	1140×775×980	390
УОР-351У-2	» 3	66	1190×1148×1395	710
ПСМ1-3000	» 3	66	1800×1200×1780	1310
УДР-402К-2	» 5	75	825×600×1200	450
КДР-601К-2	» 2,5	—	1150×780×1350	975
ОДР-631К-2	» 10	147	1230×1170×1670	2000
ОДР-631Т-2	» 10	147	1230×1170×1670	2000

менее 2 ч для роторов диаметром до 400 мм и не менее 4 ч — для роторов диаметром более 400 мм; у сепараторов с периодической выгрузкой осадка проверяют разгрузку ротора через каждые 15 мин\*.

При испытаниях проверяют надежность уплотнений, давление на входе и выходе из сепаратора, плотность закрытия разгрузочных щелей ротора, нагрев подшипников (не более 70°С) и фрикционных муфт (не более 200°С при разгоне сепаратора), работу тормоза, отсутствие утечки масла из станины, уровень шума (не более 85 дБ), уровень вибрации станины (амплитуда вибрации не должна превышать 0,1 мм) и электродвигателя (допуск амплитуды 50 мкм).

После испытаний сепаратор подвергают ревизии, осматривают наружные и внутренние поверхности.

## Глава 2. ФИЛЬТРЫ

В промышленности применяют следующие основные типы фильтровальных аппаратов:

вакуум-фильтры барабанные (табл. V.3): с наружной или внутренней фильтрующей поверхностью; дисковые — ленточные; карусельные; тарельчатые;

фильтры периодического действия под давлением (табл. V.4): дисковые; дисково-пакетные, листовые, патронные;

фильтр-прессы: автоматические камерные; рамные;

\* Прочностные испытания проводят только на заводе-изготовителе в специально оборудованных камерах.

Т а б л и ц а V.3. Монтажные характеристики вращающихся вакуум — фильтров

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры, мм	Масса, кг		Размеры наиболее тяжелого монтируемого узла (барабана), мм	
		фильтра с приводами	наиболее тяжелого узла (барабана)	диаметр	длина
БШП1-1	1415×1515×1625	835	173	1000	345
БОК1-1	1480×1460×1540	980	324	1000	400
БОР1-1	1544×1515×1625	1060	356	1000	390
БОК3-1,75	2200×2420×2550	2176	864	1750	630
БОК5-1,75	2570×2420×2550	2500	1032	1750	1000
БОР3-1,75	2165×2445×2520	2535	1135	1750	735
БОР5-1,75	2475×2445×2520	2865	1322	1750	1005
БОУ5-1,75	2980×2410×2650	4990	2645	1762	960
БОУ10-2,6	3420×3320×3415	7858	4654	2612	1350
БОК10-2,6	3000×3230×3370	5650	2580	2600	1350
БОР10-2,6	3250×3320×3050	5440	2500	2600	1315
БОУ20-2,6	4750×3230×3830	12 432	7698	2612	2702
БОК20-2,6	4750×3230×3330	8930	4142	2600	2600
БОР20-3,14	4370×3900×3990	15 290	6400	3140	2080
БОУ40	6660×4300×3640 ÷	17 880	9615	3000	4400
	÷ 7350×4585×3942	21 415	11 715		
БТР30-3,14	5310×4650×4150	22 484	8542	3140	3070
БТР45-3,14	7100×5770×4070	29 960	11 225	3140	4570
БКГ0,25-0,5	1000×1140×1604	775	70	500	105
БКГ3-1,75	2460×2470×2630	3038	928	1750	630
БГ610-2,6	3550×3700×3500	10 350	3110	2600	1315
БГУ50	9300×4500×4235	32 430	14 890	3002	5404
БГХ50	9300×4500×4235	32 815	14 655	3002	5404
БЛК40-3-1	7460×4586×3900	22 300	11 330	3000	4400
БЛК40-3-4	7460×4586×3900	22 300	11 330	3000	4400
БВК20-2,6	5300×4510×3834	16 192	4944	2600	2600
БВК60-3,4	8615×5382×4697	32 794	15 350	3400	5750
БСХОУ	2600×2960×2540 —	3460 —	977 —	1750 —	1000 —
	—6300×5615×3725	—17 423	—6483	—3400	3800
БСХОК	2185×2990×2225 —	2641 —	847 —	1750 —	630 —
	—6560×5200×3725	—19785	—7120	—3400	3800
БГВУ20-2,6	4925×4510×3190	13 798	5170	2600	3400
БГВУ40-3,4	6198×5382×4000	22 790	10 100	2600	3750
БГВК20-2,6	4925×4510×3720	15 686	26 852	2600	2600
БГВК40-3,4	6198×5382×4967	5150	10 250	3400	3750
БГВУ60-3,4	8255×5382×4084	29 973	19 640	3400	5750
БГВК60-3,4	8255×5382×4922	35 960	14 550	3400	5750
БЛУ5,6-1,8	4915×3537×2755	11 347	1413	1800	1000
		(без сепаратора)			
БКК1,5-1	2295×1600×1410	1302	529	1000	550
ББНК1-1	1795×1660×1450	1270	380	1000	450
ББНК3-1,75	1935×2410×2250	2390	850	1750	650
ББНК10-2,6	2705×3470×3200	5100	2484	2600	1300
ББНР45-3,14	7813×6080×4350	34 200	14 160	3140	4570
БГН25-2К	7400×4800×2885	9947	1800	2000	4000
ВУ10-2,5	4580×2930×3145	7078	4165	2700	1240
ВУ25-2,5	5630×3420×3160	11 528	7410	2700	3330
ВК25-2,5	5630×3420×3160	11 445	7375	2700	3330
ДУ9-1,8-2*	2890×2900×2200	4440	1380	—	—
ДУ18-1,8-2*	3700×2900×2200	5600	1660	—	—
ДУ27-1,8-2*	4450×2900×2200	6680	2020	—	—
ДУ34-2,5-2*	3600×3750×2840	8860	2450	—	—
ДУ51-2,5-2*	4400×3750×2840	10 510	2850	—	—
ДУ68-2,5-2*	5990×3750×2840	12 400	3340	—	—
ДУ100-2,5-2*	7665×3750×2840	17 570	4590	—	—

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры, мм	Масса, кг		Размеры наиболее тяжелого монтируемого узла (барабана), мм	
		фильтра с приводами	наиболее тяжелого узла (барабана)	диаметр	длина
ДШ68-2,59	5980×3700×4130	17 105	4900	—	—
Д68-2,5У-3	5980×3100×3200	15 390	4900	—	—
ДУ80-2,7/8	6000×3290×2950	13 400	3910	—	—
ДТ34-2,5	3310×3130×2790	4060	760	—	—
ДТ51-2,5	4200×3160×2790	4650	780	—	—
ДТ68-2,5	5550×3130×2790	5450	910	—	—
Л1,6-0,5-3,2-1**	5580×1970×1750	3600	700	—	—
Л2,5-0,5-4,8-1**	7200×1970×1750	4170	800	—	—
Л3,2-0,5-6,4-1**	8790×1970×1750	5060	1000	—	—
Л4-0,5-8-1**	11630×1970×2100	6470	1500	—	—
ЛУ10-1,25-8**	13360×4650×3500	20 760	20 360	—	—
ЛД010-1,25-8**	13360×4650×3500	6400	6400	—	—
К100-15К	19100×17700×4862	93 300	—	—	—
Т0,25-0,6К***	1075×775×1225	389	139	—	—
Т10-3,6/0,44***	5044×4566×2188	11 930	5843	—	—

Примечания: 1. Условные обозначения типоразмера фильтра: Б — барабанный; О — общего назначения; У, К, Р, П — исполнение деталей, соприкасающихся с обрабатываемым материалом соответственно из углеродистой, коррозионностойкой стали, с гуммировкой, из пластмассы; Ш — с шатровой крышей либо с кожухом; Т — для труднофильтрующихся суспензий; Г — герметизированный; В — для суспензий с волокнистой фазой; Л — для легкофильтрующихся суспензий с крупнокристаллической твердой фазой; Б — безъячейковый; Н — для работы с намывным слоем; Г — гравитационный; Д — дисковый; Ш — с кожухом; Л, К — соответственно ленточный, карусельный фильтры, если буквы стоят в начале обозначения; цифровое обозначение после буквенного: первое — поверхность фильтрования в м<sup>2</sup>, второе — диаметр барабана, м.

2. Наиболее тяжелыми монтируемыми узлами для фильтров, отмеченных знаками \*, \*\*, \*\*\*, являются соответственно корыто, рама, станна.

фильтры емкостью (табл. V.4): вакуум-фильтры и фильтры под давлением.

Барабанные вакуум-фильтры (рис. 74). Вакуум-фильтры с наружной фильтрующей поверхностью состоят из

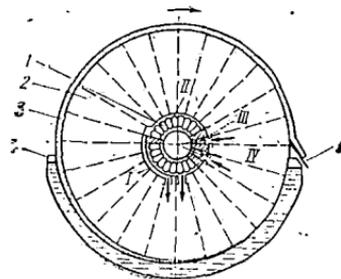


Рис. 74. Схема барабанного вакуум-фильтра

- 1 — распределительная головка;
- 2 — секция барабана; 3 — барабан;
- 4 — корыто; 5 — нож
- I—V — камеры распределительной головки

**Т а б л и ц а V.4. Монтажные характеристики фильтров периодического действия под давлением**

Обозначение типоразмера	Давление при фильтровании, МПа	Габаритные размеры, мм	Масса с приводами, кг	Примечание
ДлН6-0,7К	0,25	4270×1620×2300	3900	Корпус горизонтальный
ДлНж10-0,8К	0,3	1720×1100×1950	800	То же
ДлНж20-0,8К	0,3	2400×1100×1950	1180	»
1хДП2-0,3Р	0,3	1081×685×920	285	Передвижной
2хДП1,4-0,3Р	0,25	1482×644×1124	392	»
ДПН10-0,8К	0,4	1485×1690×2390	1480	Корпус вертикальный
ЛГв20У	0,4	5105×2115×2540	3870	Корпус горизонтальный
ЛГаж20К	0,5	4535×1700×2110	3795	То же
ЛГ50Р	0,3	2210×2650×2415	2225	С откидной крышкой
ЛВж 100Р	0,4	4000×3830×5300	9350	Корпус вертикальный
ЛВАж 125К	0,4	4040×3100×5400	9860	То же
ЛВАв 20К	0,3	1600×1685×2720	2960	»
ПА-2,5-37МК-К	До 0,3	750×750×1660	627	Корпус вертикальный со съемной крышкой
ПА 10-109МК-К	» 0,3	1140×1140×2060	267 1245	То же
ПЩ2,5-42К	0,3	750×850×1205	885	Корпус вертикальный
ПЩ3,6-77К	0,6	990×680×2075	431	То же
ПА80-241Т	0,3	4350×3900×5200	541 7205	»
ПАр80-248К	0,3	3600×4500×5100	5480 9130	С разгрузчиком
ПАр80-248Г	0,3	3600×3700×5100	7915 7460	То же
			5730	

Примечания: 1. Условные обозначения: дисковые фильтры: Д — дисковый; д — под давлением; Н — для работы с намынным слоем; Ж — для сбора осадка жидкостью; цифра после букв — поверхность фильтрования (м<sup>2</sup>); цифра после тире — диаметр диска (м); К — исполнение фильтра по материалу; дисково-пакетные: ДП — дисково-пакетные; Н — с намынным слоем; цифра после букв — поверхность фильтрования одного фильтра; цифра после тире — диаметр диска (м); Р, К — исполнение фильтра по материалу; листовые: Л — листовой; Г, В, А — соответственно горизонтальный; вертикальный, автоматизированный; в — с вибросъемом осадка; ж — с гидросъемом осадка; цифра после букв — поверхность фильтрования (м<sup>2</sup>); У, Р, К — исполнение фильтра по материалу; патронные: П — патронный; А, Щ — соответственно автоматизированный, щелевой; р — с разгрузчиком; цифра после букв — поверхность фильтрования (м<sup>2</sup>); цифра после тире — число патронов; МК — металлокерамика (материал патронов); К, У, Т — исполнение по материалу.

2. В числителе — масса фильтра с системой автоматикки, в знаменателе — без нее.

горизонтально расположенного вращающегося барабана, частично погруженного в корыто с разделяемой суспензией. Барабан цапфами опирается на подшипники, установленные на боковых стенках корыта. Боковые поверхности барабана выполнены в виде перфорированных сит, решеток, дренажных ковриков, покрытых фильтрующей тканью или сеткой. Внутреннее пространство барабана разделено на секции (от 16 до 32), каждая из которых имеет отводящий канал на торцевую поверхность цапфы барабана. К последней прижата неподвижная распределительная головка, камеры которой (I—IV) последовательно сообщаются при вращении барабана с его секция-

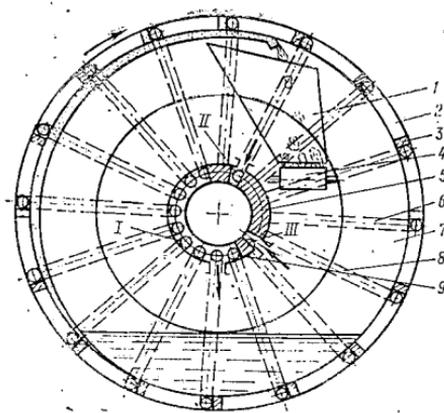


Рис. 75. Схема вакуум-фильтра с внутренней фильтрующей поверхностью

1 — бункер; 2 — дренажное основание; 3 — ребра; 4 — ленточный транспортер; 5 — распределительная головка; 6 — радиальная труба; 7 — барабан; 8 — кольцевой борт; 9 — канал; I — III — камеры распределительной головки

Рис. 76. Схема дискового вакуум-фильтра

1 — распределительная головка; 2 — корыто; 3 — диск; 4 — сектор диска; 5 — вращающийся вал; 6 — нож; I—IV — камеры распределительной головки

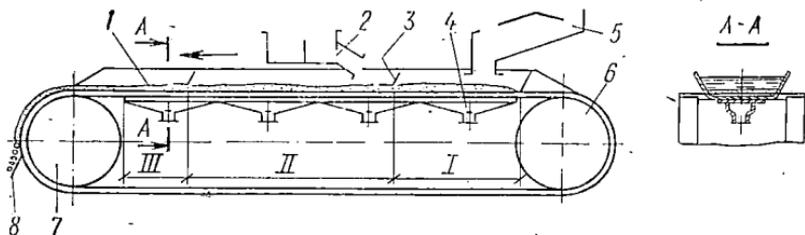
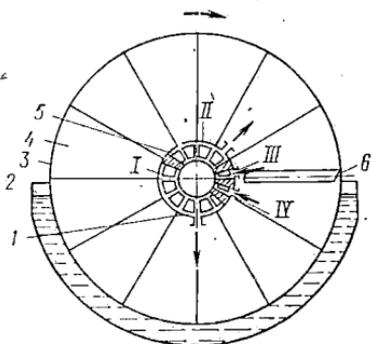


Рис. 77. Схема ленточного вакуум-фильтра

1 — резиноканевая лента; 2 — лоток для суспензии; 3 — перегородка; 4 — вакуум-камера; 5 — лоток для промывной жидкости; 6, 7 — натяжной и приводной барабаны; 8 — нож; I—III — зоны фильтрации

ми. Осадок снимается с фильтрующей ткани ножом или другим устройством. Камеры I и II сообщаются с вакуумной линией, в камеру III поступает сжатый воздух, в камеру IV — также сжатый воздух или пар.

Вакуум-фильтры с внутренней фильтрующей поверхностью (рис. 75) состоят из горизонтального вращающегося на роликах барабана, с одной стороны которого глухая плоская стенка, а с другой — стенка с большим отверстием, образующим кольцевой борт. Внутри барабана приварены ребра, образующие секции, в которые уложены дренарующие основания, покрытые фильтрующей тканью. На торцевой стенке барабана снаружи расположены радиальные трубы, которыми секции сообщаются с каналами цапфы и камерами распределительной головки. Осадок из бункера удаляют ленточным конвейером. Из камеры I происходит отсос фильтра, в камеры II и III подается сжатый воздух.

Мешалки в барабанных вакуум-фильтрах, как правило, качающиеся.

Дисковые вакуум-фильтры (рис. 76) состоят из горизонтального вращающегося вала с установленными на нем дисками, частично погруженными в корыто с суспензией. Каждый диск состоит из 12 полых секторов с перфорированными стенками, обтянутыми фильтрующей тканью. Вал полый двухстенный. Между стенками расположены 12 каналов-секций, сообщающихся с соответствующим сектором. Каналы выходят на торцевую поверхность вала, к которой прижата распределительная головка. При вращении вала секторы последовательно сообщаются с камерами I—IV распределительной головки. Осадок снимается ножом. Камеры I и II сообщаются с вакуумом, в камеры III и IV подается сжатый воздух. В корыте установлена качающаяся мешалка.

Ленточные вакуум-фильтры (рис. 77) состоят из бесконечной резиноканевой ленты, натянутой на приводном и натяжном барабанах. Верхняя ветвь ленты при движении скользит по горизонтальному столу, по середине которого проходит вакуум-камера, разделенная на отсеки. Нижняя ветвь провисает или опирается на ролики. При переходе с натяжного барабана на плоскость стола, боковыми направляющими последнего лента формируется и принимает вид желоба. Поверхность ленты рифленая покрыта фильтрующей тканью и сообщается с вакуум-камерой. Суспензия и промывная жидкость подаются на ленту по лоткам. Осадок отделяется ножом. Зоны фильтрации I, промывки II и просушки III разграничены на ленте перегородками. Вакуум-камера состоит из нескольких частей (по длине). В каждой камере есть отводящие штуцера и передвижные перегородки. При монтаже и демонтаже барабаны перемещают по направляющим. В комплект фильтра входит площадка обслуживания, поддон.

Карусельные вакуум-фильтры (рис. 78) включают горизонтальную вращающуюся раму, опирающуюся на ролики. На раме установлены 24 опрокидывающихся фильтровальных ковша. Вакуумная полость ковша соединена гибкими шлангами с распределительной головкой, находящейся в центре фильтра. Над каруселью расположены лотки, по которым суспензия и промывная жидкость подаются в ковши. При вращении рамы каждый ковш последовательно проходит зоны заливки суспензии, фильтрации, промывки, просушки, сброса осадка (в приемный бункер), промывки и просушки фильтрующей ткани. Фиксация ковшей в горизонтальном поло-

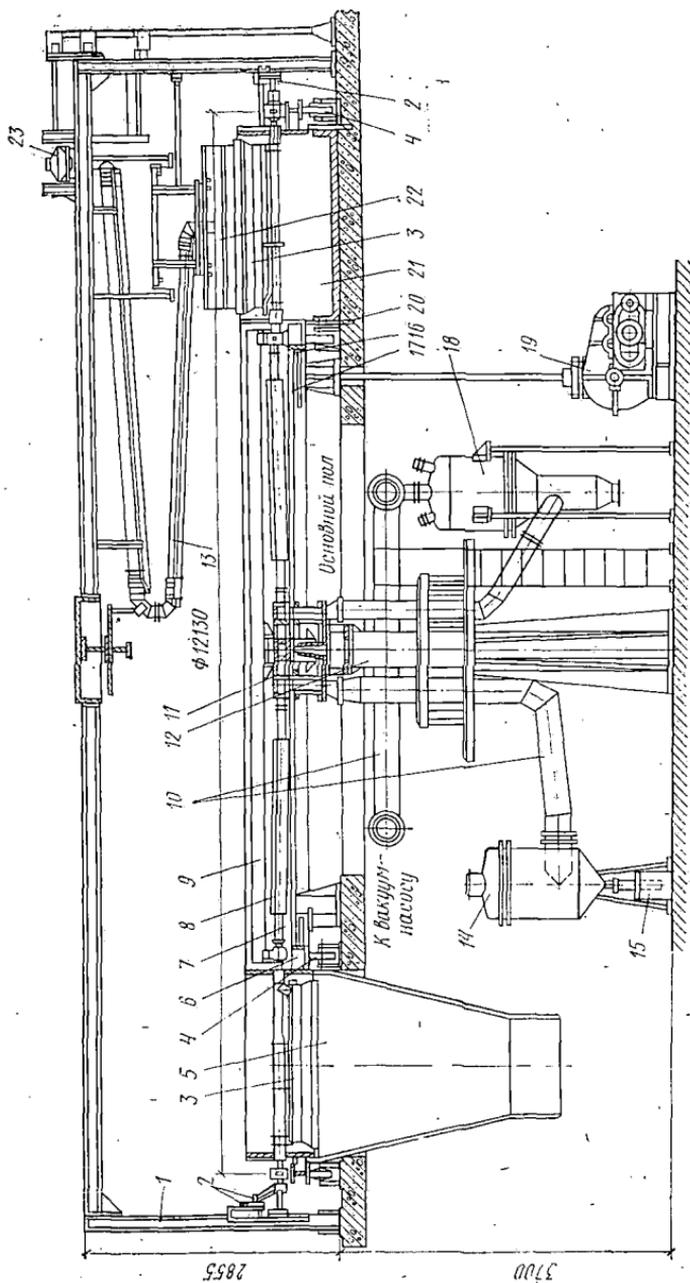


Рис. 78. Схема карусельного вакуум-фильтра

1 — неподвижная рама; 2 — рельсовые пути ковша; 3 — ковш; 4 — опорный ролик; 5 — бункер; 6 — подвижная опора; 7 — распределительный ролик; 8 — рукав; 9 — рычаг подвижной рамы; 10 — коммуникация; 11 — распределительная головка; 12 — опора головки; 13 — труба; 14 — ресивер; 15 — бачок; 16 — венцовая шестерня; 17 — ведущая шестерня; 18 — ресивер; 19 — привод; 20 — секторы желоба; 21 — желоб под ковшами; 22 — лоток; 23 — лоток; I, II, III и т. д. — колонны рамы

Жеиин и их опрокидывание осуществляется установленными на оси каждого ковша рычагами с двумя роликами, которые перемещаются по неподвижному рельсовому пути.

Тарельчатые вакуум-фильтры (рис. 79) состоят из вращающегося горизонтального круглого ячейкового стола или тарелки, на верхней плоскости которой уложены перфорированные решетки, покрытые фильтрующей тканью, сеткой или целевыми ситами. Поверхность фильтрования ограничена наружным и внутренним бортами. Внутренний борт вращается вместе с тарелкой, а наружный неподвижно закреплен на раме фильтра и через уплотнение прижат к наружному краю тарелки. Каналы ячеек выходят на нижнюю торцевую поверхность тарелки, к которой прижата неподвижная распределительная головка. Камеры головки соединены с линиями вакуума, сжатого воздуха или пара. Промывная жидкость подается через форсунки или лотки. Осадок снимается ножом или шнеком.

Фильтровальные установки с барабанным вакуум-фильтром размещают на одном или на двух этажах (рис. 80).

В установках, имеющих фильтры с внутренней фильтрующей поверхностью или дисковые вакуум-фильтры, в отличие от вышеуказанных установок, отсутствуют бак для суспензии вспомогательного фильтрующего вещества и ресивер для промывного фильтра.

Схемы установок ленточного, карусельного и тарельчатого вакуум-фильтров отличаются наличием линии фильтрата, на который устанавливают соответствующее число ресиверов для обеспечения противоточной многократной промывки осадка.

Фильтры периодического действия под давлением. Дисковые фильтры с вертикальными дисками (рис. 81) состоят из горизонтального корпуса, внутри которого проходит полый вал с закрепленными на нем фильтрующими дисками. Диск состоит из наружного обода, внутренней втулки и прикрепленных к ним с двух сторон перфорированных листов, к которым закреплена фильтрующая ткань или сетка. Полости дисков сообщаются с полостью вала через отверстия во внутренней втулке. При выгрузке осадка корпус перемещается по двум рельсам на катках с помощью цепи, приводимой в движение электродвигателем. Крышка неподвижно закреплена на раме фильтра либо откидывается. Осадок удаляется скребком, расположенным в нижней части корпуса.

Дисково-пакетные фильтры (рис. 83) состоят из вертикального корпуса, внутри которого расположено съемный блок или пакет из фильтрующих дисков. Последние — цельные или разборные и состоят из наружного обода, внутренней втулки и конического днища. Сверху на внутренней втулке и наружном обode расположено съемное перфорированное сито, на которое наложена фильтровальная ткань. В корпусе пакет дисков закреплен центральным болтом, расположенным в канале, по которому отводится фильтрат.

Листовые фильтры (рис. 83) состоят из горизонтального или вертикального корпуса, содержащего набор вертикальных фильтровальных полых листов (рамок, плит), обтянутых фильтрующей тканью или сеткой, и крышки, соединенной с корпусом байонетным затвором или фланцами. Корпус в некоторых фильтрах этого типа перемещается на катках по рельсам. В листах имеются штуцера, соединяющие их полость с коллекторной трубой отвода фильтрата. Труба прикреплена к крышке и роликами опирается на опор-

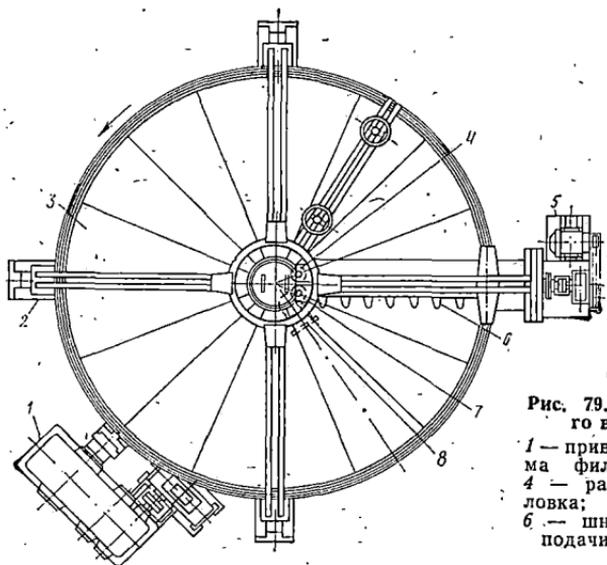


Рис. 79. Схема тарельчатого вакуум-фильтра

1 — привод тарелки; 2 — рама фильтра; 3 — тарелка; 4 — распределительная головка; 5 — привод шнека; 6 — шнек; 7, 8 — штуцера подачи сжатого воздуха

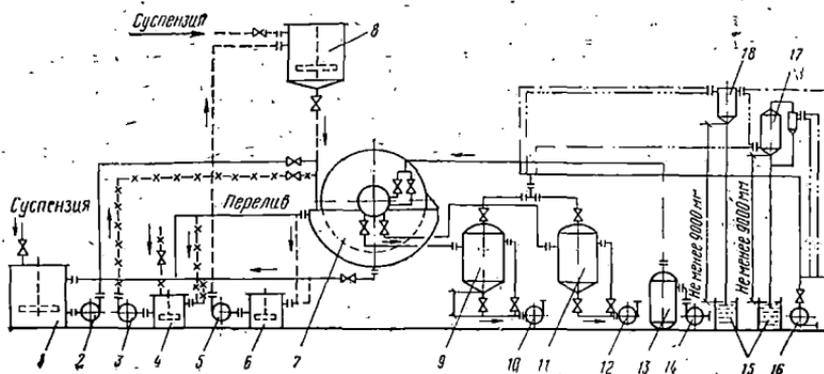


Рис. 80. Типовая схема установки барабанного вакуум-фильтра на одном этаже (с разделным отводом основного и промывного фильтратов)

1, 8 — баки с мешалкой для суспензий; 2, 3 — насосы подачи суспензии; 4 — бак с мешалкой для суспензии вспомогательного фильтрующего вещества; 5 — насос для рециркуляции; 6 — бак с мешалкой для перелива суспензии; 7 — вакуум-фильтр; 9 — ресивер для фильтрата; 10 — насос для откачки фильтрата; 11 — ресивер промывного фильтрата; 12 — насос; 13 — водоотделитель; 14 — воздухоудувка; 15 — барометрические ящики; 16 — вакуум-насос; 17 — конденсатор; 18 — ловушка

ные балки, расположенные на внутренних стенках корпуса. В вертикальных фильтрах осадок выводится из корпуса через донный клапан с пневмоприводом.

Патронные фильтры состоят из вертикального цилиндрического корпуса с крышкой, решетки и закрепленных в ней полых

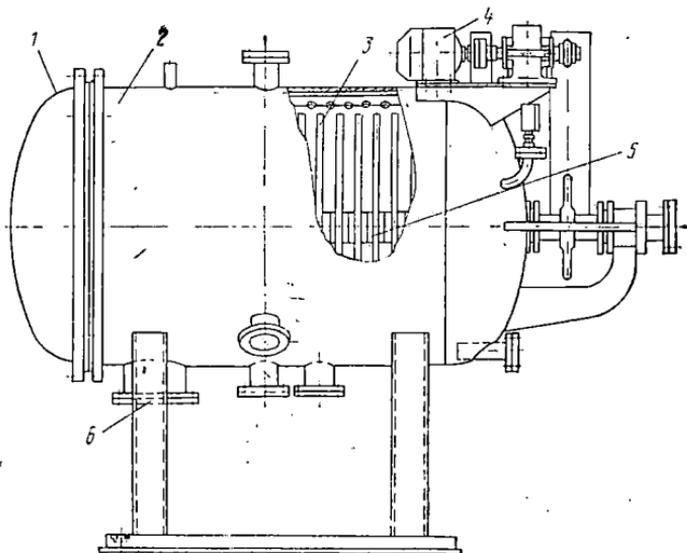


Рис. 81. Схема устройства  
фильтра дискового с верти-  
кальными дисками ДДНж20-  
0,8К

1 — крышка; 2 — корпус;  
3 — диск; 4 — электродви-  
гатель привода вала; 5 —  
вал; 6 — рама

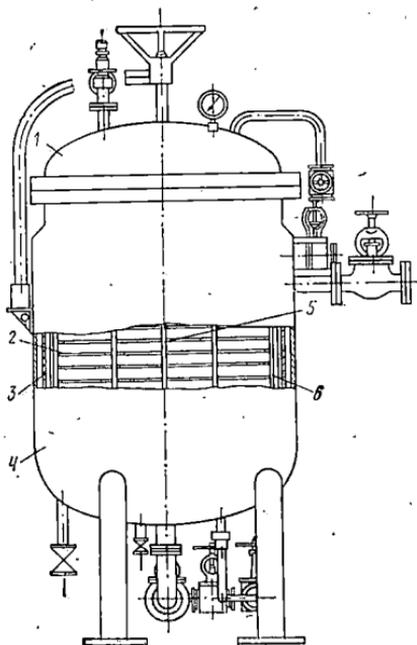


Рис. 82. Схема устройства  
дисково-пакетного фильтра  
ДПН10-0,8К

1 — крышка; 2 — пакет дис-  
ков; 3 — рубашка парового  
обогрева; 4 — корпус; 5 —  
центральный болт; 6 —  
шпилька

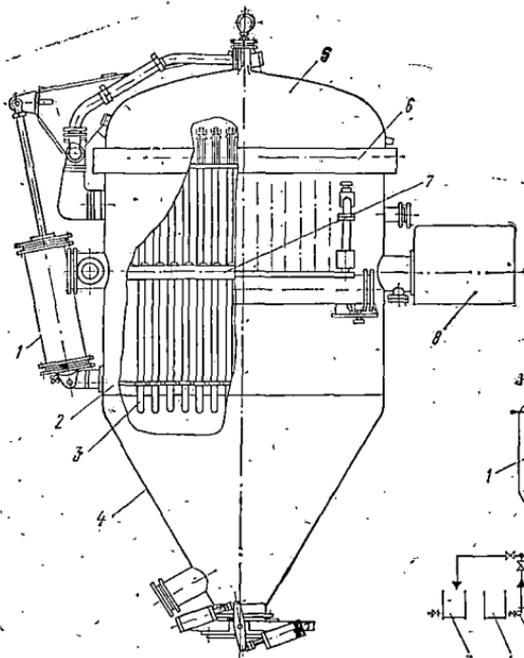


Рис. 83. Схема устройства листового вертикального фильтра ЛВЖ100Р

1 — пневмоцилиндр; 2 — корпус; 3 — фильтровальный лист; 4 — днище; 5 — крышка; 6 — кольцо байонетного затвора; 7 — труба гидросмыва; 8 — электродвигатель вращения трубы гидросмыва

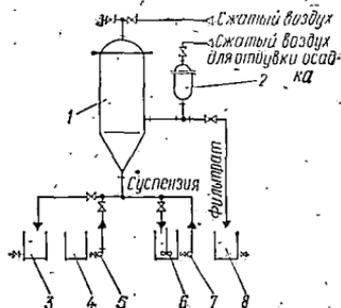


Рис. 84. Типовая схема установки патронного керамического фильтра

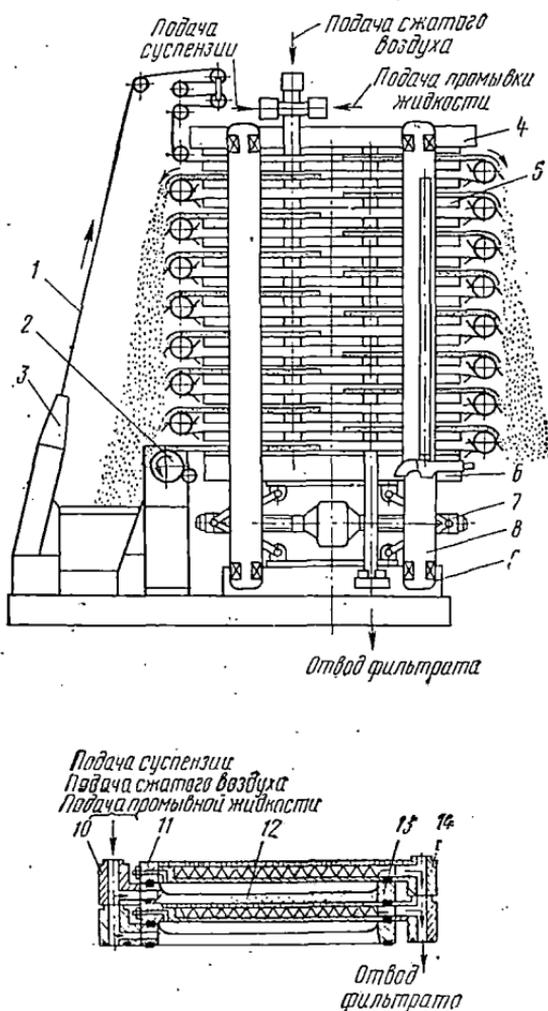
1 — фильтр; 2 — ресивер; 3 — сборник осадка; 4 — емкость для промывной жидкости; 5 — насос подачи промывной жидкости; 6 — емкость для суспензии; 7 — насос для подачи суспензии; 8 — сборник фильтрата

фильтровальных патронов. Фильтры изготавливают с патронами: металлическими — из полой перфорированной металлической трубы или пружинного каркаса, экипированных тканью; щелевыми — набранными из тонких пластин или с проволоочной навивкой поверхности полого перфорированного цилиндра; керамическими — из полых цилиндров с пористой стенкой из металлокерамики или шамотно-бетонитовой керамики. Корпус фильтра, как правило, вертикальный цилиндрический с коническим днищем, крышка съемная эллиптическая. Патроны устанавливаются в опорной решетке, расположенной между корпусом и крышкой. Уплотнение решетки с корпусом и крышкой типа «шип-паз» либо за счет прокладок. Крышка соединена с корпусом фланцами или байонетным затвором. Подъем, опускание крышки, поворот кольца байонетного затвора, как правило, осуществляются пневмоцилиндром. Сброс осадка с патрубков производится пневмогидравлическим ударом, а выгрузка осадка из фильтра — периодически через коническое днище при помощи вибратора и сжатого воздуха.

Перечисленные выше конструкции фильтров устанавливают в

основном на междуэтажных перекрытиях. Одновременно с фильтром монтируют вспомогательное оборудование. Например, установка патронного керамического фильтра (рис. 84) занимает по высоте два этажа, причем сам фильтр устанавливают на междуэтажном перекрытии или на специальной подставке с площадкой обслуживания.

**Фильтр-прессы.** Автоматические камерные фильтр-прессы (рис. 85) состоят из набора горизонтально расположенных



**Рис. 85. Схема устройства фильтр-пресса ФПАК**

1 — фильтрующая ткань; 2 — механизм передвижения ткани; 3 — камера; 4 — верхняя упорная плита; 5 — фильтрующая плита; 6 — нажимная плита; 7 — механизм зажима; 8 — стяжка; 9 — нижняя опорная плита; 10 — коллектор подачи; 11 — верхняя часть фильтра; 12 — диафрагма; 13 — нижняя часть фильтра; 14 — коллектор отвода фильтрата

одна над другой фильтрующих плит, находящихся между верхней упорной и нижней опорной плитами. Плиты связаны стяжками. В зазорах между фильтрующими плитами протянута лента фильтровальной ткани, приводимая в движение механизмом передвижения ткани. На опорной плите установлен механизм зажима, который нажимной плитой поднимает фильтрующие плиты и зажимает их. Уплотнение между плитами — резиновые прокладки. Фильтрующая плита состоит из верхней части с дренажным устройством для отвода фильтрата и нижней части, которая при сжатии плит образует камеру для суспензии. Между верхней и нижней частью установлена резиновая диафрагма. Обе части плиты имеют боковые патрубки, оканчивающиеся бобышками, которые при сжатии образуют коллекторы подачи и отвода.

Рамные фильтр-прессы состоят из наборов вертикально расположенных чередующихся плит и рам, свободно опирающихся на горизонтальные опорные балки, закрепленные в опорной плите и стойке. Они зажимаются через подвижную нажимную плиту зажимным устройством. Плиты и рамы фильтр-прессов с закрытым отводом фильтрата имеют два сквозных отверстия на привалочной поверхности или в специальных приливах. В зажатом состоянии эти отверстия образуют каналы для подачи суспензии и отвода фильтрата. Плиты и рамы фильтр-прессов с открытым отводом фильтрата имеют одно сквозное отверстие на привалочной поверхности, которое образует канал подачи суспензии. Фильтрат отводится от каждой плиты через боковые отверстия. Фильтрующая ткань служит уплотнением и закрепляется на каждой плите. Суспензию в рамное пространство подают через боковые отверстия.

Осадок счищают лопатками с каждой фильтрующей плиты, перемещая их после отвода нажимной плиты. Рамные фильтр-прессы могут быть с ручным, электромеханическим или гидравлическим зажимом плит.

Установка с фильтр-прессами занимает два этажа (рис. 86).

Емкостные фильтры (рис. 87, табл. V.5) представляют собой открытые или закрытые цилиндрические сосуды с ложным дном, являющимся основанием для фильтровальной перегородки. Днище — сферическое или эллиптическое (съёмное). Крышка съёмная. На крышке установлен привод механизма выгрузки осадка, который состоит из рамы со съёмными скребками, закрепленной на валу привода.

Поставка фильтров. Большая часть барабанных вакуум-фильтров с внутренней фильтрующей поверхностью поставляется в собранном

Т а б л и ц а V.5. Монтажные характеристики емкостных фильтров (нутч-фильтров и друк-фильтров)

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры, мм	Масса с приводами, кг
EGp1-800/300У	2826×1440×2950	1270
EGp1-800/300К		1340
EGp1,5-2000К	1795×1795×3620	2030
EdГp1,5-2500Т	2520×2520×4210	2560

Примечание. Условные обозначения: Е — емкостный; д — под давлением; Г — герметизированный; р — с разгрузчиком; цифра после букв — поверхность фильтрования (м<sup>2</sup>); цифра после тире в числителе — объем приемника суспензии (л), в знаменателе — объем приемника фильтрата (м<sup>3</sup>); У, К, Т — исполнение фильтра по материалу.

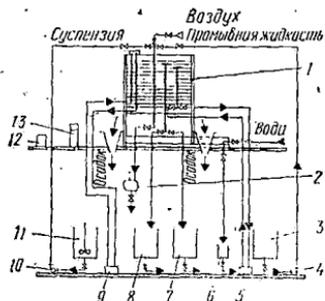


Рис. 86. Типовая схема установки фильтр-пресса ФПАКМ

1 — фильтр-пресс; 2 — сборник; 3 — емкость для промывной жидкости; 4 — насос; 5 — водонасосная станция; 6, 7, 8 — сборники; 9 — маслонасосная станция; 10 — насос; 11 — емкость; 12 — станция управления; 13 — пульт управления

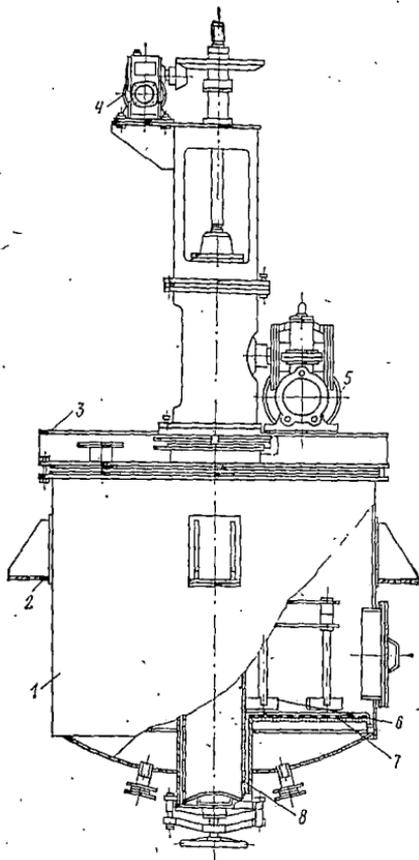


Рис. 87. Схема устройства емкостного вакуум-фильтра ЕГр1,5-2000К

1 — корпус; 2 — опорный элемент; 3 — крышка; 4 — привод скребков; 5 — привод вала механизма выгрузки осадка; 6 — скребок; 7 — решетка с сеткой и фильтровальной тканью; 8 — стакан

виде по ОСТ 26-01-1269-75 «Вакуум-фильтры вращающиеся. Общие технические требования» и ОСТ 26-01-1270-75 «Фильтры периодического действия под давлением. Общие технические требования». Исключение составляют некоторые крупногабаритные фильтры — БОУ, БОР, БВК, БСХОК и БСХОУ. Не в сборе поставляют также фильтры с наружной фильтрующей поверхностью — БГВУ и БГВК, ББНР, БГН. Укрупненными блоками поставляются некоторые вакуум-фильтры дисковые (ДУ и ДТ), ленточные (ЛУ и ЛДО) и карусельные. Фильтры периодического действия под давлением почти все (за исключением фильтров ЛВЖ, ЛВАЖ, ПА, ПАР и ПКФ) поставляются в собранном виде. Также в собранном виде поставляются почти все фильтр-прессы автоматические камерные и рамные, а также емкостные фильтры. Аппараты, поставляемые в собранном виде, монтируют бесподкладочным методом. Аппараты, поступающие укрупненными сборочными единицами (блоками), собирают и монтируют в соответствии с заводскими инструкциями на монтаж. Из блочно поставляемых аппаратов наиболее сложны в монтаже барабанные и карусельные вакуум-фильтры.

**Монтаж фильтров.** Монтаж барабанного вакуум-

фильтра начинают с опорной рамы с подшипниковыми стойками, которую устанавливают на подготовленные фундаменты и выверяют по осям и на горизонтальность. Выверку осуществляют по уровню.

Основной узел фильтра — барабан — укладывают цапфами на установленные и выверенные подшипники на стойках рамы. Проверяют на краску правильность пришабровки нижних вкладышей подшипников к шейкам вала. Закрывают крышками и проверяют проволочками и щупами зазоры между шейками вала и верхними вкладышами подшипников, а также зазоры между галтелями шейки цапфы и торцом фиксирующего подшипника (разбег вала). Величина зазоров должна составлять соответственно 0,5—0,7 и 0,1—0,2 мм. Зазор между галтелью шейки цапфы и торцом свободного подшипника должен составлять 3—4 мм (для обеспечения теплового удлинения барабана). Проверяют плотность прилегания трущихся поверхностей сменных шайб торца цапфы и распределительной головки. Прилегание должно быть равномерным и составлять не менее 70% площади.

Затем проверяют стаканы пружинящих прижимов на легкость вращения (но без качания). При необходимости стаканы пришабровывают по гнезду. Устанавливают распределительные головки. После этого монтируют редуктор-вариатор. Здесь особое внимание необходимо обращать на выверку редуктора-вариатора и правильность зацепления его зубчатого колеса с зубчатым колесом барабана.

Затем собирают мешалку; устанавливают вал с эксцентриками, редуктор и электродвигатели привода мешалки и привода вакуум-фильтра. Сборку фильтра заканчивают установкой механизмов съема осадка, его промывки, масленок и тавотниц.

После окончания монтажа вскрывают крышки и подшипники редуктора-вариатора и редуктора мешалки; промывают корпуса и детали, заливают ванны редуктора и заполняют масленки маслом. Отсоединяют барабан от редуктора-вариатора, проворачивают его вручную на несколько оборотов и проверяют зазоры между ножом и барабаном, а также плавность хода и отсутствие заеданий в распределительной головке. Вручную же проворачивают вал мешалки, контролируя зазор между лопастями и барабаном. Проверяют направление вращения электродвигателей и соединяют все механизмы. Включают электродвигатели и проверяют работу барабана и мешалки в течение 1 ч на всех скоростях, после чего испытывают аппарат (6 ч).

При испытании проверяют правильность сборки и работы всех механизмов, биение барабанов, неплоскостность дисков, потребляемую мощность. После обкатки проверяют состояние поверхностей валов и подшипников, контактных поверхностей распределительных и ячеек передаточных, зубчатых передач. Испытания на плотность стенок и мест соединения деталей проводят, наливая воду и выдерживая барабаны и корыта в течение 10 мин; выдерживая воду под давлением 0,2 МПа в течение 5 мин для коллекторных труб, отводящих фильтрат, и ячеек вала; наливая воду в камеры распределительных головок; смачивая керосином сварные швы в местах приварки трубок к стенкам барабана и фланцев к коллекторам. Допускается испытывать на плотность сварные швы коллекторов внутренних коммуникаций в местах сварки трубок в стенку барабана и в коллекторные фланцы пневматическим давлением 0,3 МПа. Допускается проверять сварные швы корыта, смачивая их керосином. Трубопроводы для подачи масла под давлением испытывают гидравлическим давлением, равным 1,5 рабочего, на месте установки фильтра.

Монтаж карусельного вакуум-фильтра начинают с установки опоры распределительной головки на предварительно выверенные клиновые домкраты. После этого на опору монтируют распределительную головку. С помощью контрольной линейки и уровня проверяют в двух взаимноперпендикулярных направлениях горизонтальность головки (рис. 88). Допустимый уклон — 0,2 мм на 1 м. Положение головки регулируют домкратами. После выверки производят подливку опоры. Собирают и прихватывают электросваркой наружный и внутренний секторы желоба. Рулеткой проверяют положение секторов (рис. 89). Допустимое отклонение по радиусу — 25 мм.

Высотные отметки секторов проверяют нивелиром (допуск 10 мм). После выверки секторы заливают цементным раствором, а после его твердения желоб облицовывают свинцом. Свинцовые листы укладывают внахлестку (величина нахлестки 35—40 мм). Кромки нижнего листа с наружной стороны очищают шабером, а верхнего — отгибают на 5—7 мм и зачищают шабером с двух сторон. Затем паяют нижнюю и верхнюю кромку (высота шва должна быть 5—6 мм). Устанавливают бункера для осадка и воды, базовый опорный ролик (рис. 90) и выверяют его по высоте (нивелиром) на ориентацию к центру вращения (струной и отвесом), на горизонтальность (брусовым уровнем).

Высотная отметка ролика должна быть ниже отметки распределительной головки на 140—155 мм, опущенные отвесы должны пройти через центр оси, отклонение по уровню не должно превышать 1 мм на 1 м. Остальные ролики устанавливают и выверяют по высотным отметкам гидростатическим уровнем по базовому ролику; на горизонтальность и ориентацию к центру вращения — как указывалось выше. Высотные отметки роликов не должны отличаться от высотной отметки базового ролика более чем на 1 мм, а их эксцентриситет должен быть в нижнем положении. После выверки производят подливку роликов.

Затем собирают подвижную раму. Укладывают на опорные ролики внутренние секторы подвижной рамы с закрепленным зубчатым венцом. При этом рулеткой контролируют положение секторов по отношению к центру карусели. Соединяют планками секторы между собой. Устанавливают и выверяют распорные ролики. Допустимый уклон по горизонтали не более 0,5 мм на 1 м. Выверяют распорные ролики по высоте (рис. 91), производят их подливку и после закрепления устанавливают опоры ведущей шестерни и проверяют зацепление зубьев. При этом зазоры должны быть 5 мм  $\pm$  0,05 мм. Устанавливается полумуфта на вал привода и производится подливка фундаментных болтов опоры.

После этого проверяют зацепление ведущей шестерни с зубчатым венцом, поворачивая вручную внутренние секторы подвижной рамы на один оборот. Пятна краски должны составлять на зубчатом венце по длине зуба не менее 50%, по высоте — не менее 60%. Одновременно с подгонкой ведущей шестерни регулируют прилегание к подвижной раме распорных роликов за счет эксцентриситета осей.

На корпус распределительной головки устанавливают розетку, предварительно смазав их трущиеся поверхности техническим вазелином с добавкой графита. После монтажа розетки начинают монтировать привод.

Регулировочными винтами выверяют зазоры между полумуфтами, а перемещая привод в горизонтальной плоскости добиваются свободного прохождения пальцев в полумуфты. Соединяют полумуф-

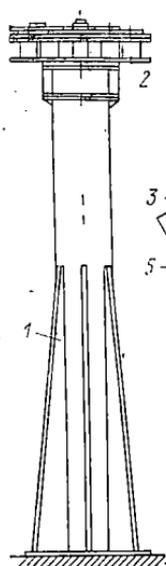


Рис. 88. Схема выверки распределительной головки  
1 — опора; 2 — распределительная головка; 3 — запись показаний уровня; 4 — контрольная линейка; 5 — уровень

Рис. 89. Проверка установки секторов  
1 — внутренний сектор; 2 — цементный раствор; 3 — наружный сектор

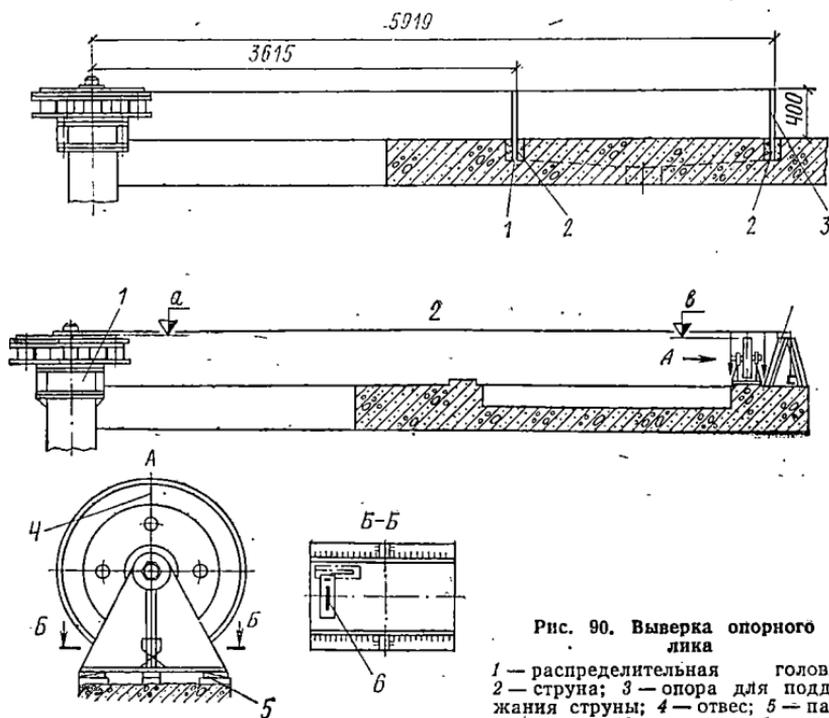


Рис. 90. Выверка опорного ро-  
лика  
1 — распределительная головка; 2 — струна; 3 — опора для подде-  
ржания струны; 4 — отвес; 5 — пакет  
подкладок; 6 — уровень брусковый

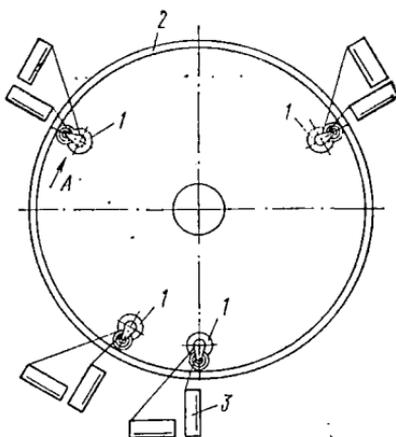


Рис. 91. Установка распорного ролика

1 — распорный ролик; 2 — внутренний сектор подвижной рамы; 3 — запись показаний уровня; 4 — внутренние секторы подвижной рамы

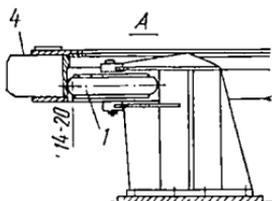
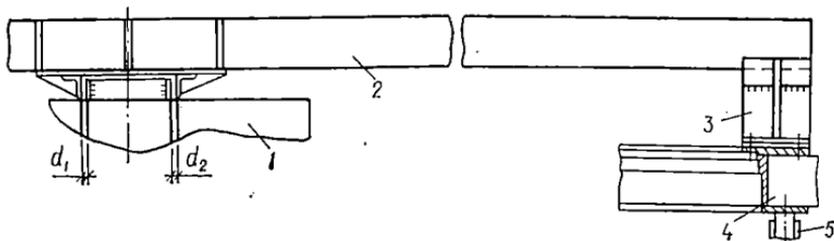


Рис. 92. Установка рычага

1 — розетка распределительной головки; 2 — рычаг; 3 — стойка рычага; 4 — подвижная рама; 5 — опорный ролик



ты между собой. Укладывают на опорные ролики наружные секторы подвижной рамы. После контроля их положения соединяют балками наружные и внутренние секторы соединительными балками. К внутренним секторам прикрепляют стойки рычага и укладывают рычаг так, чтобы зазоры  $d_1$  и  $d_2$  между ребрами розетки и упорами рычага были одинаковы (рис. 92). Обкатывают привод. Испытывают подвижную раму на малых оборотах 20—30 мин, после чего обкатывают раму на максимальных оборотах в течение 1 ч.

Затем собирают неподвижную раму, монтируют лестницы, трубопроводы и вспомогательное оборудование. Закрепляют рельсы, собирают пути для лотков, устанавливают лотки, зонт. Неподвижную раму приподнимают регулировочными винтами с тем, чтобы при установке ковшей можно было завести их ролики под рельсовые пути. Устанавливают и закрепляют ковши так, чтобы их ролики совпали с центром рельсовых путей. Проверяют работу ковшей, прокручивая

подвижную раму на малых оборотах. Ось ролика не должна отклоняться от оси рельса более чем на 10 мм. Проверяют ограждение подвижной рамы, чтобы оно не задевало за желоб под ковшами и стенки бункеров. Подливают колонны неподвижной рамы, сваривают рельсовые пути, устанавливают гибкие рукава, отводящие жидкость от ковшей к распределительной головке. Испытывают вакуум-фильтр вхолостую на минимальных оборотах в течение 8 ч. После осмотра и устранения неисправностей фильтр испытывают при максимальных оборотах в течение 40 ч.

Монтаж фильтр-прессов. Фильтр-прессы монтируют в следующей последовательности: устанавливают, выверяют и подливают рамы; устанавливают на раму переднюю и заднюю стойки; соединяют их опорными балками (станинами); устанавливают на балки уровни и проверяют горизонтальность пресса (в средней части станины); выверяют и регулируют стойки в поперечном положении уровнями, укладываемыми на контрольные линейки; проводят контрольную проверку станины; устанавливают раму задней упорной плиты, плиту, раму, еще плиту; устанавливают нажимную плиту; проверяют непараллельность привалочных поверхностей рам и плит (допуск 0,25 мм); проверяют соосность отверстий для подвода и отвода суспензии в рамах и плитах (допуск 1,5 мм); укладывают между рамами и плитами фильтрующую ткань; монтируют обвязочные трубопроводы; испытывают станину на прочность, создавая зажимным устройством усилие, равное 1,25 рабочего (пластинка щупа толщиной 0,25 мм не должна проходить между зажатыми рамами); испытывают фильтр, прокачивая через него воду и проверяя действие зажимного устройства, поступление жидкости ко всем рамам и плитам, отсутствие течи в стыках рам и плит. По окончании монтажа фильтр-пресс сдают в эксплуатацию.

### Глава 3. АППАРАТЫ С ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

Аппараты с перемешивающими устройствами применяют для перемешивания жидких неоднородных сред в соответствии с ОСТ 26-01-1244-75 «Аппараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные стальные. Общие технические условия» (рис. 93, табл. V.6).

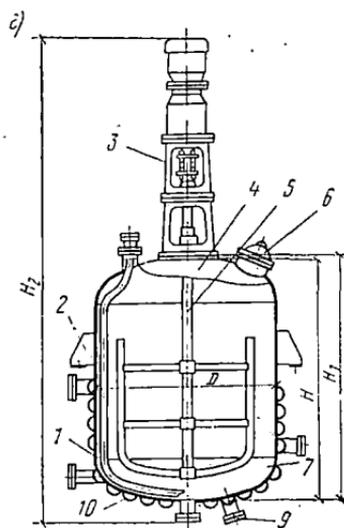
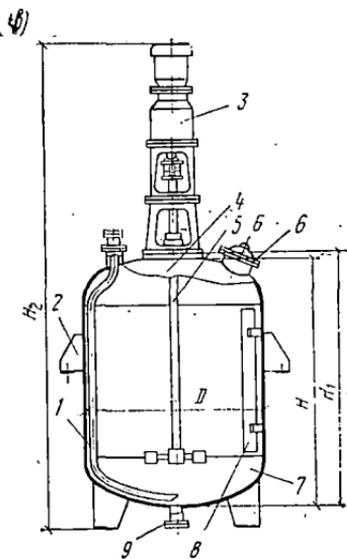
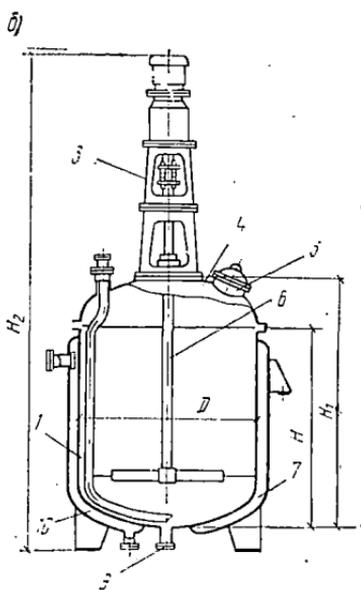
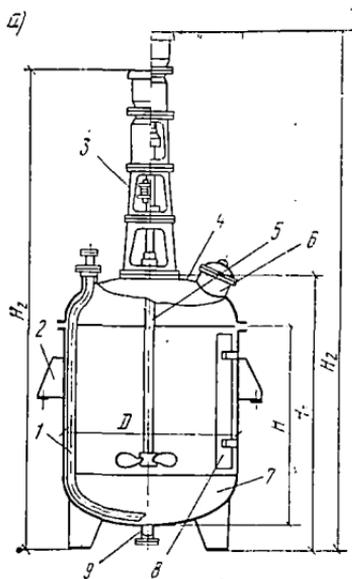
Промышленность выпускает следующие типы аппаратов с мешалкой:

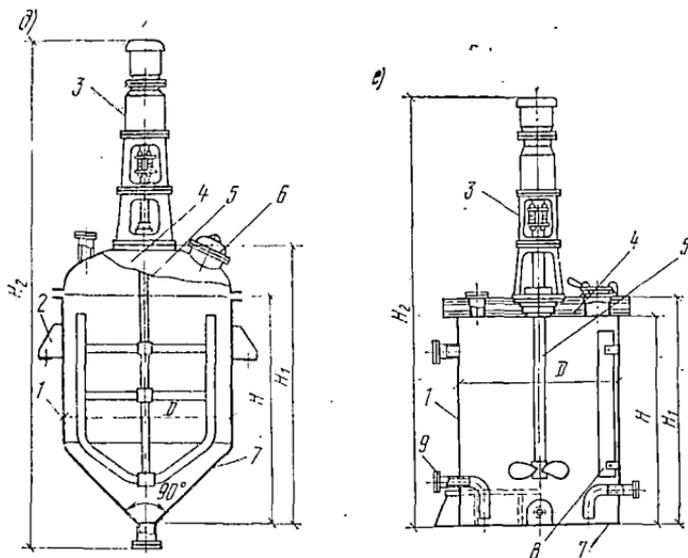
с эллиптическим днищем и крышкой, разъемные и цельносварные, с отражательными перегородками и без них, без рубашки, с рубашкой гладкой, приварной и из полутруб;

с коническим днищем и эллиптической крышкой, разъемные и цельносварные, с отражательными перегородками и без них, без рубашки и с рубашкой гладкой приварной;

с плоским днищем и крышкой, разъемные и цельносварные, с отражательными перегородками и без них, без рубашки и с рубашкой из полутруб;

с плоской крышкой и эллиптическим днищем, разъемные и неразъемные, без рубашки, с рубашкой гладкой приварной и из полутруб.





**Рис. 93. Аппараты с перемешивающими устройствами**

*a* — аппарат разъемный с эллиптическим дном и крышкой, с отражательной перегородкой, с мешалкой пропеллерного типа; *б* — аппарат разъемный с эллиптическим дном и крышкой, с рубашкой, с лопастной мешалкой; *в* — аппарат цельносварной с эллиптическим дном и крышкой с турбинной мешалкой; *г* — аппарат цельносварной с рубашкой из полутруб с рамной мешалкой; *д* — аппарат разъемный с коническим дном и эллиптической крышкой; *е* — цельносварной аппарат с плоским дном и крышкой; 1 — корпус; 2 — опора-лапа (опора-стойка); 3 — стойка под привод мешалки; 4 — крышка; 5 — вал мешалки; 6 — люк; 7 — днище; 8 — отражательная перегородка; 9 — штуцера; 10 — рубашка

В аппаратах с перемешивающими устройствами применяются мешалки: переносные, лопастные (трех- и шестилопастные), пропеллерные или винтовые, турбинные (открытые и закрытые), рамные или якорные, шнековые, ленточные.

Лопастные мешалки состоят из нескольких плоских лопастей прямоугольной формы, расположенных в плоскости оси вращения. Иногда эти мешалки называют листовыми. Мешалки пропеллерные или винтовые выполнены по типу гребного винта. Турбинные мешалки выполнены по типу рабочего колеса центробежного насоса упрощенной конструкции. Рамные мешалки состоят из нескольких вертикальных и горизонтальных лопастей, образующих плоскую раму с осью симметрии, совпадающей с осью вращения. Якорные мешалки имеют две лопасти, изогнутые по форме меридионального сечения сосуда.

Перемешивающих устройств и их приводов на аппарате может быть одно, два или несколько; устройства могут быть установлены на корпусе или крышке аппарата; привод может быть установлен под корпусом или над ним на отдельном фундаменте или другом основании.

Аналогично в различных конструктивных оформлениях выпускают горизонтальные аппараты с перемешивающими устройствами.

Т а б л и ц а V.6. Монтажные характеристики вертикальных аппаратов с перемешивающими устройствами

Тип	Конструкция	Номинальная вместимость, м <sup>3</sup>	Расчетное значение дав-ления, МПа	Скорость вращения вращающегося устройства, об/мин	Основные размеры, мм				Масса, кг
					D	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	
1	Разъемный с эллиптическим днищем и крышкой с пропеллерным перемешивающим устройством с отражательными перегородками и без них То же, с турбинным перемешивающим устройством То же, с лопастным перемешивающим устройством То же, с рамным перемешивающим устройством	1-6,3	0,3-1	250-125	1000-1800	1375-2590	1710-3290	3750-5550	700-3000
		1-6,3	0,3-1	250-160	1000-1800	1375-2590	1710-3290	3800-5850	720-3650
		1-6,3	0,3-1	63	1000-1800	1375-2590	1710-3290	3450-5700	700-3100
		1-6,3	0,3-1	63±50	1000-1800	1375-2590	1710-3290	3450-5700	720-310
2	Разъемный с рубашкой, эллиптическим днищем и крышкой с отражательными перегородками и без них, с пропеллерным перемешивающим устройством То же, с турбинным перемешивающим устройством То же, с лопастным перемешивающим устройством То же, с рамным перемешивающим устройством	1-6,3	До 1	250-125	1000-1800	1375-2590	1710-3300	3800-5550	110-5650
		1-6,3	» 1	200-125	1000-1800	1375-2590	1710-3300	3800-5900	1100-5600
		1-6,3	» 1	63	1000-1800	1375-2590	1710-3300	3500-5700	1100-5700
3	Цельносварной с эллиптическим днищем и крышкой с отражательными перегородками и без них с пропеллерным перемешивающим устройством	8-10	0,3-1	125	2000-2200	2880-2980	2980-3080	5150-5650	2100-4350
		12,5-16	0,3-0,6	125	2400-2600	3080-3480	3130-3530	5650-6900	4250-7100

То же, с турбинным пере- мешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-16 0,3-0,6 125-160	160	2000-2200 2400-2600	2880-2980 3080-3480	2930-3030 3130-3530	5150-6300 6550-6900	2100-4300 4300-7100
То же, с лопастным пере- мешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-50 0,3-0,6 31,5	31,5	2000-2200 2400-3000	2880-2980 3080-7580	2930-3030 3130-7630	5700-11420 5550-5800	2050-3650 2650-9650
То же, с рамным перемешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-50 0,3-0,6 20-31,5	20-31,5	2000-2200 2400-3000	2880-2980 3080-7580	2930-3030 3130-7630	6000-11700	2450-4230 3200-10290
4 Цельноварной с рубашкой, эллиптическим днищем и крышкой, с ограждающими перегородками и без них, с пропеллерным перемешивающим устройством	8-10 До 1	125	2000-2200	2880-2980	2930-3030	5300-5850	4350-6100
То же, с турбинным пере- мешивающим устройством	12,5-16 До 0,6 8-10 > 0,1	125	2400-2600 2000-2200	3080-3480 2880-2980	3130-3530 2930-3030	6950-7370 5650-6530	8700-9900 4550-8150
То же, с лопастным пере- мешивающим устройством	12,5-16 > 0,6 8-10 > 1	125	2400-2600 2000-2200	3080-3480 2880-2980	3130-3530 2930-3030	6950-7310 5450-5100	8300-9900 4000-5200
То же, с рамным перемешивающим устройством	12,5-50 > 0,6 8-10 > 1 12,5-25 > 0,6 32-50 > 0,6	31,5 25-50 20-31,5 20-31,5	2400-3000 2000-2200 2400-2800 3000	3080-7580 2880-2980 3080-4480 4980-7580	3130-7630 2930-3030 3130-5430 5030-7630	6100-11550 5700-6010 6400-8450 8900-11600	6300-17500 4700-6000 7100-14000 15950-21500
5 Цельноварной с рубашкой из полутруб, эллиптическим днищем и крышкой с ограждающими перегородками и без них с пропеллерным перемешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-16 0,3-0,6	125	2000-2200 2400-2600	2880-2980 3080-3480	2930-3030 3130-3530	5100-5450 6250-6650	2500-5150 5000-7600
То же, с турбинным пере- мешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-16 0,3-0,6 125	160	2000-2200 2400-2600	2880-2980 3080-3480	2930-3030 3130-3530	5440-6160 6260-6650	2950-5800 4800-7600
То же, с лопастным пере- мешивающим устройством	8-10 0,3-1 12,5-25 0,3-0,6 31,5	65	2000-2200 2400-2800	2880-2980 3080-4480	2930-3030 3130-4530	5250-5300 5400-7150	2400-4100 3050-8100
То же, с рамным перемешивающим устройством	32 0,3-0,6 8-10 1 12,5-50 0,3-0,6 2 0,3-0,6 32	31,5 25-50 20-31,5 20-31,5	3000 2000-2200 2400-2800 3000	4980 2880-2980 3080-4480 4980	5030 2930-3030 3130-4530 5030	7650 5500-5650 5700-7770 8230-8300	6450-7300 2850-4600 3600-10850 8200-9300

Продолжение табл. V 6.

Тип	Конструкция	Номинальная емкость, м <sup>3</sup>	Расчетное на- бывное дав- ление, МПа	Скорость вращения перемиши- вающего устрой- ства, об/мин	Основные размеры, мм				Масса, кг
					D	H	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	
6	Разъемный с коническим днищем, эллиптической крышкой, с отражательными перегородками и без них. С пропеллерным перемиш- вающим устройством То же, с турбинным пере- мешивающим устройством То же, с рамным перемиши- вающим устройством	1—10 0,3—0,6	—	250—125	1000—2200 1570—3300	1905—4195	3850—6600	660—3850	
7	Разъемный с рубашкой, коническим днищем, эллиптической крышкой с отражательными перегородками и без них. С пропеллерным перемиш- вающим устройством То же, с турбинным пере- мешивающим устройством То же, с рамным перемиш- вающим устройством	1—10 0,3—0,6	—	250—125	1000—2200 1570—3300	1905—4145	3850—6600	800—6960	
8	Разъемные с плоскими днищем и крышкой, с отражательными перегородками и без них, с пропеллерным перемишывающим устройством То же, с турбинным пере- мешивающим устройством	1—6,3 —	—	250—125 250—160	1000—1800 1600—2500	1415—2695	3240—4670	960—2520 860—2120	

То же, с лопастным перемешивающим устройством	1—6,3	—	63	1000—1800	1250—2500	1415—2695	2950—4820	700—2100
9 Шельно сварные с плоскими днищем и крышкой, с отражательными перегородками и без них, с пропеллерным перемешивающим устройством	8—16	—	125	2000—2400	2500—3600	2720—3840	4700—6780	2450—4550
То же, с турбинным перемешивающим устройством	8—16	—	160—125	2000—2400	2500—3600	2720—3840	5020—6780	2100—3700
То же, с лопастным перемешивающим устройством	8—50	—	63—31,5	2000—3400	2500—5500	2720—5750	4850—8750	2000—8300

Примечания. 1. Давление приведено только в аппарате; аппараты 8 и 9 типов работают под налив.  
 2. Аппараты с лопастным и рамным перемешивающими устройствами изготавливаются без отражательных перегородок.  
 3. Характеристики типов фильтров с 1-го по 5-й одинаковы для фильтров, одинаковы при работе под давлением и вакуумом.

ми. Их привод — мотор-редукторы с электродвигателями. Мотор-редукторы имеют одну или две промежуточные опоры.

Аппараты устанавливают на опорах-стойках или опорах-лапах. Опоры входят в комплект поставки и бывают нормального исполнения и увеличенные для аппаратов с теплоизоляцией. Аппарат опирается на четыре опоры-лапы либо на три опоры-стойки. Аппараты с плоским днищем и крышкой устанавливают на кольцевые опоры.

Эллиптические крышки аппаратов имеют три варианта расположения штуцеров (в зависимости от диаметра аппарата), плоские крышки — один вариант. В том случае, если аппарат покрывают теплоизоляцией (максимальная толщина 100 мм), штуцера имеют увеличенный вылет.

**Комплектность поставки.** Аппараты с перемешивающими устройствами поставляются в собранном виде с установленными приводом, уплотнениями, не требующими замены при монтаже. Такие аппараты не требуют разборки, монтаж их сводится к установке в проектное положение, выверке и испытаниям.

Если невозможно закрепить вал и мешалку внутри корпуса аппарата (например, при отсутствии люка-лаза) или необходимо снять привод — аппарат поставляют отдельно (корпус, привод, внутренние устройства). В этом случае монтаж ведут, как описано ниже.

В объем поставки входят аппарат в собранном виде либо укрупненными блоками, комплект запасных частей, специальные приспособления (при необходимости), анкерные болты с закладными деталями (по требованию), ответные фланцы в комплекте с рабочими прокладками, крепления для трубопроводов и арматуры, траверсы для подъема и установки аппарата в проектное положение, сопроводительная техническая документация.

**Монтаж.** Переносные мешалки устанавливают на боковой стенке аппарата и закрепляют с помощью струбцин. Мешалки по требованию заказчика можно устанавливать наклонно либо вертикально. Допускается установка мешалок на специальном кронштейне или балке. При установке мешалок вертикально аппарат оснащают четырьмя отражательными перегородками. Во всех случаях нужно проверить жесткость аппарата (кронштейна, балки) в месте установки мешалки и при необходимости усилить конструкцию для устранения вибраций. Мешалки массой до 45 кг переносят вручную за скобы.

Аппараты со встроенными мешалками разбирают и ревизуют в объеме, необходимом для удаления консервирующих покрытий, осмотра и очистки деталей. Ревизии подвергаются корпус, крышка, стойка под приводом с подшипниковым узлом, концевая опора вала (при наличии), мешалка, соединительная муфта, вал и т. д. Разборку производят в следующей последовательности: отсоединяют болты крепления мотор-редуктора к стойке и снимают мотор-редуктор и муфту, освобождают гайки крепления стойки, снимают стойку вместе с подшипниками, предварительно опустив вал перемешивающего устройства до упора в днище аппарата, снимают уплотнение, освобождают болты крепления крышки аппарата и снимают крышку. Сборку производят в обратной последовательности.

Перед установкой аппарата в проектное положение обязательно проверяют надежность крепления перемешивающего устройства внутри корпуса аппарата и наличие смазки в подшипниковых узлах стойки привода. Необходимо также установить привод на стойку, закрепить и соединить муфтой вал привода с валом перемешивающего устройства. При этом базовой установочной поверхностью ад-

паратов с вертикальным перемешивающим устройством является обработанная торцевая поверхность, приваренная к крышке аппарата бобышка, к которой крепится стойка под привод, либо поверхность верхнего фланца стойки. Аппарат поднимают в проектное положение стреловыми монтажными кранами или другими грузоподъемными механизмами. Стропуют их за специальные захваты приспособления (монтажные цапфы, штуцеры), причем точка строповки должна быть выше центра массы аппарата возможно ближе к его крышке.

Выверку положения установленного аппарата проводят при помощи отжимных болтов для аппаратов на опорах-лапах и при помощи подкладок для аппаратов с кольцевой опорой. Предварительную выверку установки аппарата осуществляют не менее чем в двух взаимно перпендикулярных плоскостях по уровню, установленному на базовую поверхность. При предварительной выверке аппарат должен свободно опираться на подкладки. Окончательно его выверяют при затянутых гайках фундаментных болтов по положению вала перемешивающего устройства.

При установке и выверке приводов необходимо выдерживать расстояния между торцами соединительных полумуфт в соответствии с указаниями заводских чертежей. В жестких муфтах отверстия полумуфт должны совпадать, а соединительные болты плотно входить в отверстия. В упругих муфтах соединительные пальцы должны входить в отверстия ведущей полумуфты плотно от руки; в отверстия ведомой полумуфты пальца с надетыми резиновыми или кожаными кольцами входят свободно. После сборки полумуфт гайки на соединительных пальцах предохраняют от самоотвинчивания контргайками или шплинтами. Шкивы и полумуфты с концов валов снимают или насаживают на них специальными приспособлениями, не допускающими нагрузок на подшипники.

После окончательной выверки и закрепления аппарата производят центровку. При центровке вертикальных аппаратов редуктор привода прицентровывают к валу перемешивающего устройства, если привод перемешивающего устройства установлен на отдельном фундаменте или другом основании под аппаратом или над ним. В аппаратах с горизонтальными перемешивающими устройствами аппарат прицентровывают к редуктору привода, выверенному и закрепленному на фундаментной плите или раме. В приводах с промежуточным редуктором последний прицентровывают к основному редуктору, который, в свою очередь, прицентрован к валу перемешивающего устройства. Электродвигатели во всех случаях прицентровывают к выверенному и закрепленному редуктору. Центровку производят по полумуфтам валов. При центровке приводов с клиноременной передачей оси валов, на которых расположены шкивы, должны быть параллельны, канавки шкивов должны располагаться без смещения относительно друг друга, а торцы шкивов — в одной плоскости.

При центровке вала редуктора допуски на смещение осей и излом осей на 1 м вала для продольно-разъемной муфты равны 0,05 мм, для зубчатой муфты определяются по ОСТ 26-01-1225-75 «Приводы вертикальные для аппаратов с перемешивающими устройствами. Параметры, конструкция, основные размеры», для упругой муфты со звездочкой — по ГОСТ 14084-76, для упругой втулочно-пальцевой муфты — по МН 2096-64.

После окончания центровки на сопрягаемых разъемных соединениях (привод со стойкой, соединение стоек между собой и с кор-

пусом аппарата) для качественной сборки наносят риски глубиной 0,3—0,4 мм. По окончании центровки и соединения полумуфт валов аппарата его подливают бетонной смесью.

При монтаже сальниковых уплотнений набивку набирают отдельными кольцами с косым срезом и зазором в стыке 3—5 мм. Стыки колец смещают на 120° один относительно другого. Сальниковую набивку затягивают так, чтобы можно было повернуть вал от руки, нажимная втулка сальника не должна касаться вала перемешивающего устройства, отверстия в фонарном (промежуточном) кольце сальника, предназначенные для подачи (вытекания) охлаждающей жидкости, должны совпадать с отверстиями в корпусе сальника. Сальники окончательно затягивают при эксплуатации аппарата.

Перед подключением электродвигателя аппарата к сети измеряют амперметром сопротивление изоляции обмотки статора между фазами и относительно корпуса электродвигателя. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 и 1 МОм для двигателей соответственно обычного и взрывобезопасного исполнений. Если сопротивление ниже указанного, просушивают обмотку. При сушке температура обмотки не должна превышать 110°C.

Допустимые отклонения фактических размеров от проектных при монтаже аппаратов с перемешивающими устройствами приведены ниже:

	Допуск, мм	Применяемый инструмент
Отклонение главных осей аппарата в плане . . . . .	10	Брусковый уровень
Отклонения высотной отметки . . . . .	10	Рамный уровень
Отклонение оси вала вертикального перемешивающего устройства от вертикальности . . . . .	0,3 на 1 м	Рамный уровень
Отклонение привода перемешивающего устройства с горизонтальным электродвигателем от горизонтальности . . . . .	0,3 на 1 м	Брусковый уровень
Разница в замерах радиальных зазоров между валом перемешивающего устройства и внутренней стенкой сальникового стакана в четырех диаметрально противоположных точках для валов с частотой вращения:		
до 6,6 С <sup>-1</sup> (1000 об/мин)	0,5	Рамный уровень
более 16,6 С <sup>-1</sup> (1000 об/мин)	0,25	То же

Вертикальность аппаратов, в которых перемешивающие устройства и приводы установлены под углом непосредственно на вертикальной стенке корпуса, проверяют тахеометрическим теодолитом по двум образующим, сдвинутым в плане относительно друг друга на 90°. Допустимое их отклонение от вертикали не должно превышать 0,05% высоты аппарата, но не более 10 мм.

Допуски на установку горизонтальных аппаратов, а также бие вала, замеренное у сальника, аналогичны допускам, приведенным для вертикальных аппаратов.

**Испытания.** Смонтированный аппарат подвергают испытаниям на плотность и прочность, на прокрутку мешалок вхолостую, на прокрутку мешалок под нагрузкой (с заливкой в аппарат воды). Аппараты с толщиной стенки до 50 мм испытывают на прочность це

Т а б л и ц а V.7. Допуски на радиальное биение вала перемешивающего устройства

Частота вращения вала перемешивающего устройства, с <sup>-1</sup>	Допуск, мм, на биение вала для уплотнения			
	торцевого	сальникового	манжетного	с гидравлическим затвором
До 1,66	0,25	0,1	0,15	0,25
1,66—3,3	0,25	0,1	0,15	0,25
3,3—12,5	0,15	—	0,1	0,25
12,5—25	0,1	—	—	—

Пр и м е ч а н и е. Измеряется по обработанной под уплотнительное устройство поверхности вала.

Т а б л и ц а V.8. Допуски на радиальное биение нижнего конца вала с мешалкой

Частота вращения вала перемешивающего устройства, с <sup>-1</sup>	Допуск в мм на биение вала при $L/d$			
	до 30	30—40	40—60	свыше 60
До 1,66	1	1,5	2	3
1,66—3,34	1	1,5	1,5	—
3,34—8,34	0,75	1	1	—
8,34—12,5	0,5	0,75	—	—
12,5—25	0,8	—	—	—

Пр и м е ч а н и е.  $L$  — полная длина вала;  $d$  — расчетный диаметр вала.

Т а б л и ц а V.9. Характерные дефекты и методы их устранения

Дефект	Причина	Метод устранения
Повышенный нагрев корпуса подшипника	Перекос вала	Обеспечить правильность центровки вала
Повышенный нагрев торцевого уплотнения	Недостаточный расход охлаждающей жидкости	Увеличить расход охлаждающей жидкости
Повышенный шум и вибрация при работе аппарата	Отсутствие смазки в подшипниках либо их износ	Заполнить подшипники смазкой либо заменить их
Пропуски в торцевых сальниковых уплотнениях	Износ (повреждение) сальниковой набивки или уплотнительных колец и пар трения торцевого уплотнения	Заменить сальниковую набивку, уплотнительные кольца, пары трения
Пропуски во фланцевых соединениях	Недостаточная затяжка фланцевых соединений, либо износ прокладок	Затянуть болты, проверить и при необходимости заменить прокладку

Пр и м е ч а н и е. Составлено по материалам «Инструкции по эксплуатации и монтажу аппаратов с перемешивающими устройствами (205—76ИЭ)» Старорусского завода химического машиностроения.

менее 10 мин, аппараты из двухслойной стали — не менее 60 мин. Для испытаний применяют воду с температурой от 5 до 40°C, с перепадом температур окружающей среды и воды не более 5°C. Для аппаратов с избыточным давлением измерения проводят по двум проверенным манометрам, один из которых контрольный. После снижения пробного давления до рабочего осматривают все сварные соединения и прилегающие к ним участки.

Прокруткой мешалок вхолостую и под нагрузкой испытывают: аппараты с торцевым уплотнением при полностью смонтированных системах уплотняющей жидкости и водяного охлаждения рубашки; аппараты с сальниковым уплотнением при нормальной затяжке сальниковой набивки; аппараты с концевой опорой вала с заполнением аппарата водой выше концевой опоры. Перед обкаткой проверяют крепление на валу мешалки, соединительных муфт и проворачивают вал от руки за крыльчатку электродвигателя мотор-редуктора. Обкатку на холостом ходу проводят в течение 30 мин. Направление вращения вала мешалки должно соответствовать стрелке, укрепленной на стойке под мотор-редуктор. Проверяют также нагрев подшипников (не должен превышать 70°C), биение вала и вибрацию корпуса аппарата (табл. V.7; V.8), биение нижнего конца (табл. V.9).

Обкатку под нагрузкой производят при заполнении аппарата водой на  $\frac{3}{4}$  объема. Время обкатки 4 ч. Кроме проверок, аналогичных при обкатке на холостом ходу, проверяют потребляемую электродвигателем мощность, число оборотов редуктора, работу привода, отсутствие течи смазки из корпусов подшипника и редуктора. После завершения испытаний воду сливают, внутреннюю поверхность аппарата очищают и осушают. Если предусмотрена химзащита, то после сушки наносят на внутренние поверхности аппарата антикоррозионные покрытия, производят гуммирование, футеровку и другие операции по технической документации.

#### Глава 4. АППАРАТЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ БАРАБАНАМИ

К аппаратам с вращающимися барабанами (табл. V.10—V.13) относятся:

- вращающиеся печи (поточные и противоточные);
- барабанные сушилки (поточные и противоточные);
- барабанные холодильники (с воздушным и водяным охлаждением);
- барабанные кристаллизаторы (с воздушным и водяным охлаждением).

Конструктивные особенности. Аппараты с вращающимися барабанами (рис. 94) непрерывного действия состоят из цилиндрического сварного корпуса, устанавливаемого наклонно под углом 1—4° (для кристаллизаторов уклон барабана в зависимости от его диаметра составляет 1 : 100; 1 : 150; 1 : 200). Корпус барабана через бандаж опирается на роликовые опоры и вращается от индивидуального привода, включающего трехскоростной электродвигатель, двух- или трехступенчатый редуктор и подвенцовую шестерню, соединенную с тихоходным валом редуктора. Вращение барабану передается через закрепленный на нем зубчатый венец. От осевого перемещения корпус аппарата предохраняется упорными роликами, установленными на упорно-опорной станции. Печи внутри футерованы огнеупорным кирпичом, сушилки и холодильники снабжены винтовой и распределительными насадками, кристаллизаторы имеют внутри корпуса скребки.

При водяном охлаждении стенки корпуса холодильника охватываются желобами с крышками (ваннами), по которым циркулирует вода. В кристаллизаторах вода поступает в рубашку корпуса. Для подачи продукта аппараты имеют загрузочные устройства (поточные печи и сушилки), тетки (противоточные печи), горловины. Для создания герметичности в местах входа корпусов печей, суши-

Таблица V.10. Монтажные характеристики барабанных сушилок

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры сушилки, мм	Масса, кг	
		с комплек- ующими изде- лиями	без комплек- тующих из- делий
СБ1-4-С	5800×2110×1970	5550	5110
СБ1-4-Л	5800×2110×1970	5200	4710
СБ1-4-ЛС	5800×2110×1970	5430	4940
СБ1-6-С	7300×2110×1970	6160	5670
СБ1-6-Л	7300×2110×1970	5570	5080
СБ1-6-ЛС	7300×2110×1970	6030	5540
СБ1, 2-6-С	7860×2590×2270	8460	7730
СБ1, 2-6-Л	7860×2590×2270	7990	7260
СБ1, 2-6-ЛС	7860×2590×2270	8360	7630
СБ1, 2-8-С	9360×2470×2270	9350	8570
СБ1, 2-8-Л	9360×2470×2270	8610	7830
СБ1, 2-7-ЛС	9360×2470×2270	9150	8370
СБ1, 2-10-С	11310×2470×2270	10 050	9240
СБ1, 2-10-Л	11310×2470×2270	9220	8410
СБ1, 2-10-ЛС	11310×2470×2270	9860	9050
СБ1, 6-8-С	9550×3250×2930	16 230	14 840
СБ1, 6-8-Л	9550×3250×2930	15 380	14 980
СБ1, 6-8-ЛС	9550×3250×2930	15 960	14 570
СБ1, 6-10-С	11525×3140×2920	17 720	16 090
СБ1, 6-10-Л	11525×3140×2920	16 620	14 990
СБ1, 6-10-ЛС	11525×3140×2920	17 450	15 820
СБ1, 6-12-С	13670×3140×2920	19 060	17 430
СБ1, 6-12-Л	13670×3140×2920	17 720	16 090
СБ1,6-12-ЛС	13670×3140×2920	19 000	17 370
СБ2-8-ЛС	9870×3750×3430	24 580	22 940
СБ2-10-ЛС	11870×3750×3430	26 530	24 900
СБ2-12-ЛС	13810×3715×3480	28 930	26 680
СБ2,2-10-ЛС	12055×4025×3605	31 720	29 720
СБ2,2-12-ЛС	14055×4025×3605	34 120	32 120
СБ2,2-14-ЛС	16170×4015×3710	38 490	37 390
СБ2,2-16-ЛС	18170×4015×3710	40 910	38 770
СБ2,5-12-ЛС	16150×4800×5100	75 800	72 800
СБ2,5-14-ЛС	18150×4800×5100	80 500	77 500
СБ2,5-18-ЛС	22150×4800×5100	91 300	88 300
СБ2,5-20-ЛС	24150×4800×5100	96 700	93 700
СБ2,8-14-ЛС	16500×4900×5300	102 600	98 700
СБ2,8-16-ЛС	18500×4900×5300	110 300	106 400
СБ2,8-20-ЛС	22500×4900×5300	128 400	119 580
СБ2,8-22-ЛС	24500×4900×5300	131 100	127 200
СБ3-18-ЛС	21600×5400×5650	138 200	132 300
СБ3-20-ЛС	23600×5400×5650	145 400	139 500
СБ3,2-18-ЛС	— 5700×6315	168 800	161 100
СБ3,2-22-ЛС	— 5700×6315	186 100	178 400
СБ3,5-18-ЛС	23000×6150×8800	224 700	216 100
СБ3,5-22-ЛС	26000×6150×8800	243 000	234 400
СБ3,5-27-ЛС	32000×6150×8800	267 400	258 800
СВК1,2-4	5805×2376×2280	10 430	—
СБЖ-1400	7765×2655×3975	10 920	—
СБТ2500-12000	17150×5700×7775	76 145	—
СВГР-0,2	2400×1267×860	630	—
СВГР-1,2	2970×1310×2970	3230	—
СВГР-1,5	4060×1410×3120	3370	—
СВГР-4	6735×2030×2700	8550	—
ВБС-500	4435×2380×1685	5500	—
ВБС-3750	8200×2820×2680	20 020	—

Примечание. Условные обозначения сушилок типов:  
 СБ; СВК; СБЖ; СБТ: С — сушилка; Б — барабанная;  
 Ж — жалюзийная; К — контактная; первое число — диаметр барабана, м; Т — трубчатая; второе число — длина барабана — м; С, Л, ЛС — насадка соответственно; секторная, лопастная, лопастная и секторная;

СВГР: С — сушилка; В — воздушная; Г — гребковая; Р — реверсивная;  
цифра — объем сушилки (м<sup>3</sup>);  
ВБС: В — вакуумная; Б — барабанная; С — сушилка; цифра — масса за-  
гружаемого продукта (кг).

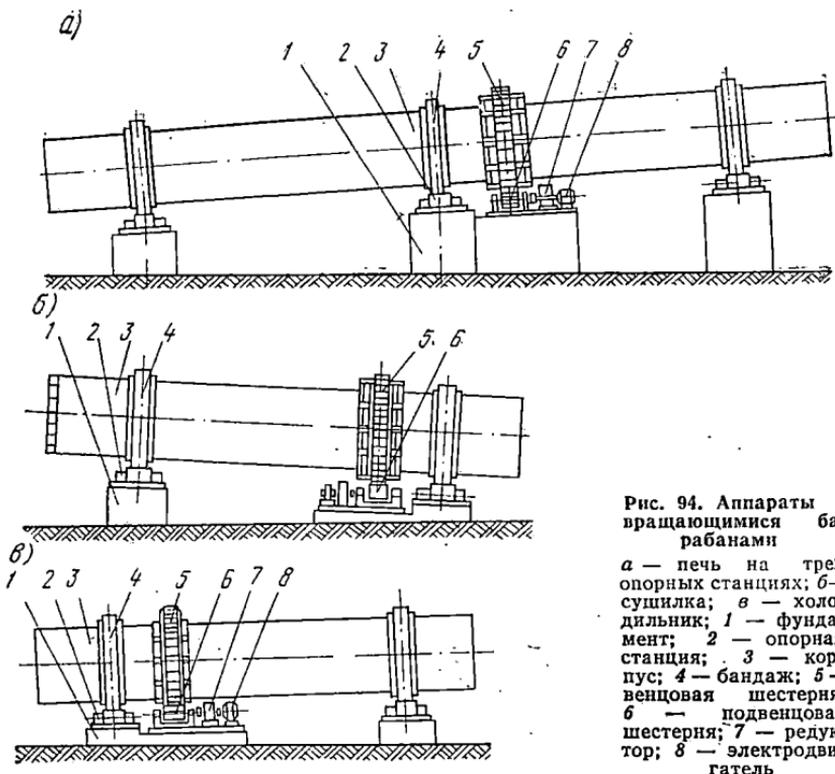


Рис. 94. Аппараты с вращающимися барабанами

а — печь на трех опорных станциях; б — сушилка; в — холодильник; 1 — фундамент; 2 — опорная станция; 3 — корпус; 4 — бандаж; 5 — венцовая шестерня; 6 — подвенцовая шестерня; 7 — редуктор; 8 — электродвигатель

лок и холодильников в загрузочные и разгрузочные головки и в другие необходимые места установлены сальниковые уплотнения.

**Поставка и монтаж** (табл. V.14). Барабаны аппаратов диаметром до 2,2 м и длиной до 22 м, диаметром 2,5—3 м и длиной до 20 м (везде включительно) поставляются в собранном виде с установленными венцовыми шестернями, бандажами, защитными плитами, подпорными кольцами, внутренними устройствами, кольцами под уплотнения. При этом масса поставочного блока не должна превышать 80 т. В случае рессорного крепления венцовых шестерен барабаны поставляются без них, но с установленными стойками и рессорами.

Барабаны, габариты и масса которых превышают указанные, поставляют блоками, причем при диаметре блока до 3 м бандаж закрепляется на последнем блоке. Сушилки диаметром до 2,8 м поставляются со снятым зубчатым венцом.

Отдельно поставляются опорная станция, с собранными на плите опорными роликами, загрузочная головка, разгрузочная головка, дымовая камера (у контактных сушилок), горловины переходника от топки к реторте (у контактных сушилок), ванны для холодильни-

Т а б л и ц а V.11. Монтажные характеристики барабанных печей для химических производств

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры печи, мм	Масса, кг	
		с комплектующими изделиями	без комплектующих изделий
<b>Двухопорная печь</b>			
ПВ1-8	8810×2860×2015	6430	5780
ПВ1-12	12810×2860×2015	7220	6970
ПВ1-16	16810×2860×2015	8010	7360
ПВ1,2-12	13400×2600×2550	9970	9270
ПВ1,2-16	17400×2600×2550	11 160	10 460
ПВ1,6-12	13630×3160×2830	16 280	15 230
ПВ1,6-16	17630×3160×2830	18 120	17 120
ПВ1,6-20	21650×3210×2880	20 270	19 030
ПВ2,2-18	20055×4180×3710	37 390	35 160
ПВ2,2-22	24055×4180×3710	40 900	38 670
<b>Двух-, трех- и четырехопорные</b>			
ПВ2,2-25	30000×5200×6800	88 000	79 600
ПВ2,2-35	40000×5200×6800	121 300	118 000
ПВ2,5-20	22100×5200×4500	94 000	88 600
ПВ2,5-30	32100×5200×4500	106 000	100 600
ПВ2,5-40	42100×5200×4500	158 000	152 900
ПВ2,5-40-А	48000×5600×5290	195 200	191 400
ПВ2,8-35	38500×6310×5300	177 200	170 900
ПВ2,8-45	48500×6310×5300	190 500	184 200
ПВ2,8-55	58500×6310×5300	231 300	224 900
ПВ3-35	38500×6460×5400	195 500	189 200
ПВ3-45	48500×6460×5400	212 500	206 200
ПВ3-60	63500×6460×5400	268 600	262 200
ПВ3,2-50	53500×6500×5500	279 800	270 400
ПВ3,2-60	63500×6500×5500	338 100	327 700
ПВ3,5-60	62500×6500×6000	361 100	350 500
ПВ3,5-70	72500×6500×6000	407 500	397 000

Примечания: 1. Условные обозначения: П — печь; В — вращающаяся; первое число — наружный диаметр барабана, м; второе число — длина барабана, м.

2. Основные параметры и размеры печей по ГОСТ 11875—73\*; размеры основных сборочных единиц и деталей двухопорных печей по ОСТ 26-01-436-71; ОСТ 26-01-447-71; технические требования по ОСТ 26-01-746-72.

ка с воздушным охлаждением, загрузочные устройства (для печей и сушилок поточных), камеры слива воды и загрузки (соответственно для кристаллизаторов с водяным и воздушным охлаждением), камеры выгрузки (для кристаллизаторов), привод, пусковая аппаратура.

Вакуум-цилиндрические сушилки с реверсивной мешалкой поставляются: объемом до 1,6 м<sup>3</sup> — в полностью собранном виде, не требующем разборки в процессе монтажа; объемом свыше 1,6 м<sup>3</sup> — двумя полностью собранными поставочными блоками (сушилка и привод), не требующими разборки в процессе монтажа.

**Монтаж.** После приемки фундаментов, доставки оборудования с приобъектного склада, его расконсервации и осмотра приступают к сборке аппаратов в следующей последовательности: установка и выверка опорных станций; установка нижней части желобов (холодильники с воздушным охлаждением); установка корпуса на ролики опорной и упорно-опорной станции; установка привода на фундамент; установка на фундамент головок загрузочных, разгрузочных дымовых камер (конвективные сушилки); установка камер загрузки и выгрузки (кристаллизаторы); установка камер слива воды; установка уплотнений; подключение коммуникаций, технологических трубопроводов, электропроводки, заземления; установка щитов эл-

Таблица V.12. Монтажные характеристики барабанных холодильников

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	
		с комплектующими изделиями	без комплектующих изделий
ХБ1-8-В	9825×2110×1964	8320	7830
ХБ1-12-В	13325×2110×1964	10 400	9910
ХБ1,2-12-В	13325×2470×2270	13 650	12 880
ХБ1,2-16-В	17310×2480×2310	16 630	15 860
ХБ1,6-14-В	15650×3245×2920	23 750	22 280
ХБ1,6-16-В	17650×3245×2920	25 670	24 200
ХБ2,2-16-В	18170×4025×3605	41 900	39 900
ХБ2,2-20-В	22170×4025×3605	47 770	45 770
ХБ2,2-25-В	23500×4800×5270	89 400	85 800
ХБ2,5-20-В	23500×4920×5750	81 500	77 600
ХБ2,5-25-В	23500×4920×6000	90 800	86 900
ХБ2,5-30-В	33500×4920×6250	103 100	99 200
ХБ2,8-25-В	29000×5300×5000	108 000	101 400
ХБ2,8-30-В	34000×5300×5000	116 800	110 200
ХБ2,8-35-В	39000×5300×5000	136 900	129 800
ХБ3-30-В	33500×6090×7400	145 500	135 500
ХБ3-35-В	38500×6090×7650	188 000	177 700
ХБ3-40-В	48500×6090×7900	202 000	191 700
ХБ1-8	9825×2110×1964	7480	6980
ХБ1-12	13325×2110×1964	9000	8500
ХБ1,2-12	13325×2470×2270	11 920	11 150
ХБ1,2-16	17310×2480×2310	14 260	12 870
ХБ1,6-14	15670×3245×2920	21 080	19 690
ХБ1,6-16	17650×3245×2920	22 580	21 140
ХБ2,2-16	18170×4025×3605	37 890	35 890
ХБ2,2-20	22170×4025×3605	42 420	40 420

Примечание. Условные обозначения: Х — холодильник; В — барабанный; первая цифра — диаметр барабана, м; вторая цифра — длина барабана, м; В — с водяным охлаждением, без этой буквы — с воздушным.

Таблица V.13. Монтажные характеристики барабанных кристаллизаторов

Обозначение типоразмера	Габаритные размеры кристаллизатора, мм	Масса, кг	
		с комплектующими изделиями	без комплектующих изделий
КБ0,6-В	6705×1190×1300	2790	2550
КБ0,8-В	8705×1335×1365	4160	3920
КБ1-В	11000×2110×1965	8550	8100
КБ1,2-В	13500×2340×2220	12 930	12 480
КБ1,6-В	19000×3010×2790	26 580	25 840
КБ0,6	10650×1190×1165	3150	2910
КБ0,8	14650×1335×1365	4990	4780
КБ1	20650×2110×1970	10 200	9800

Примечание. Условные обозначения: К — кристаллизатор; В — барабанный; цифра после букв — диаметр барабана, м; В — с водяным охлаждением, без этой буквы — с воздушным.

раждения; проведение обкатки, проверка работы аппарата на холостом ходу и его ревизия.

Монтажной опорной и упорно-опорной станций. Станции устанавливаются на фундамент с точным совпадением поперечных рисок на плитах с рисками реперных планок на фундаменте (рис. 95).

При этом станция должна опираться отжимными винтами на упорные пластины, установленные на фундаменте. Анкерные болты

**Т а б л и ц а V.14. Характеристика поставочных блоков  
основных аппаратов с вращающимися барабанами (ОСТ 26-01-746-72)**

Наименование	Число блоков	Габариты, мм	Масса одно- го блока, кг
<b>Печь ПВ 3,5—70</b>			
Опорная станция с упором и экраном	1	6080×2220×1750	19 920
Опорно-упорная станция с экранами	1	6080×2220×1750	20 880
Опорная станция с экранами	2	6080×1900×1750	18 630
Мотор-редукторная группа	1	4330×2900×1750	12 080
Венец из двух частей	2	5040×2520×1000	6630
Кожух венца	5	4200×1800×1500	510
Секторное уплотнение из двух частей	4	4460×2230×600	1250
Откатная головка из двух частей	2	4370×2000×2200	4200
Питатель (загрузочная труба)	1	5500×1300×700	1600
Камера из двух частей	2	4500×2000×2500	3700
Щит управления	2	1750×900×500	300
Опорный бандаж со съемными деталями корпуса	4	4190×4190×820	18 810
Броневые плиты	48	650×500×550	240
Секция корпуса с подбандажной обечайкой	1	15000×3552×3552	44 800
То же	1	15000×3552×3552	45 000
»	1	20000×3552×3552	57 600
Секция корпуса с подбандажной и подвенцовой обечайками	1	20000×3552×3552	58 600
<b>Всего</b>			
<b>79</b>			
<b>Сушилка барабанная СВ 3,5—27</b>			
Левая половина шинельного листа	1	5650×2560×400	2173
Правая половина шинельного листа	1	5650×2560×400	2173
Кольцо из двух половин	2	4200×2100×500	993
Стойка	1	1720×760×600	345
Разгрузочная камера	29	5370×3400×2600	2305
Опорный бандаж с деталями корпуса	2	4120×4120×600	11 730
Опорно-упорная станция	1	6140×2140×1486	18 660
Опорная станция с упором	1	6140×2140×1486	17 710
Моторно-редукторная группа	1	2970×2565×1340	12 185
Секторное уплотнение	2	4460×2230×550	1025
Броневая плита	24	650×500×550	232
Венец из двух половин	2	5040×2520×380	5530
Кожух венца	4	2055×865×2320	493
Пульт управления	1	1200×800×450	300
Силовой щит	1	1750×900×500	430
Секция корпуса	1	13200×4120×4120	64 618
То же	1	13800×4120×4120	68 138
<b>Всего</b>			
<b>77</b>			
<b>Холодильник барабанный ХБЗ—40</b>			
Опорная станция с упором	1	5310×1750×1450	10 640
Опорно-упорная станция	1	5310×1750×1450	11 240
Моторно-редукторная группа	1	2970×2760×1676	11 000

Наименование	Число блоков	Габариты, мм	Масса одного блока, кг
Венец из двух частей	2	4480×2240×900	5100
Кожух венца	5	3300×1300×600	440
Уплотнение	2	3600×1800×500	380
Откатная головка	6	4700×1850×1100	1400
Щит управления	2	1200×800×450	262
Разгрузочная камера	2	3550×2000×3000	2078
Кольцо из двух половин	2	3550×1775×400	445
Корпус	2	22000×3550×3550	64 000
Ванна	1	3750×3726×3900	2400
»	1	7500×3726×3900	4900
»	1	13000×3726×3900	7000
Опорная станция	1	5310×1260×1450	10 500

Всего	24		
Кристаллизатор			
Корпус	1	18500×2415×2415	20 030
Опорная станция	1	2580×750×830	2080
Опорно-упорная станция	1	2580×1110×830	2445
Привод	1	2070×1980×1270	5016
Загрузочная камера	1	2635×1400×3105	1580
Разгрузочная камера	1	2550×1465×3100	1500
Течка	1	2320×650×650	160
Горловина	1	2550×2550×455	640
Камера выгрузки	1	1915×565×2100	332
Камера слива воды	1	2265×865×1770	326

заводят в отверстия плит, устанавливают шайбы и наворачивают по две гайки с выходом двух-трех ниток резьбы. Выверяют станции по уклону и высоте. При выверке концы отвесов, подвешенных к струне, должны совпадать с рисками реперных планок, ориентирующих продольную ось фундаментов. Штихмасом проверяют размер  $a$  между опорными роликами у обеих станций (рис. 96). Этот размер должен быть равен:

$$a = (D_6 - D_p) / 4,$$

где  $D_6$  — диаметр бандажа;  $D_p$  — диаметр опорного ролика.

Межцентровое расстояние  $A$  у опорных роликов должно быть равно:  $A = 2a + D_p$ . Этот размер проверяют с двух сторон у каждой станции. Затем перемещают на фундаменте упорно-опорную станцию с тем, чтобы концы отвесов от продольной струны совместить с рисками на плитах станций, ориентирующих их положение по продольной оси фундаментов (параллельно осям роликов) (рис. 97). Прикладывают линейку к торцам роликов и определяют их смещение, которое не должно превышать 5 мм (рис. 98).

Натягивают поперечную струну над роликами упорно-опорной станции так, чтобы отвесы совпадали с рисками реперных планок на фундаменте, ориентирующих расположение поперечных осей установленных станций. Перемещают станцию до совпадения концов отвесов с рисками, ориентирующими ось плиты станции перпендикулярно к оси опорных роликов. Опускают от поперечной струны два отвеса к верхним образующим опорных роликов (рис. 99). При этом расстояния от концов отвесов до середины этих образующих должны быть одинаковы и равны:

$$\Delta b = \left( \frac{D_p}{2} + h \right) \operatorname{tg} \alpha,$$

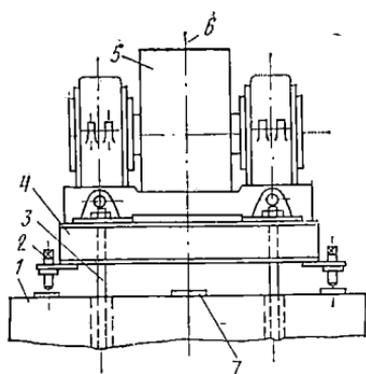


Рис. 95. Схема установки опорных станций на фундамент

1 — фундамент; 2 — отжимной винт; 3 — анкерный болт; 4 — рама станции; 5 — ролик с подшипниками; 6 — отвес; 7 — риска оси фундамента

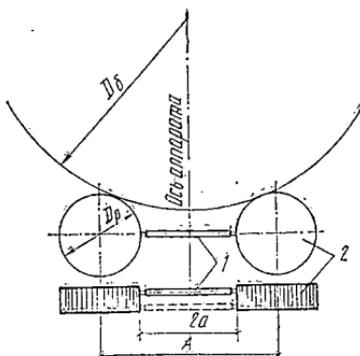


Рис. 96. Схема проверки установки опорных роликов

1 — штихмас; 2 — опорный ролик

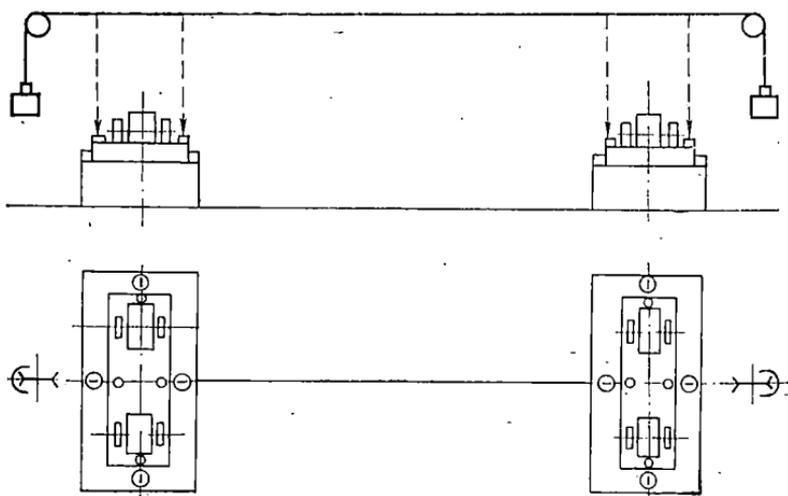


Рис. 97. Схема установки опорных станций на фундамент

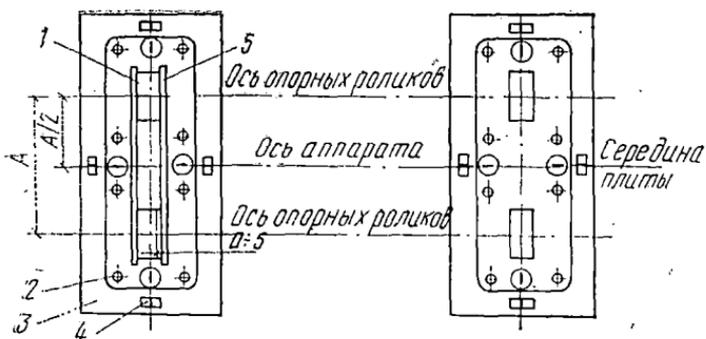


Рис. 98. Проверка параллельности и соосности опорных роликов  
 1 — опорный ролик; 2 — плита; 3 — фундамент; 4 — планка; 5 — линейка

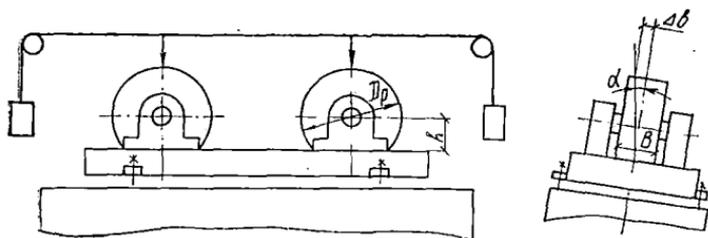


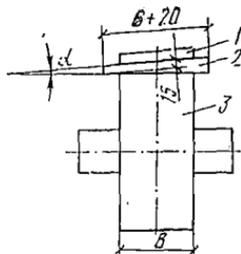
Рис. 99. Схема проверки положения опорной станции относительно поперечной струны



Рис. 100. Схема учета температурных удлинений барабана  
 1 — бандаж; 2 — опорный ролик; 3 — упорный ролик

Рис. 101. Проверка наклона опорных станций

1 — уровень; 2 — клин; 3 — опорный ролик;  
 $\alpha$  — угол, соответствующий проектному углу наклона аппарата



где  $h$  — высота опорного подшипника от подошвы до оси ролика;  
 $\alpha$  — угол наклона опорной станции к горизонту.

По середине ширины опорных роликов на их поверхность установить узкой стороной линейку, на нее — уровень и регулируя отжимными винтами вывести линейку (ролики) в горизонтальное положение.

Корректируют установку опорной станции с тем, чтобы расстояние между средними плоскостями роликов у упорно-опорной и опорной станций было равно расстоянию между серединами бандажей корпуса аппарата, увеличенного на величину удлинения корпуса от температурного расширения:  $l_1 = l + \Delta l$ . Для барабанных кристаллизаторов  $\Delta l = 0$  (рис. 100).

Аналогично производят установку и выверку положения опорной станции.

Уклон опорной и упорно-опорной станций осуществляют регулировочными винтами (рис. 101). Необходимый уклон станции (опорных роликов) будет обеспечен при горизонтальном положении плоскости клина, на которой расположен уровень.

Взаиморасположение станций выверяют с применением теодолита или нивелира. Для большей точности на нивелирные рейки наклеивают миллиметровую бумагу. Нивелир устанавливают между станциями (рис. 102) так, чтобы  $l_2 = l_3$ , а визирная ось трубы была горизонтальна и выше верхних образующих роликов станций. Определяют положение горизонтальной плоскости луча визирования по высоте ( $h_6$ ) относительно горизонтальной плоскости, проходящей через реперы проектных отметок, расположенных на высоте  $H$  от уровня пола. Устанавливая нивелирную рейку последовательно на

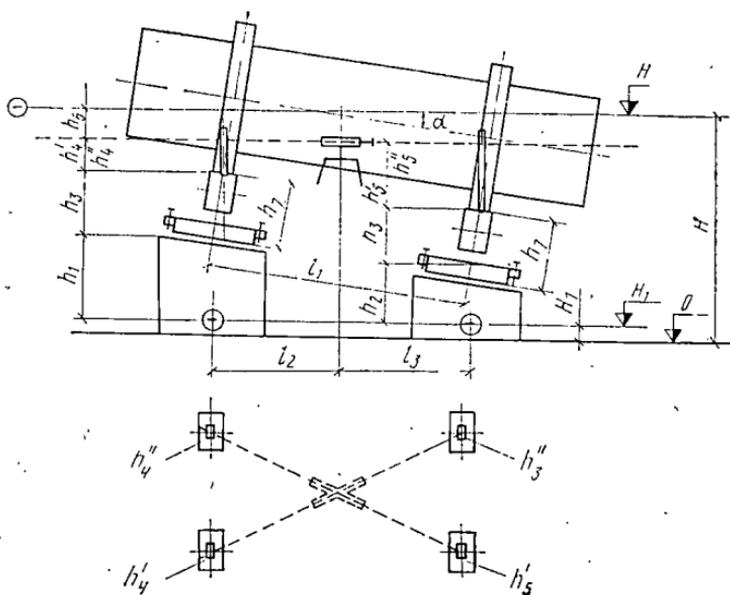


Рис. 102. Схема выверки взаимного расположения станций (установки корпуса)

середины верхних образующих каждого ролика упорно-опорной и опорных станций, производят отсчет показаний  $h'_4; h''_4; h'_5; h''_5$ ; на рейке от ее основания до деления на ней, совпадающего с визирной линией прибора. Вычисляют уклон:

$$\sin \alpha_1 = (h'_4 - h'_5) / l_1; \quad \sin \alpha_2 = (h''_4 - h''_5) / l_1;$$

должно быть:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha,$$

где  $\alpha$  — проектный уклон;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — фактические уклоны верхних образующих опорных роликов станций.

При правильной установке по высоте станций должно быть выдержано условие

$$h_1 = h_7 / \cos \alpha + h_4 + h_8 = h_2 + h_7 / \cos \alpha + h_5 + h_8 = H - H_1,$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — проектные средние высоты фундаментов станций по отношению к высотным реперам фундаментов станций на отметке  $H_1$ .

Выверку станций производят до и после подливки бетоном фундаментных плит. Одновременно повторно проверяют установку роликов в плане.

Ниже приведены допустимые отклонения установленных и выверенных опорных станций от проектных размеров\*.

Смещение осей рам станции относительно осей барабана:	Допуск, мм
продольной	2
поперечной	5
Превышение высоты (по поверхности роликов и рам) станций относительно друг друга	2
Горизонтальное положение рам станций относительно поперечной оси барабана	0,2 на 1 м длины рамы, но не выше относительного превышения роликов
Отклонение поверхности роликов от проектного уклона (по продольной оси)	0,15 по всей длине ролика

По окончании выверки заливают фундаментные болты бетонной смесью, затягивают гайки (после твердения бетона), повторяют выверку, окончательно подливают фундаменты рам станций.

Установка корпуса печи, сушилки, холодильника на ролики опорной станции. Корпус на опорные станции устанавливают так, чтобы бандаж на роликах расположился посредине их образующих (зазор между торцами бандажа и роликов 10 мм). Второй бандаж расположится несимметрично, так как будет иметь место разность расстояний между серединами бандажей и серединами опорных станций. При диаметре корпуса 2,5 и 2,8 м предварительно перед установкой корпуса на него устанавливают бандажи, а после — устанавливают зубчатый венец.

При установке бандажей (рис. 103) на секции корпуса, уложенного на подставках, различают места их установки и приваривают четыре упорные косынки. Бандаж краем надевают на секцию и устанавливают вплотную к косынкам. После укладки подбандажных подкладок и установки между ними деревянных распорок подкладки прихватывают. Зубчатый венец устанавливают половинами (рис. 104) с помощью крана. Фиксация нижней половины венца осуществляется шпальной клеткой. Затем устанавливают половину

\* Здесь и ниже допустимые отклонения, а также нормы испытаний составлены по «Инструкции по монтажу аппаратов с вращающимися барабанами» института Гипрохиммонтаж.

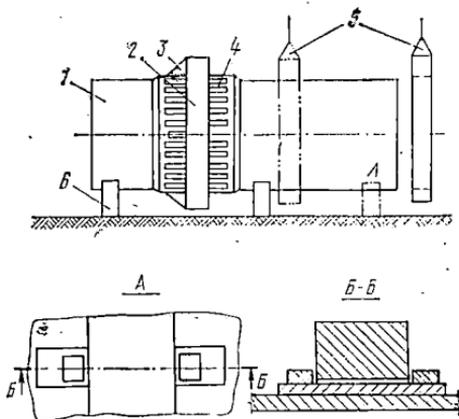


Рис. 103. Схема установки бандажа

1 — корпус; 2 — бандаж; 3 — упорная косынка; 4 — подкладка; 5 — строп; 6 — подставка

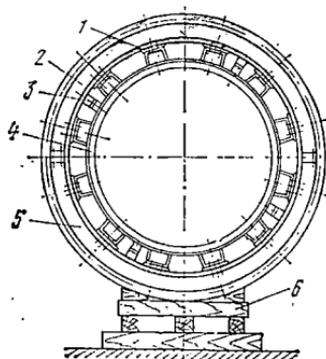
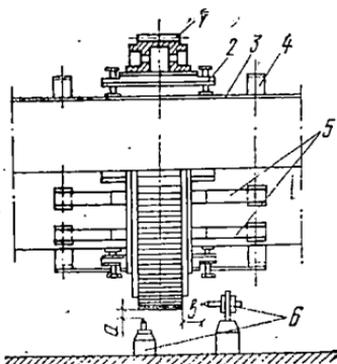


Рис. 104. Схема установки венцовой шестерни

1 — подвенцовые листы со стойками; 2 — верхняя половина шестерни; 3 — центровочное приспособление; 4 — корпус; 5 — нижняя половина шестерни; 6 — шпальная клетка

Рис. 105. Схема центровки венцовой шестерни

1 — венцовая шестерня; 2 — приспособление для центровки; 3 — корпус; 4 — опорная стойка; 5 — подвенцовые листы; 6 — рейсмус



венца, стыкуют, приваривая внешние концы штифтов в месте стыка к нему венца. Приподнимая краном венцы, вводят между ним и корпусом четыре приспособления и центруют венец относительно неподвижно установленных рейсмусов (рис. 105). С помощью рычажных приспособлений, поворачивая корпус, производят замеры (через  $90^\circ$ ). Величина отклонений зубчатого венца не должна превышать 3 мм. (при радиальном и осевом биении). После центровки устанавливают и приваривают к корпусу опорные стойки с подвенцовыми листами. Между зубчатым венцом и подвенцовыми листами укладывают необходимое число подкладок.

По окончании монтажа корпуса смазывают поверхность опорных роликов тонким слоем смываемой краски и, вращая корпус, проверяют контакт сопрягаемых поверхностей, который должен быть в средней части не менее  $\frac{2}{3}$  длины образующих бандажа. Отклонения

размеров смонтированного корпуса от проектных не должны превышать значений: радиальные и осевые биения венцовой шестерни при диаметре барабана  $0,6 \div 1,2$  м — 2 мм; при диаметре 1,6 и 2 м — 2,5 мм; при диаметре 2,2 м — 3 мм; при диаметре более 3 м — 4 мм; овальность корпуса в местах установки уплотнений — 0,4% диаметра.

При монтаже корпусов холодильников с водяным охлаждением и кристаллизаторов до установки корпуса монтируют нижние части камер загрузки, выгрузки и слива воды.

**Установка привода.** Устанавливают на фундамент мотор-редукторную группу, включающую подвенцовую шестерню, главные и вспомогательные редукторы и электродвигатели (рис. 106). Центруют подвенцовую шестерню с венцовой с помощью двух пластинок толщиной, равной зазору между головкой и впадиной зубьев шестерен ( $0,25$  модуля  $+ 5$  мм на компенсацию теплового расширения). Пластины устанавливают по краям венца на дне впадины, где происходит зацепление, и придвигают подвенцовую шестерню с опорной рамой до упора в эти пластины. Регулировку положения производят отжимными винтами.

Допустимые отклонения в зацеплении венцовой и подвенцовой шестерен приведены ниже:

Зубчатый венец, радиальное и осевое биение	Допуск, мм
Подвенцовая шестерня:	
смещение оси относительно оси венцовой шестерни	+5
горизонтальность опорной рамы	0,1 мм на 1 м
радиальный перекося по длине зуба	0,3
боковой перекося по длине зуба	0,2
зацепление, проверка на краску	Не менее 50% длины зуба

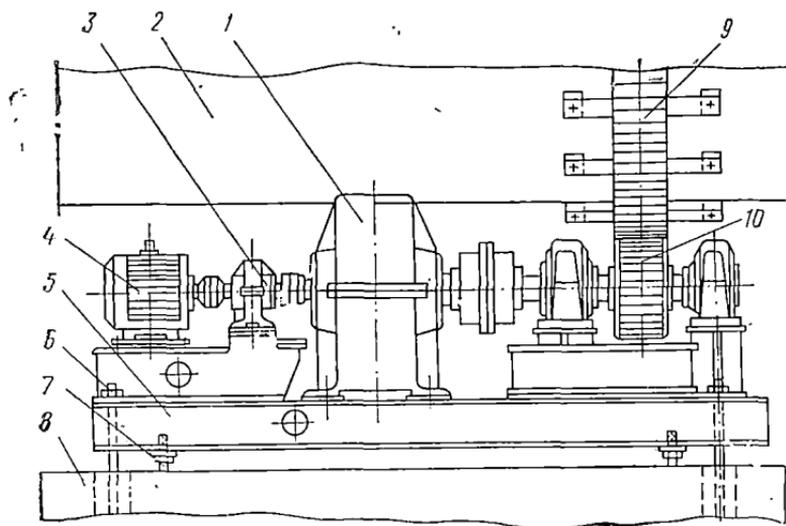


Рис. 106. Схема установки привода

1 — редуктор; 2 — корпус; 3 — редуктор; 4 — электродвигатель; 5 — опорная рама; 6 — анкерный болт; 7 — отжимной винт; 8 — фундамент; 9 — венцовая шестерня; 10 — подвенцовая шестерня

После окончания установки и центровки шестерни привода с венцовой производят окончательную проверку центровки главного редуктора с подвенцовой шестерней, вспомогательного редуктора с главным и электродвигателями с редукторами по полумуфтам.

Привод (мотор-редукторную группу) испытывают в течение 3 ч, в том числе не менее 30 мин на каждой скорости электродвигателя и не менее 1 ч при вращении от вспомогательного электродвигателя.

Установка головок загрузочных, разгрузочных, дымовых камер, желобов, камер слива воды производится по сборочным чертежам и не представляет сложности. Уплотнения (сальниковые, монтажные, ленточные, секторные) собирают по общим правилам.

**Обкатка аппарата.** В вакуумных, барабанных, роторных, сушильных аппаратах гидравлическим испытаниям на прочность и плотность сварных швов подвергаются корпус и крышки сушилки, корпус и крышки сухопарника пробным давлением 0,2 МПа. Рубашки корпусов сушилки и сухопарника, а также ротор испытывают пробным давлением, величина которого приведена ниже:

Рабочее давление при эксплуатации, МПа	Пробное давление при испытании, МПа
0,3	0,55
0,4	0,7
0,5	0,9
0,6	1
0,7	1,1

Время выдержки при пробном давлении 10 мин.

Приемо-сдаточные испытания каждой сушилки проводят на стенде и включают в себя испытания на холостом ходу и испытания на вакуумную плотность. При испытаниях на холостом ходу проводят обкатку сушилок с подачей теплоносителя в ротор (мешалку), в рубашку корпуса. Продолжительность этих испытаний 2 ч. Проверяют работу привода ротора (мешалки), сальниковых (монтажных) уплотнений. Не должно быть задеваний лопастей ротора о корпус аппарата; нагрев подшипников не должен превышать 70°C; разгрузочное и загрузочное устройства должны работать плавно, без заеданий.

Перед включением электродвигателя для обкатки прокручивают барабан (2—3 оборота) вручную. Обкатку производят до начала футеровки и после нее на холостом ходу. При обкатке до производства футеровки барабана проверяют правильность работы привода, станций, качество уплотнений, прямолинейность корпуса, правильность подсоединения коммуникаций. На холостом ходу обкатку производят в течение 4 ч последовательно на всех скоростях. При этом проверяют правильность направления вращения барабана, распределения давления на опорные ролики и работу подшипников. Обкатка после футеровки производится в течение 36 ч непрерывной работы. При этом нагрев подшипников не должен превышать 65°C; прилегание рабочей поверхности бандажей к поверхности опорных роликов должно быть не менее 70% ширины ролика и бандаж не должны отрываться от роликов при вращении.

При пуске аппарата производится его обкатка под нагрузкой в течение 48 ч.

# Раздел VI. МОНТАЖ, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## Глава 1. КОНСТРУКЦИЯ

Процессы измельчения играют существенную роль в химической технологии, а также в промышленности строительных материалов, в металлургии, горнодобывающей промышленности и т. д.

Результат измельчения характеризуется степенью измельчения, равной отношению среднего размера куска материала до измельчения к среднему размеру куска после измельчения. В зависимости от размеров кусков исходного и измельченного материала ориентировочно различают виды измельчения (табл. VI.1).

Т а б л и ц а VI.1. Виды измельчений твердых материалов

Вид измельчения	Размер кусков до измельчения, мм	Размер кусков после измельчения, мм	Степень измельчения
Крупное дробление	1500—300	300—100	2—6
Среднее дробление	300—100	50—10	5—10
Мелкое дробление	50—10	10—2	10—50
Тонкое измельчение	10—2	2—7,5×10 <sup>-2</sup>	100
Сверхтонкое измельчение	10—7,5×10 <sup>-2</sup>	7,5×10 <sup>-2</sup> — 10 <sup>-4</sup>	—

Машины для крупного, среднего и мелкого дробления называют дробильными, а для тонкого и сверхтонкого измельчения — мельницами.

Измельчение материала осуществляют различными способами (рис. 107): раздавливанием, ударами, истиранием, изгибом и раскалыванием.

Раздавливание происходит при разрушении кусков двумя плоскими плитами, расстояние между которыми все время уменьшается. По этому принципу работают щековые, конусные и валковые дробилки.

Удар. По этому принципу работают эффективные ударные дробилки: роторные и молотковые.

Истирание материалов характерно для барабанных мельниц.

Разрушение от действия изгиба происходит в конусных дробилках, если в них попадают куски породы в форме длинных плит.

Раскалывание происходит, когда давление на кусок породы передается острием клина. Так работают валковые дробилки с зубчатыми валками.

По конструкции и принципу действия дробильные машины подразделяют на следующие основные группы:

щековые дробилки, в которых порода разрушается между двумя периодически сближающимися щеками;

конусные дробилки, в которых куски породы непрерывно разрушаются за счет их перемещения и сжатия между неподвижными и подвижными конусами;

ударные дробилки, в которых порода дробится ударами перемещающихся с большой скоростью рабочих органов машины;

валковые дробилки, в которых порода раздавливается между

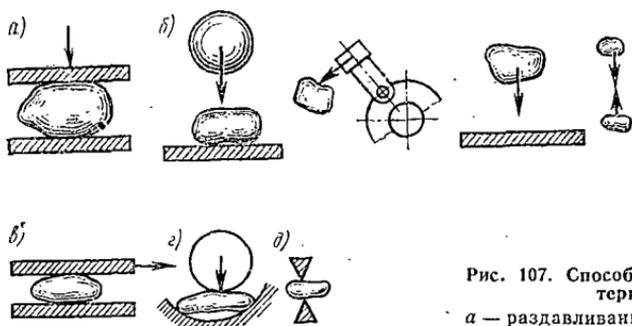


Рис. 107. Способы измельчения материалов

а — раздавливанием; б — ударами; в — истиранием; г — изгибом; д — раскалыванием

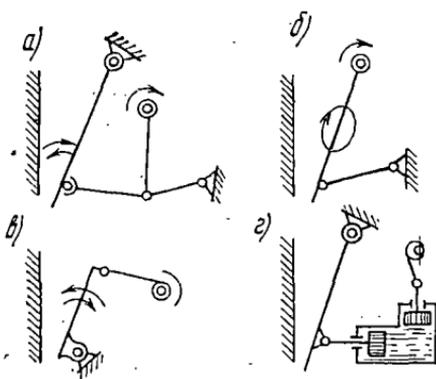


Рис. 108. Схемы щековых дробилок

а — с простым качанием подвижной щеки; б — со сложным качанием подвижной щеки; в — с нижней, подвижной щеки; г — с гидравлическим приводом

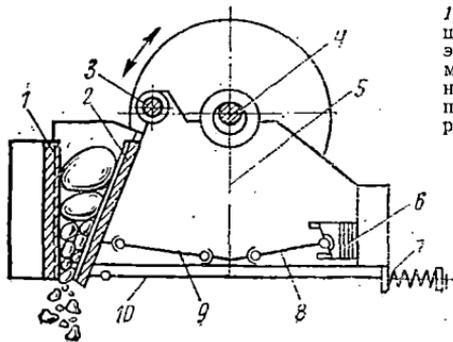


Рис. 109. Схема дробилки с простым качанием подвижной щеки

1, 2 — неподвижная и подвижная щеки; 3 — ось подвижной щеки; 4 — эксцентриковый вал; 5 — шатун; 6 — механизм изменения ширины приемного отверстия; 7 — замыкающая пружина; 8, 9 — задняя и передняя распорные плиты; 10 — тяга замыкающего устройства

вращающимися в противоположные стороны гладкими или зубчатыми цилиндрическими валками;

барабанные мельницы, в которых материал измельчается внутри вращающегося корпуса под действием мелющих тел, которыми служат металлические и фарфоровые шары; стержни и т. д.

**Щековые дробилки** (рис. 108) предназначены для крупного и среднего дробления материалов средней и большой твердости. Дробилки этой группы широко распространены, так как отличаются простотой конструкции, надежностью и удобством в процессе эксплуатации. Материал здесь разрушается при сближении подвижной щеки с неподвижной под действием сжимающихся нагрузок.

В эксплуатации находятся щековые дробилки трех типов:

с простым движением подвижной щеки относительно ее подвеса и с одной подвижной щекой (рис. 109);

со сложным (эллипсовидным) движением щеки относительно оси подвеса и с одной подвижной щекой;

со сложным движением обеих щек относительно их осей подвеса (рис. 110).

К дробилкам для среднего дробления относятся дробилки с шириной проемного отверстия от 175 до 400 мм.

**Конусные дробилки** предназначены для крупного, среднего и мелкого дробления материала средней и большой твердости.

По сравнению со щековыми конусные дробилки обладают рядом преимуществ, которые определяют их широкое распространение: непрерывность рабочего процесса, высокая уравновешенность подвижных частей, возможность запуска под завалом, высокая степень измельчения материала, надежность в работе.

В конусных дробилках (рис. 111) процесс дробления происходит в пространстве (камере дробления), образуемом поверхностями наружного неподвижного и внутреннего подвижного усеченных конусов.

В этих дробилках материал измельчается при обкатывании дробящих конусов. Материалы измельчаются в результате действия сжимающих, истирающих и изгибающих нагрузок, причем последние достигают значительной величины благодаря круговой поверхности камеры дробления.

По назначению и характеру выполняемой работы различают дробилки с крутым дробящим конусом для крупного и среднего дробления, с пологим дробящим конусом (грибовидные) для среднего и мелкого дробления.

Конусные дробилки среднего и мелкого дробления конструктивно выполнены одинаково. Особенность этих дробилок по сравнению с дробилками для крупного дробления — растянутый книзу профиль камеры дробления (рис. 112), образуемой подвижным и расширенным книзу неподвижным конусом. Это позволяет увеличить протяженность «параллельной зоны», необходимой для получения равномерного по крупности продукта с минимальным количеством избыточных зерен. В дробилках для мелкого дробления эта зона отличается большей протяженностью по сравнению с дробилками для среднего дробления.

Конусные дробилки для среднего и мелкого дробления в отличие от дробилок для крупного дробления более быстроходны. Амплитуда качаний дробящего конуса у этих дробилок также больше (угол отклонения от средней оси дробилки составляет  $2^\circ$ — $2^\circ 30'$ , а у дробилок для крупного дробления —  $30'$ — $40'$ ).

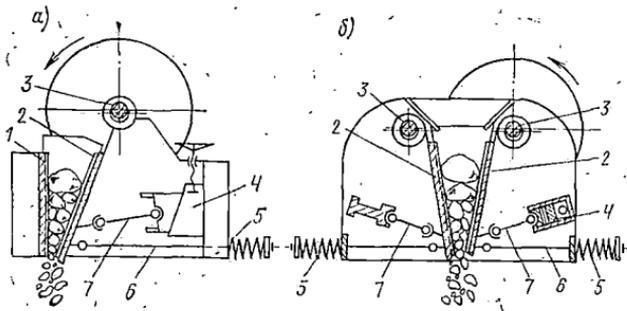


Рис. 110. Схема дробилок со сложным движением щеки

*a* — с одной подвижной щекой; *b* — с двумя подвижными щеками; 1, 2 — неподвижная и подвижная щеки; 3 — эксцентриковый вал; 4 — механизм регулирования ширины разгрузочной щели; 5 — замыкающая пружина; 6 — тяга замыкающего устройства; 7 — распорная плита

Рис. 111. Процесс дробления в конусной дробилке

1, 2 — неподвижный и подвижный конусы

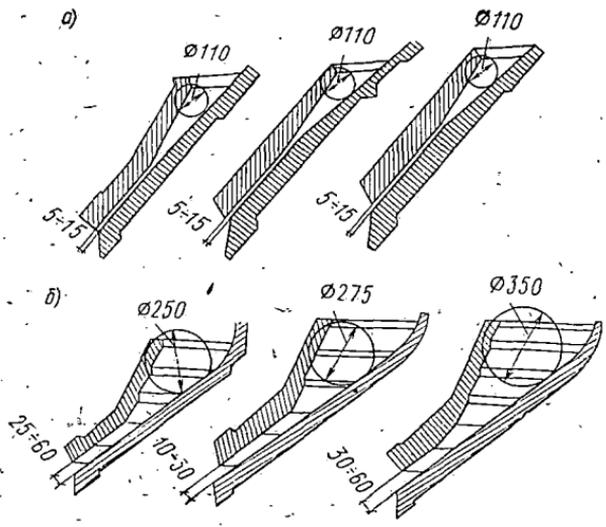
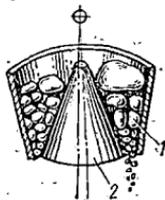


Рис. 112. Профили камер дробления конусных дробилок  
*a* — мелкого дробления; *b* — среднего дробления

Перечисленные особенности рассматриваемых дробилок способствуют тому, что измельчаемый материал больше задерживается в дробилке, в результате чего камень защемляется между рифлениями конусов не менее 4—5 раз, в том числе не менее одного раза в «параллельной зоне», обеспечивая более высокое качество дробления.

Конусные дробилки для среднего дробления характеризуются большим числом типоразмеров и различаются в основном параметрами камеры дробления.

В дробилках ударного действия материалы измельчаются при их ударе о быстровращающиеся рабочие органы (била, молотки), а также ограждающие элементы — футеровки, колосниковые решетки.

Дробилки ударного действия широко распространены благодаря их высокой производительности и большой степени измельчения (до 30—40). К недостаткам этих дробилок следует отнести интенсивный износ рабочих органов, особенно при измельчении абразивных материалов.

Дробилки ударного действия могут быть использованы для крупного, среднего и мелкого дробления самых разнообразных материалов.

Дробилки подразделяют на роторные и молотковые.

**Роторные дробилки** — это машины ударного действия, предназначенные для дробления с помощью бил, жестко закрепленных на внешней поверхности ротора, вращающегося вокруг горизонтальной оси. Роторные дробилки отличаются одна от другой числом бил, способом загрузки, конструкцией ротора и камеры дробления. Число бил на роторе — от двух до восьми. Ограждение камеры дробления может быть выполнено в виде жестко закрепленных, шарнирных или подпружиненных плит, стержней, брусьев или колосниковых решеток.

Конструкции регулировочных и предохранительных устройств могут быть пружинными или гидравлическими.

Дробилки загружают исходным материалом с торца, сверху или сбоку.

Роторная дробилка предназначена для крупного дробления (рис. 113). Производительность дробилки  $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Продольный размер приемного отверстия 1250 мм, поперечный — 1100 мм. Окружная скорость бил ротора 20, 26,5 и 35 м/с.

Дробилка состоит из сварного разъемного корпуса и ротора с неподвижно закрепленными на нем билами из высокомарганцовистой стали. Ротор вращается в подшипниках, закрепленных на нижней части корпуса, являющейся станиной дробилки. По торцам корпуса ротора крепят болтами диски, расположенные в одной плоскости с боковыми футеровками корпуса, изготовленными из закаленной стали.

В верхней части корпуса дробилки шарнирно подвешивают две сварные плиты, облицованные сменными футеровками из высокомарганцовистой стали. Прочность крепления футеровок обеспечивается клиньями.

При демонтаже пальцев шарнирного соединения верхнюю часть корпуса на катках можно откатывать с помощью специального электропривода, благодаря чему облегчаются доступ к ротору, замена бил и осмотр камеры дробления.

Для быстрого изменения состава получаемого продукта нижний конец плиты соединен тягами с устройствами регулирования

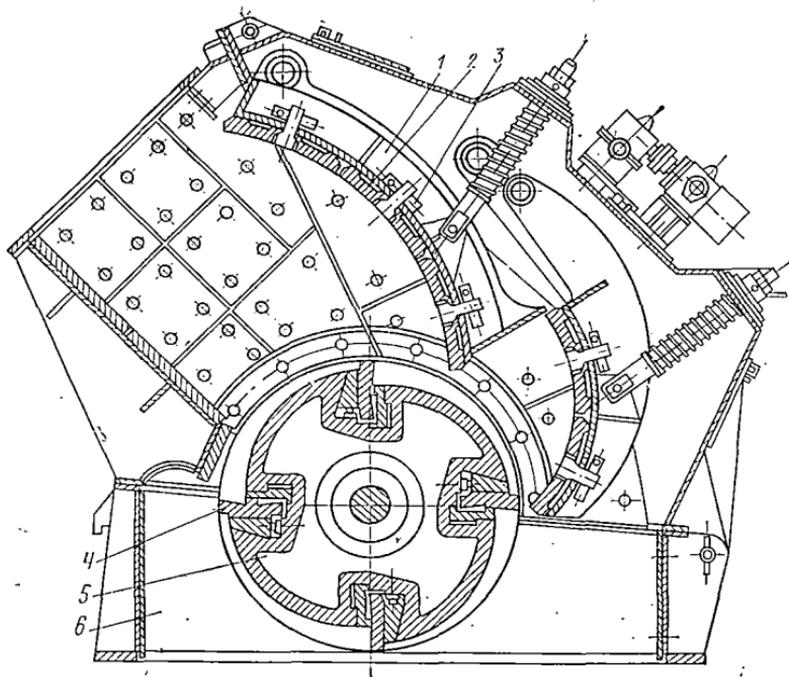


Рис. 113. Роторная дробилка для крупного дробления

1 — плита; 2 — футеровка плиты; 3 — клин; 4 — била; 5 — ротор; 6 — корпус

выходных щелей камеры дробления. Устройства расположены на задних стенках верхней части корпуса дробилки и являются одновременно буферами. При попадании недробимых предметов устройства амортизируют и плиты отклоняются от ротора в сторону задних стенок.

Чтобы предотвратить попадание в дробилку крупных недробимых предметов, рекомендуется устанавливать перед дробилкой магнитный сепаратор.

Дробилку загружают через приемное отверстие. Попадая на приемный лоток, материал движется навстречу быстро вращающемуся ротору, разбивается билами и отбрасывается на отражательную плиту, где дополнительно дробится. Раздробленный материал через щель между билами ротора и отбойной плитой попадает во вторую камеру, где окончательно раздробляется за счет ударов о вторую плиту.

Готовый продукт через щель между ротором и второй отражательной плитой попадает в течку под дробилкой и на разгрузочный конвейер или пластинчатый питатель.

Электроаппаратура дробилки позволяет автоматически останавливать машину при остановке загрузочного и разгрузочного конвейеров.

**Молотковые дробилки** предназначены для дробления малоабразивных материалов.

В дробилках этого типа исходный материал разрушается от ударного воздействия на него молотков и отбойных плит. Кроме того, материал раздавливается и крошится вращающимися молотками, когда находится на колосниковой решетке.

Конструктивно молотковые дробилки бывают одно- и двухроторные, реверсивные (ротор вращается в обе стороны) и неревверсивные, с колосниковой решеткой и без нее.

Двухроторные дробилки могут быть с параллельным и последовательным расположением роторов. При параллельном расположении роторов объем дробящего пространства и площадь колосниковой решетки увеличиваются, что повышает производительность машины. При последовательном расположении роторов материал подвергается двухступенчатому измельчению, в результате чего повышается степень дробления материала.

Недостаток молотковых дробилок с односторонним вращением ротора (неревверсивных) — частая остановка их для замены изношенных молотков. В реверсивных дробилках срок службы молотков увеличен за счет работы их с двух сторон. Ревверсивные дробилки применяют для среднего и мелкого дробления пород средней прочности и влажности.

**Валковые дробилки** используют для среднего и мелкого дробления горных пород. В настоящее время дробилки рассматриваемого типа применяют главным образом в качестве машин вторичного дробления, т. е. после предварительного дробления материала щечковыми или конусными дробилками.

Процесс дробления в валковых дробилках (рис. 114) сводится к следующему: материал загружается на два параллельных валька, вращающихся навстречу один другому. Материал затягивается в промежуток между вальками и подвергается дроблению раздавливанием.

Кроме дробилок с двумя вальками применяют одновальковые дробилки (рис. 115, а). Так как степень измельчения у валковых дробилок с гладкими вальками невелика, то для получения материала заданной крупности используют две дробилки, последовательно размещенные одна за другой (рис. 115, б), или многовальковые дробилки с параллельным или каскадным расположением валков (рис. 115, в).

По технологическому признаку валковые дробилки подразделяют на дробилки для среднего и мелкого дробления, а также для дробления с попутным удалением каменных включений.

По конструкции узлов и деталей дробилки бывают одно-, двух- и многовальковые, с внешним и внутренним расположением валков.

По конструкции рабочей поверхности валков применяют дробилки

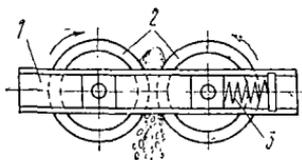


Рис. 114. Процесс дробления в валковых дробилках

1 — рама; 2 — вальки; 3 — пружина

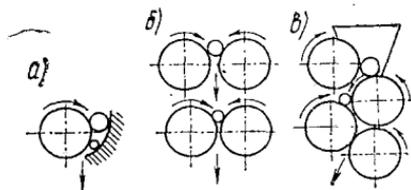


Рис. 115. Схемы валковых дробилок

а — одновальковой; б — двухвальковой; в — многовальковой

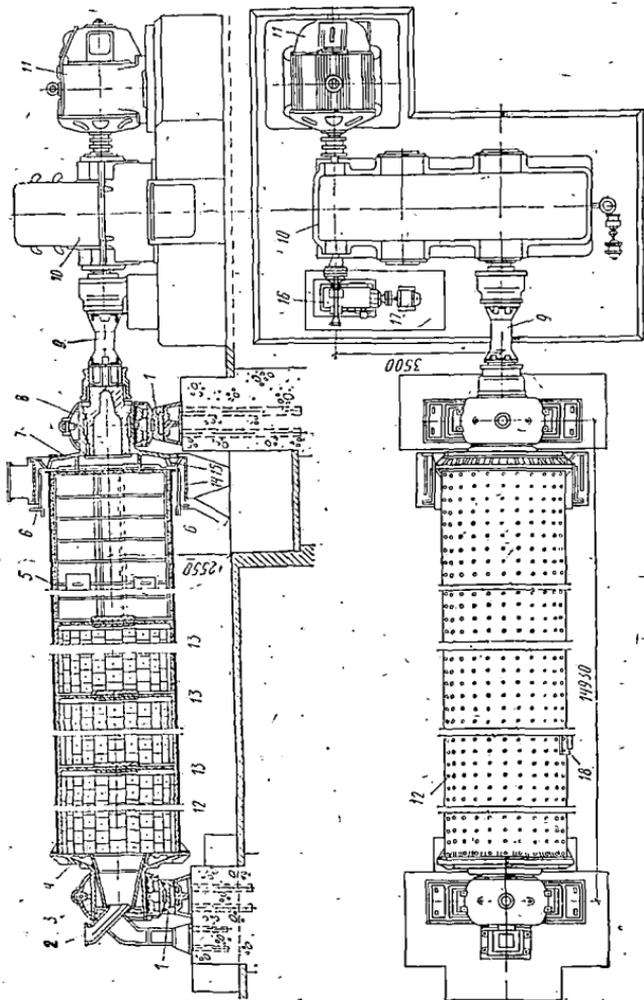


Рис. 116. Трубная многомерная мельница

1 — подшипники цапф;  
 2 — загрузочная воронка; 3 и 8 — пушотелые цапфы; 4 и 7 — торцевые днища; 5 — радиальные перегородки; 6 — сетчатый барабан; 9 — соединительный вал; 10 — редуктор; 11 — электродвигатель; 12 — корпус (барабан); 13 — межкамерные перегородки; 14 — контрольное отверстие; 15 — овальные отверстия в торцевом днище; 16 — промежуточный редуктор; 17 — дополнительный электродвигатель; 18 — загрузочные люки

билки с гладкой, рифленой, ребристой, зубчатой, винтовой поверхностью и поверхностью с углублениями.

По конструкции привода бывают валковые дробилки, в которых установлен один двигатель с клиноременной и зубчатой (или редукторной) передачей на первый валок и с зубчатой или цепной передачей на второй валок, а также дробилки, в которых используют два двигателя с индивидуальным приводом каждого валка через клиноременные передачи.

Преимущества валковых дробилок — простота устройства и надежность работы. Они более экономичны по удельному расходу электроэнергии, чем конусные. Однократное сжатие материала в рабочем пространстве дробилки обуславливает малый выход переизмельченного материала в готовом продукте.

К недостаткам валковых дробилок можно отнести низкую производительность и невысокую степень измельчения. Кроме того, при работе валковых дробилок происходит непрерывная вибрация подвижного валка под действием деформации пружины от давления измельчаемого материала. Вибрации валка вызывают переменные по величине и направлению силы инерции, передающиеся на станину и фундамент.

**Барабанные мельницы** — это машины, в которых материал измельчается внутри вращающегося корпуса под действием мелющих тел, которыми служат металлические и фарфоровые шары, стержни и т. д.

При вращении барабана мелющие тела увлекаются под действием центробежной силы на определенную высоту, а затем падают и измельчают материал.

По принципу действия различают мельницы периодического и непрерывного действия с измельчением материала сухим и мокрым способом. В зависимости от формы барабана различают мельницы цилиндрические, трубные и конические.

По методу загрузки и выгрузки готового продукта различают мельницы с периодической загрузкой и выгрузкой через боковой люк в барабане, с выходом продукта через пустотелую цапфу или через открытую торцевую стенку и с выгрузкой по всей длине барабана через цилиндрическое сито.

Цилиндрические мельницы изготовляют с диаметром барабана 1—2,4 м с отношением  $H/D=1,5-6$ . Чем больше диаметр кусков исходного материала, тем больше должен быть диаметр барабана. Барабанные мельницы большой длины разделяют поперечными решетками на ряд камер, в каждую из которых загружают шары или стержни разного диаметра, при этом диаметр уменьшается от входа к выходу.

На рис. 116 показана многокамерная трубная мельница. Каждая ее камера снабжена лопками, через которые загружают и выгружают мелющие тела, устанавливают и сменяют бронеплиты и межкамерные перегородки.

Материал поступает через загрузочную воронку, измельчается в мельнице и выходит через сетчатый барабан.

## Глава 2. МОНТАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСЛОВИЯ ПОСТАВКИ

В табл. VI.2—VI.11 приведены габаритные размеры и масса наиболее распространенного дробильно-размольного оборудования.

**Т а б л и ц а VI.2. Монтажные характеристики щечковых дробилок со сложным движением щеки**

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса, т
ЩДС-4×6	1700×1600×1800	7
ЩДС-6×9	2700×2500×2600	20
ЩДС-9×12	3500×3500×4000	60
ЩДС-12×15	5000×5000×5500	120
ЩДС-15×21	6000×6500×7000	200
ЩДС-2,5×9	1700×2300×1700	8
ЩДС-4×9	2200×2600×2200	12

Обозначения: Щ — щечковая; Д — дробилка; С — сложное движение щеки; цифры: 4 — ширина приемного отверстия в дециметрах; 6 — то же, длина.

**Т а б л и ц а VI.3. Монтажные характеристики щечковых дробилок с простым движением щеки**

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса, т
ЩДП-4×6	3200×1800×2400	8
ЩДП-6×9	4000×2500×3000	27
ЩДП-9×12	5000×6000×4000	75
ЩДП-12×15	6400×6800×5000	145
ЩДП-15×21	7500×7000×6000	260
ЩДП-21×25	10500×8000×7500	470

Обозначения: Щ — щечковая; Д — дробилка; П — простое движение щеки; цифры: 4 — ширина приемного отверстия в дециметрах; 6 — то же, длина.

**Т а б л и ц а VI.4. Монтажные характеристики конусных дробилок**

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса, (без электродвигателя), т
ККД-500/75	3400×2800×5300	45
ККД-900/140	7000×3300×7500	150
ККД-1200/150	12500×3600×900	240
ККД-1500/180	15000×4800×10600	420
ККД-1500/300	15000×5600×11800	615
КРД-500/60	4500×3500×7000	95
КРД-700/75	4800×3600×7600	145
КРД-900/100	9500×5000×9000	290
КСД-600	1600×1500×1500	5
КСД-900	2800×2000×2300	12,5
КСД-1200	3300×2200×3500	24
КСД-1750	3900×2650×4400	53
КСД-2200	5000×3300×5100	98
КМД-1200	3300×2200×3500	24
КМД-1750	3900×2650×4400	53
КМД-2200	5100×3300×5100	98

Обозначения: К — конусная; К, Р, С, М — крупного, редукционного, среднего и мелкого дробления; Д — дробилка.

Цифры: числитель — размер приемного отверстия дробилки, мм; знаменатель — размер разгрузочного отверстия, мм; одиночная цифра после буквенного обозначения означает диаметр основания дробящего конуса, мм.

В зависимости от габаритов дробилки отправляют на место монтажа в собранном виде или крупными сборочными единицами. Каждая дробилка проходит на предприятии-изготовителе сборку и обкатку на холостом ходу.

В качестве примеров в табл. VI.12—VI.15 приведены условия поставки конусных дробилок.

Таблица VI.5. Монтажные характеристики однороторных дробилок крупного дробления

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса, т
ДРК 5×4	1300×950×1100	2
ДРК 6×5	1650×1150×1400	3,2
ДРК 8×6	2500×1700×2150	6
ДРК 10×8	2600×1850×2200	9
ДРК 12×10	3200×2350×2800	15
ДРК 16×12	4200×2900×3500	30
ДРК 20×16	5000×3600×4400	68
ДРК 25×20	6500×4600×5500	100

Обозначения: Д — дробилка; Р — роторная; К — крупного дробления; цифры: 5 — длина приемного отверстия в дециметрах; 4 — то же, ширина.

Таблица VI.6. Монтажные характеристики однороторных дробилок среднего дробления

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса, т
ДРС 5×5	1400×1300×1050	2,2
ДРС 6×6	1750×1620×1300	3,5
ДРС 8×8	2200×2100×1700	6,5
ДРС 10×10	2700×2800×2100	10
ДРС 12×12	3400×3200×2800	18
ДРС 16×16	4400×4100×3600	30
ДРС 20×20	5500×5200×4500	50

Обозначения: Д — дробилка; Р — роторная; С — среднего давления; цифры: 5 — ширина приемного отверстия в дециметрах; 5 — то же, длина.

Таблица VI.7. Монтажные характеристики валковых дробилок

Марка	Габаритные размеры не более, мм	Масса (без электродвигателя) не более, т
ДГ 200×125	700×400×400	0,12
ДГ 400×250	2500×1600×900	1,7
ДГ 600×400	3500×1800×1400	5
ДГ 800×500	3500×4000×1400	7,8
ДГ 1000×550	3200×4000×1400	13,3
ДГ 1500×600	4300×4700×2100	33
ДР 400×250	3500×1800×1400	5
ДГР 400×250		
ДЧГ 900×700	4500×3400×3700	35

Обозначения: Д — дробилка двухвалковая; Г — гладкие валки; Р — рифленые валки; ДЧ — дробилка четырехвалковая; ГР — гладкие и рифленые валки; цифры: 200 — диаметр валков (мм); 125 — длина валков (мм).

Т а б л и ц а VI.8. Монтажные характеристики шаровых мельниц с решеткой

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса мельницы с редуктором (без электрооборудования и мелящих тел), т
МШР 900×900	2700×2000×1950	5,3
МШР 1200×1200	3600×2400×2100	10,5
МШР 1500×1600	4900×3100×2500	16,5
МШР 2100×1500	6600×4500×3800	36
МШР 2100×2200	8100×4800×3800	43
МШР 2100×3000	8900×4800×3800	48
МШР 2700×2100	8200×6400×5100	67
МШР 2700×2700	8900×6400×5100	71
МШР 2700×3600	9700×6400×5200	80
МШР 3200×3100	9700×6400×5200	97
МШР 3600×4000	13800×7800×5700	160
МШР 3600×5000	14000×7500×5700	165
МШР 4000×5000	14800×8400×6200	265
МШР 4500×5000	15100×9100×6800	300

Обозначения: М — мельница; Ш — шаровая; Р — с решеткой; цифры: 900 — диаметр барабана, мм; 900 — длина барабана, мм

Т а б л и ц а VI.9. Монтажные характеристики стержневых и шаровых мельниц с центральной разгрузкой

Марка	Габаритные размеры, мм	Масса мельницы с редуктором (без электрооборудования и мелящих тел), т
МСЦ 900×1800; МШЦ 900×1800	3800×2200×1600	5,2
МСЦ 1200×2400; МШЦ 1200×2400	4800×2500×2100	14
МСЦ 1500×3000; МШЦ 1500×3000	6300×3600×2600	23
МСЦ 2100×3000; МШЦ 2100×3000	9100×4900×3900	50
МСЦ 2700×3600; МШЦ 2700×3600	10000×6400×5100	81
МСЦ 3200×4500; МШЦ 3200×4500	14100×7430×5620	140
МСЦ 3600×5500; МШЦ 3600×5500	14500×7600×5700	170
МСЦ 4000×5500; МШЦ 4000×5500	15300×8400×6300	250
МСЦ 4500×6000; МШЦ 4500×6000	16000×9100×6800	310

Обозначения: М — мельница; С — стержневая; Ц — центральная разгрузка; цифры: 900 — диаметр барабана, мм; 1800 — длина барабана, мм.

Т а б л и ц а VI.10. Монтажные характеристики трубных мельниц для тонкого измельчения цементного клинкера

Марка	Размеры, мм			Масса, т
	внутренний диаметр барабана	рабочая длина барабана	расстояние между осями цапф подшипников	
2×10,5	1948	10 500	12 000	100
2,6×13	2660	13 000	14 987	260
3,2×8,5	3200	8500	10 540	220
3,2×15	3200	15 000	17 512	360
4×13,5	4000	13 500	16 350	500

Обозначения: ? — внутренний диаметр барабана, м; 10,5 — рабочая длина барабана, м.

**Т а б л и ц а VI.11. Монтажные характеристики мельниц  
мокрого (сухого) самоизмельчения**

Марка	Габариты, мм	Масса, т
ММС-30-10,6	7700×5900×3800	46
ММС-50-23	11700×7500×4800	300
ММС-70-23	17500×10300×4800	430
ММС-90-30	23200×14400×6200	790
ММС-105-38	25000×15500×8000	850
«Аэрофол» Ф 9,7×3,32	33000×12000×13000	1084

Обозначения: М — мельница; МС — мокрого самоизмельчения; «Аэрофол» — сухого самоизмельчения; цифры: 30 — диаметр барабана, дм; 10,6 — длина барабана, дм; 9,7 — внутренний диаметр барабана, м; 3,32 — длина цилиндрической части барабана, м.

**Т а б л и ц а VI.12. Основные поставочные блоки конусных  
дробилок крупного дробления**

Узел	Число поставочных блоков
Нижняя часть корпуса	2
Средняя часть корпуса	4
Приводной вал	1
Ведомый шкив	1
Эксцентрик с конической шестерней	1
Дробящий конус	1
Траверса с балками	3
Привод (без электродвигателя) в сборе	1
Электродвигатель привода	1

**Т а б л и ц а VI.13. Основные поставочные блоки конусных  
дробилок среднего и мелкого дробления**

Наименование узла	Число поставочных блоков
Станина в сборе с опорным кольцом и пружинами	1
Приводной вал в сборе	1
Вал-эксцентрик с ведомой шестерней	1
Опорная чаша	1
Дробящий конус	1
Привод	2

**Т а б л и ц а VI.14. Масса наиболее тяжелых узлов, поднимаемых  
при монтаже дробилок среднего и мелкого дробления, т**

Узлы	Масса узлов при типоразмере дробилки	
	1750	2200
Станина в сборе с опорным кольцом и пружинами	22	40
Дробящий конус	8,8	18
Регулирующее кольцо	8,5	15
Регулирующее кольцо в сборе с кожухом	10	18
Приводной вал	1,1	2,8

### Глава 3. МОНТАЖ ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Выверку дробильного оборудования на фундаменте производят при помощи отжимных винтов, подкладок, клиновых домкратов и других приспособлений.

Монтаж дробилок, поступающих в собранном виде, заключается в выверке их на фундаменте в плане и на горизонтальность. Монтаж дробилок, поставляемых заводом-изготовителем в разобранном виде максимально укрупненными сборочными единицами, выполняют в соответствии с заводскими схемами монтажно-сборочной маркировки.

Отклонения от проектных размеров, допустимые при установке дробилок, приведены ниже.

	Конусные дробилки	Щековые, ударные, валковые дробилки
От горизонтальности, мм/м в поперечном направлении	0,1	0,1
в продольном направлении	0,1	0,5
Перекос относительно основных осей, мм/м	0,5	0,5

Все регулировочные подкладки, на которых оборудование проходило заводские испытания, устанавливают при монтаже. Подкладки не должны иметь забоин, перегибов, вмятин и других повреждений.

Монтаж конусных дробилок крупного дробления. Конусные дробилки крупного дробления монтируют в следующей последовательности. Расконсервируют детали корпуса, устанавливают нижнюю часть корпуса на фундамент и проверяют правильность ее установки (рис. 117). Плотность прилегания поверхностей А и Б проверить щупом. Щуп толщиной 0,03 м не должен проходить на глубину более 30 мм.

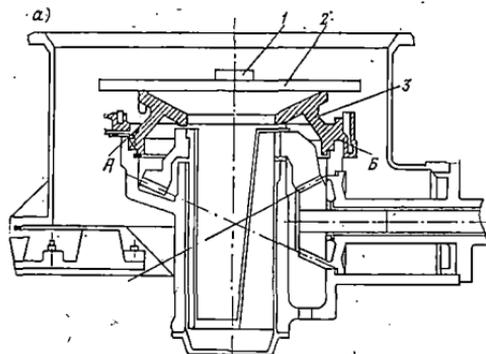
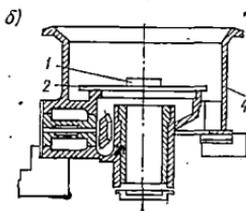


Рис. 117. Схема выверки дробилки

а — схема проверки установки опорной чаши; б — схема проверки установки нижней части дробилки; 1 — уровень; 2 — поверочная линейка; 3 — опорная чаша; 4 — нижняя часть дробилки



Т а б л и ц а VI.15. Масса наиболее тяжелых узлов, поднимаемых при монтаже конусных дробилок крупного и редуционного дробления, т

Узлы	Дробилки крупного дробления					Дробилки редуционного дробления			
	ККД-500/75	ККД-900/140	ККД-1200/150	ККД-1500/180	ККД-1500/300	КРД-500/60	КРД-700/75	КРД-900/100	
Станина в сборе (без патрубков и лотнения)	10,1	33,1	42,5	73	125,2	20,6	29,2	50	
Средняя часть корпуса с бронями	8,5	33,5	45,7/34,3	71,2/57,1	101/94,5	17,9	30,8	59,7	
Траверса (без коллака)	7,6	25,1	39,4	53,5	77,4	10,7	18,3	45,1	
Дробящий конус	7,4	26,8	42,1	76,5	131,9	16	33,2	50,7	
Дробящий конус в сборе с траверсой (без коллака)	15,2	52,4	82	130	213,2	—	—	—	
Средняя часть корпуса в сборе с траверсой и дробящим конусом	—	—	—	—	—	54,5	86,5	160,5	
Эксцентрик	1,4	4,7	6,5	11,2	16,2	4,4	5,0	9,4	
Приводной вал	1,8	1,7	2,8	4,4	5,8	1,6	1,7	5,1	
Гидроцилиндр	1,2	5,0	10,6	16,3	—	5,5	6,7	13,5	

Примечание. В числителе — масса верхнего кольца, в знаменателе — нижнего.

Затем выполняют подливку станины, устанавливают приводной вал, эксцентрик и проверяют зубчатое зацепление, устанавливают среднюю часть корпуса на нижнюю и соединяют их между собой болтами, устанавливают дробящий конус с траверсой и привод. В дробилке с гидравлическим регулированием щели, кроме этого, монтируют рельсовый путь для монтажа и демонтажа гидроцилиндра и узел гидроцилиндра.

Системы смазки и охлаждения, а также гидравлическое устройство и подвод воды в противоположное гидроуплотнение монтируют параллельно в соответствии с заводской инструкцией.

При монтаже дробилки за базу принимают торец втулки центрального стакана станины, оси приводного и ведомого шкива, оси привода со шкивом и клиноременной передачей.

Подошвы станины, фундаментных плит и салазок приводов до монтажа обезжиривают, а сопрягаемые с ними поверхности фундаментов очищают, продувают воздухом и промывают водой. Зазоры для подливки станины и фундаментных плит должны соответствовать заводским инструкциям. Выверку дробилок производят на установочных подкладках при затянутых фундаментных болтах. Подливку производят бетоном марки 300, уплотняя вибратором.

При установке дробилки проверяют радиальный зазор в зубчатом зацеплении, прилегание колец подпятника эксцентрика и осевой люфт приводного вала в соответствии с требованиями заводских инструкций.

Зазор между фланцами корпусных деталей должен быть равномерным. Допускается неравномерность зазора до 0,5 мм. Затяжку болтов крепления производят с применением вытяжных домкратов, поставляемых комплектно с дробилкой, или ключом, обеспечивающим крутящий момент 30—50 кН·м.

Посадка центрального стакана в станину должна обеспечивать плотность соединения во избежание течи масла из масляных ванн зубчатого зацепления.

При монтаже приводного вала нужен осевой зазор вала фиксируется разъемным стопорным кольцом.

Перед установкой эксцентрика проверяют правильность наложения и надежность крепления верхнего кольца подпятника, масляные каналы в нем должны быть прочищены. При установке эксцентрика в нижнюю часть корпуса следят, чтобы зубья колеса без удара вошли во впадины шестерни приводного вала.

Дробящий конус может устанавливаться в дробилку совместно с траверсой или раздельно. При опускании конуса в дробилку не следует допускать опирания сферической шайбы пылевого уплотнения на верхний конец патрубка уплотнения во избежание зависания конуса и повреждения узлов.

Дробящий конус опускают на торец опорного вала осторожно. Опорный подшипник траверсы обильно смазывают густой смазкой, предварительно проверив поступление ее к конусной втулке от станции.

Расклинку броней и заливку их цементным раствором производят в соответствии с требованиями заводских инструкций. Для заливки применяют глиноземистый цемент марки 500 с песком в соотношении 1 : 3 по массе.

Корпус гидроцилиндра регулирования разгрузочной щели монтируют совместно со станиной или раздельно. При их монтаже используют рельсовый путь, поставляемый комплектно с дробилкой. Перед монтажом проверяют сохранность уплотнений гидроцилиндра.

Зазор между траверсой и приемным бункером над дробилкой уплотняют для исключения просыпания материала.

**Монтаж конусных дробилок для среднего и мелкого дробления.** Конусные дробилки для среднего и мелкого дробления, поставляемые заводами-изготовителями в разобранном виде, монтируют в следующей последовательности: устанавливают и подливают станину (при наличии фундаментных плит их устанавливают и подливают перед установкой станины). Затем устанавливают узел приводного вала, диски подпятника и вал-эксцентрик, проверяют зубчатое зацепление, устанавливают опорную чашу, узел дробящего конуса, устройство регулирования щели, регулирующее кольцо с кожухом, загрузочное устройство и, наконец, привод.

Системы смазки и охлаждения, а также подвод воды в противоположное гидроуплотнение монтируют параллельно.

Станины дробилок устанавливают на фундамент или фундаментные плиты в сборе с опорным кольцом и амортизирующим устройством.

Установочные базы при выверке дробилки: обработанная поверхность под опорную чашу и осевые метки на станине.

При установке дробилок на фундаментных плитах сквозные зазоры между станиной и плитами не допускаются. Местные зазоры допустимы до 0,3 мм (рис. 118).

При установке приводного вала проверяют осевой ход вала, который должен соответствовать чертежу, и соответствие толщины набора регулировочных прокладок заводской маркировке, выбитой на фланце станины. Положение приводного вала относительно станины фиксируют штифтом, который обеспечивает правильное расположение смазочных канавок. Конусный диск, обеспечивающий плотную посадку приводного вала в передней опоре, после проверки правильности зубчатого зацепления необходимо затянуть (для дробилок с конусом диаметром 2200 мм и более).

Во избежание загрязнения опорных поверхностей подпятника вала-эксцентрика до монтажа его дисков выполняют окончательную промывку ванны станины. При монтаже дисков подпятника в соответствии с паспортом на дробилку устанавливают прокладки регулирования зубчатого зацепления. При этом проверяют, чтобы штифты, запрессованные в крышке, попали в отверстия нижнего диска. Установку дисков подпятника эксцентрика, а также самого эксцентрика производят с помощью приспособлений, поставляемых в комплекте инструмента.

Разводку смазки по дробилке выполняют до монтажа дробящего конуса.

Дробящий конус при опускании и поднятии нужно слегка оттягивать в сторону противовеса, который находится на коническом колесе. Хвостовик главного вала конуса должен скользить по втулке, соприкасаясь с ней в двух точках. При этом между воротником конуса и маслоотражательным кольцом будет зазор, который обеспечит сохранность пылевого-уплотнения при монтаже.

Перед монтажом узла регулирующего кольца проверяют плотность затяжки брони. Допустимы местные зазоры до 0,3 мм на дуге длиной не более 200 мм с общей суммарной длиной не более 1/5 длины по наружному диаметру. Одновременно проверяют поступление густой смазки в резьбу опорного кольца через тавотницы. При заворачивании регулирующего кольца необходимо контролировать правильное положение уплотнительного рукава в канавке опорного кольца.

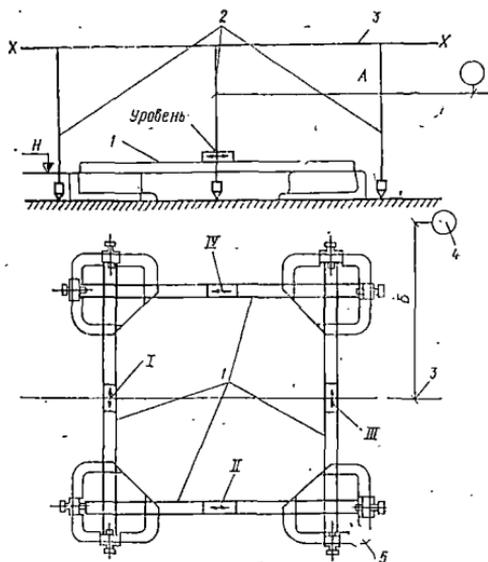


Рис. 118. Схема выверки фундаментных плит  
 1 — поверочная линейка;  
 2 — отвес; 3 — струна;  
 4 — репер; 5 — фундаментная плита; I—IV — положение уровня

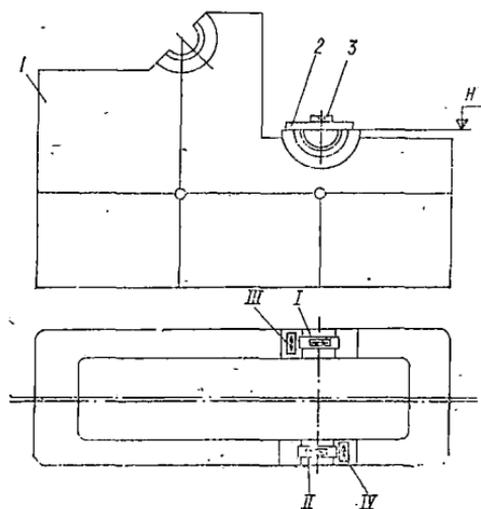


Рис. 119. Схема выверки рамы щековой дробилки  
 1 — рама; 2 — поверочная линейка; 3 — уровень; I—IV — положения уровня

**Монтаж щековых дробилок.** Щековые дробилки, поставляемые в разобранном виде, монтируют в следующей последовательности: расконсервируют детали корпуса, собирают станину, проверяют правильность ее установки на фундаменте и подливают ее, устанавливают подвижную щеку и внутрь рамы укладывают распорные плиты, монтируют задний упор, главный вал и фрикционные муфты, устанавливают на место распорные плиты, монтируют замыкающие пружины, привод, системы смазки и охлаждения, производят испытание дробилок вхолостую.

Выверку дробилок производят на установочных винтах. При этом за базы принимают риски главных осей на станине и расточки подшипников главного вала. Горизонтальность станины проверяют при помощи нивелира или уровня и проверочной линейки (рис. 119).

Нижнюю и верхнюю части станины соединяют на валиках и штифтах (рис. 120). Соединительные болты затягивают с подогревом до 150°C. Равномерность затяжки станины проверяют щупом.

По разъему вкладышей подшипников при монтаже подвижной щеки устанавливают регулировочные прокладки, чтобы обеспечить диаметральный зазор в подшипниках в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

При установке распорных плит проверяют, чтобы затяжка пружин замыкающего устройства обеспечивала плотный контакт распорных плит и сухарей. Их прилегание допускается не более 0,1 мм/м. Масляные карманы распорных плит при монтаже заполняют густой смазкой.

Задний упор монтируют в следующей последовательности: кронштейн (рис. 121) устанавливают на шпонках и крепят болтами. Головки болтов попарно связывают мягкой проволокой во избежание их самоотвинчивания. Устанавливают обойму, предварительно смазав ее густой смазкой. Торец обоймы не должен выступать за внутреннюю поверхность задней стенки рамы. При установке болтов нужно выдержать зазор между ними и задним упором в соответствии с заводской инструкцией. Число прокладок должно соответствовать чертежу. Остальные прокладки служат для регулирования щели в процессе эксплуатации дробилки.

При монтаже главного вала проверяют отсутствие масла на фрикционных дисках. При необходимости диск следует обезжирить. Пружины фрикционных муфт затягивают равномерно без перекоса до размера, указанного на чертеже.

**Монтаж молотковых, однороторных и двухроторных дробилок.** Габаритные дробилки монтируют в сборе на установочных винтах. За базы при установке принимают обработанные поверхности ротора или установочные площадки на их корпусах. Приводы дробилок (электродвигатели с редукторами), соединяемые с дробилками карданными валами, монтируют по установочным базам на раме с точностью, равной точности установки дробилки.

Негабаритные дробилки с подвижной плитой монтируют крупными сборочными единицами в следующей последовательности: устанавливают корпус, подвижную плиту, затем ротор, подвижный конвейер и приводы ротора, конвейера и плиты.

При выверке корпуса за базу принимают обработанные площадки под подшипники ротора. Сопрягаемые поверхности верхней и нижней частей корпуса при сборке уплотняют жидким стеклом или бакелитовым лаком. После установки подвижного полотна проверяют его подвижность в пределах регулирования разгрузочной щели.

При установке ротора проверяют его горизонтальность. При необходимости под подшипники ротора устанавливают подкладки толщиной 0,05—0,7 мм. Осевой разбег подшипника ротора с неподвижной стороны должен быть в пределах 8—12 мм в обе стороны.

Заводы-изготовители поставляют дробилки с отбалансированным ротором. Замену бил ротора при монтаже производят только комплектами билами по маркировке.

При прицентровке двигателя к ротору установка подкладок между рамой и электродвигателем не допускается. Прицентровка произ-

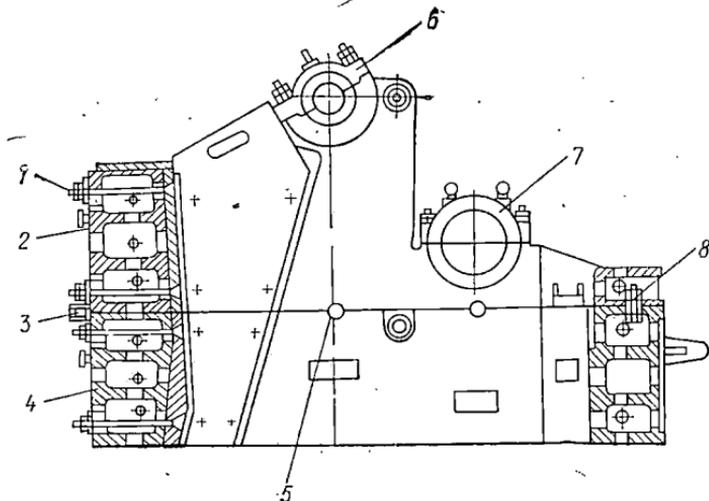


Рис. 120. Щековая дробилка

1 — шпилька для крепления дробящих плит; 2 — верхняя часть станины; 3 — штифт; 4 — нижняя часть станины; 5 — установочный вал; 6 — подшипник подвижной щеки; 7 — подшипник главного вала; 8 — соединительный болт

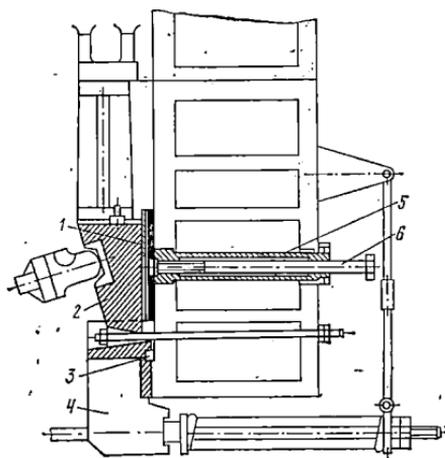


Рис. 121. Установка заднего упора дробилки

1 — регулировочные прокладки; 2 — задний упор; 3 — шпонка; 4 — кронштейн; 5 — обойма; 6 — болт

водится на установочных винтах или подкладках, располагаемых под рамой.

Молотковые мельницы монтируют в следующей последовательности:

устанавливают корпус мельницы, к его ротору прицентривают электродвигатель и производят подливку рам;

устанавливают корпус сепаратора вместе с обслуживающими площадками, а к нему приваривают предохранительные клапаны;

устанавливают на болтах верхнюю часть сепаратора и изнутри приваривают стык фланцевого соединения сепаратора с мельницей;

устанавливают кронштейны с тягами на верхней части сепаратора, проверяют плавность поворота регулировочных лопаток до крайних положений;

присоединяют течку подачи топлива, пылевоздухопроводы, трубопроводы сжатого воздуха, пара и воды;

выполняют теплоизоляцию сепаратора;

производят холостое опробование мельницы.

Установку привода мельницы на фундамент производят бесподкладочным методом, при помощи установочных винтов. При прицентровке электродвигателя к ротору подкладки между двигателем и рамой не допускаются.

Базовые поверхности при установке мельницы — обработанные поверхности ротора и верхнего фланца корпуса. Мельницы следует монтировать в соответствии с монтажно-маркировочными схемами и чертежами.

Отклонение молотковых и валковых мельниц от горизонтальности при их установке допускается не более: вдоль оси ротора — 0,3 мм/м; поперек оси ротора — 0,5 мм/м.

Если проектом предусматривается установка корпуса валковой мельницы с разворотом его по сравнению с заводской сборкой на 180°, то при монтаже перекося стьюемых плоскостей нижней и средней частей корпуса не должен превышать 0,75 мм.

Перед испытанием мельницы проверяют:

наличие уплотнений в местах прохода валков через корпус мельницы;

соответствие рисок на шкале указателя пружинных блоков начальному и рабочему сжатию пружин;

равномерность зазоров между валками и столом (в пределах 3—8 мм);

уплотнения подшипников размольных валков (при подаче в подшипники масло под давлением 0,5—1 кг/см<sup>2</sup> не должно выдавливаться через уплотнения); проверку уплотнений под давлением производят в течение 15 мин.

**Монтаж шаровых, стержневых и трубных мельниц.** Подшипниковые опоры мельниц монтируют в следующей последовательности:

на клиновых или плоских подкладках устанавливают фундаментные плиты;

проверяют прилегание опорных поверхностей подшипников на краску и при необходимости подшабрируют их;

устанавливают подушки подшипников с вкладышами;

после проверки правильности установки барабана закрывают крышки подшипников.

Барабан мельницы опускают на подшипники плавно, чтобы не повредить их баббитовый слой. Собирают его на стенде или шпальной выкладке.

Отклонения от проектных размеров, допускаемые при установке мельницы, приведены ниже.

	Допуски на установку мельниц
Взаимное смещение фундаментных плит (рам) подшипников, мм:	
по высоте	1
относительно основных осей	1
Перекося плит относительно их осей, мм/м	0,5
Отклонение плит от горизонтальности, мм/м	0,2
Отклонение оси барабана от горизонтальности, мм/м	0,2

Цапфы подшипников при строповке барабана (рис. 122) предохраняют его от повреждения. При сборке барабана с торцевыми крышками проверяют совпадение контрольных рисок на фланцах. Разъемы фланцев должны предварительно покрываться слоем сурика. Пригонные болты должны быть плотно забиты. Затяжку болтов производят равномерно.

До установки вращающейся части мельницы на подшипники монтируют и испытывают на плотность систему водяного охлаждения подшипников.

При установке барабана на подшипники проверяют его горизонтальность. Повторно контролируют прилегание вкладышей подшипников к цапфам. Торцевые зазоры между вкладышем подшипника и буртами цапф при этом должны соответствовать чертежу.

Горизонтальность барабана мельниц проверяют в четырех положениях, проворачивая его каждый раз на  $90^\circ$ . Проверку выполняют при помощи уровня, уложенного на цапфы подшипников, или точным нивелированием.

Установку привода производят с использованием бесподкладочного метода на установочных винтах или удаляемых клиновых подкладках.

Смонтированная футеровка мельниц должна удовлетворять следующим требованиям:

зазоры между плитами должны соответствовать чертежу; выступы крепежных болтов над поверхностью плит не допускаются;

болты или шпильки не должны выступать из гайки или контргай-

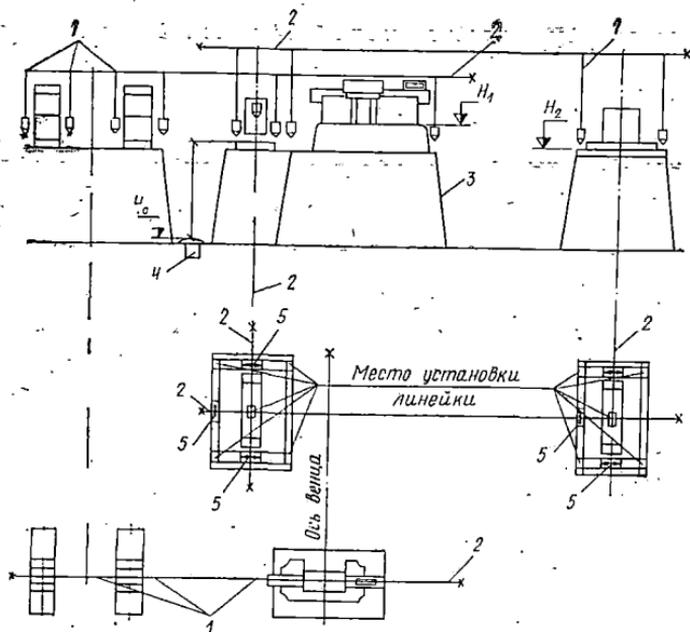


Рис. 122. Схема выверки стержневой мельницы

1 — отвесы; 2 — струны; 3 — фундамент; 4 — репер; 5 — уровень

ки более чем наполовину их диаметра, при этом под гайками должны быть шайбы и уплотнения из резины или асбестового шнура; плиты должны быть надежно закреплены и должны плотно прилегать к корпусу мельницы или прокладкам из резины, войлока; транспортировочные скобы футеровок должны быть срезаны за подлицо с основным телом.

Монтаж подшипниковых опор и барабана мельницы производят в соответствии с вышеописанным.

Разъемный зубчатый венец очищают от защитного покрытия и устанавливают на барабан. Его выверку производят после проверки правильности установки барабана. Радиальное и торцевое биение венца контролируют согласно требованиям чертежей и инструкций завода-изготовителя. При их отсутствии допускается радиальное биение до 1 мм, а осевое — до 1,5 мм.

Кольцевые зазоры между бронеплитами барабана и торцом крышки или решетки, а также зазоры между элеваторами и торцевой стенкой при монтаже заливают цементным раствором марок 500 или 600, состава 1 : 3.

Зацепление регулируют в горизонтальной плоскости упорными винтами на главных подшипниках и на корпусе привода, а в вертикальной плоскости — установкой металлических прокладок и клиньев.

При монтаже входного и выходного патрубков проверяют плотность прилегания асбестовой набивки торцевого уплотнения к кольцу втулки полой цапфы. Зазоры не допускаются.

При установке междукламерных перегородок в трубных мельницах барабана уширенная часть их щелей должна быть направлена в сторону разгрузки. Зазоры между секторами перегородок и бронифутеровкой выдерживают в соответствии с чертежом.

Для уменьшения шума при работе мельниц под бронифутеровки и секторы перегородок укладывают прокладки из резины, асбеста, сукиа или других материалов в соответствии с проектом.

Кольцевые зазоры между корпусом и торцом крышек, футеровкой, трубошнеком и торцевой футеровкой заливают жестким цементным раствором марок 500 или 600, состава 1 : 3.

Положение загрузочной точки на фундаменте при выверке изменяют с помощью установочных винтов. Смещение оси точки от оси мельницы допускается не более 5 мм. Неперпендикулярность оси фланца относительно оси мельницы — 1 мм/м. Дно точки для защиты от износа заливают цементным раствором.

Разгрузочный патрубок устанавливают по маркировочным рискам.

Торцевое биение сита, установленного на разгрузочный патрубок, допускается не более 20 мм.

При монтаже приемной камеры обеспечивают свободное вращение (без заеданий) сита и разгрузочного патрубка. Уплотнение должно быть плотно прижато к вращающимся поверхностям разгрузочного патрубка.

Редуктор главного привода устанавливают с проверкой его высотной отметки и отклонений от проектных осей и горизонтальности.

Для компенсации износа коренных подшипников ось редуктора устанавливается на  $4 \pm 1$  мм ниже оси мельницы.

Смещение осей редуктора от осей мельницы допускается до 3 мм, отклонение от горизонтальности — 0,5 мм/м, перекос — 1 мм/м.

При установке поддона редуктора сопрягаемые поверхности уплотняют пастой «Герметик» или бакелитовым лаком.

Электродвигатель и вспомогательный привод прицепляются к валу редуктора. Отклонения, допускаемые при этом: смещение осей валов — 0,5 мм; перекос — 0,5 мм на диаметре муфты.

Между корпусом мельницы и сепаратором устанавливают паронитовую прокладку, смазанную жидким стеклом или суриком.

При сборке фланцевых соединений пылевоздухопроводов устанавливают асбестовые прокладки. Резьбы крепежных изделий смазывают графитовой смазкой.

## Глава 4. ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА

Испытания и сдача в эксплуатацию смонтированного дробильно-размольного оборудования должны производиться в соответствии с требованиями СНиП III-31-74 «Технологическое оборудование». Правила производства и приемки работ» и СНиП III-3-76 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством предприятий, зданий и сооружений. Основные положения», а также инструкций заводов — изготовителей оборудования.

Смонтированное оборудование должно быть подвергнуто следующим видам испытаний:

на плотность и прочность (фланцевых и резьбовых соединений и уплотнений, а также систем смазки и охлаждения);

индивидуальное испытание вхолостую;

комплексное опробование (вхолостую и на рабочих режимах).

В случае если выполнение индивидуальных испытаний под нагрузкой невозможно в отрыве от испытания всего комплекса смежного оборудования и коммуникаций установки, они выполняются при комплексном опробовании оборудования.

Испытания оборудования вхолостую должны производиться после набора бетоном подливки достаточной прочности по согласованию со строительной организацией.

До начала испытаний необходимо проверить правильность сборки оборудования и работу приборов. При обнаружении несогласованных отступлений от проекта, дефектов изготовления и монтажа оборудования к индивидуальному испытанию вхолостую не допускается.

При подготовке оборудования к испытанию проверяют затяжку резьбовых соединений до анкерных болтов включительно и наличие элементов, предохраняющих их от самоотвинчивания, надежность крепления бронеплит, футеровок, решеток, подшипников и других узлов и деталей оборудования.

Проверяют наличие масла в смазываемых точках, редукторах и работу систем централизованной смазки, отсутствие посторонних предметов внутри механизмов и отсутствие задевания подвижных частей о неподвижные.

Не включая электродвигателя, проворачивают механизм вручную или при помощи лебедок и кранов. Вращение должно быть плавным, без толчков и заеданий.

Затем проверяют направление вращения электродвигателя.

Перед испытанием дробилок необходимо установить разгрузочную щель в соответствии с проектом и инструкцией завода-изготовителя.

В механизмах, имеющих фрикционные или шариковые предохранительные муфты, необходимо отрегулировать величину передаваемого или крутящего момента.

Индивидуальные испытания мельниц вхолостую при нормальной непрерывной работе производят в течение 8 ч, роторных дробилок — 2 ч, остальное оборудование испытывают 4 ч.

Испытание вхолостую считается удовлетворительным при достижении следующих результатов:

правильного взаимодействия движущихся частей машин;  
плавной и спокойной работы зубчатых передач — без резких толчков, стука и вибрации, без следов задиров или выкрошиваний на рабочей поверхности зубьев;

нормального поступления масла во все места смазки, отсутствия утечки масла из системы смазки и устойчивого нормального давления в маслопроводах;

надежного крепления и нормальной работы подшипников, при которой температура их нагрева не превышает температуру окружающей среды более чем на 30—35°C, а по абсолютному значению более чем на 60°C;

отсутствия резких колебаний в потреблении электроэнергии в период испытания;

прочного и надежного крепления бронеплит, футеровок, решеток и других узлов и деталей оборудования.

Испытание дробильно-размольного оборудования под нагрузкой производится, как правило, при комплексном опробовании всей цепи аппаратов или технологической нитки, в которой оно установлено.

Продолжительность испытания под нагрузкой оборудования, включаемого в технологические нитки, принимается в соответствии с требованиями ГОСТов или заводских инструкций, а при отсутствии таких требований — в течение 8 ч непрерывной нормальной работы.

Продолжительность испытания под нагрузкой щековых дробилок составляет 2 ч, валцов для крупного и тонкого помола — 2 ч, остальное оборудование испытывают 4 ч.

Дробильно-размольное оборудование, прошедшее испытание под нагрузкой в индивидуальном порядке или при комплексном опробовании, принимается в эксплуатацию по акту.

Комплексное опробование производится в соответствии с указаниями СНиП III-31-74 «Технологическое оборудование. Основные положения».

К акту сдачи-приемки в эксплуатацию смонтированного дробильно-размольного оборудования должна быть приложена следующая техническая документация:

акт готовности фундаментов и опорных конструкций к производству механомонтажных работ;

акты на скрытые работы по монтажу оборудования;

монтажные формуляры;

акты испытаний систем маслосмазки;

акты испытаний оборудования и обвязочных газо- и воздухопроводов на плотность;

акты индивидуальных испытаний оборудования вхолостую, а по оборудованию, включаемому в уже действующие технологические нитки, либо отдельно стоящему вне общей цепи аппаратов, также и под нагрузкой;

акты испытания блокирующих систем оборудования;

комплект рабочих чертежей на монтаж оборудования с подписью ответственных лиц монтажной организации о соответствии выполненных в натуре работ этим чертежам или с внесением в них изменений, если последние имели место в процессе монтажа.

## Раздел VII. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При монтаже и испытании компрессоров, насосов, аппаратов с движущимися устройствами, дробильно-размольного оборудования необходимо строго соблюдать требования СНиП III-A.1-70, а также ведомственные инструкции по этому вопросу.

Монтажные работы должны выполняться в соответствии с проектом производства работ. В проекте производства работ предусматривают создание условий для безопасного выполнения работ как на строительной площадке в целом, так и на отдельных рабочих местах.

При одновременном производстве работ несколькими организациями на одном строящемся объекте генеральный подрядчик совместно с субподрядными организациями составляет обязательный для всех график, обеспечивающий безопасное ведение строительно-монтажных работ.

Контроль за выполнением мероприятий по технике безопасности возлагается на генерального подрядчика; ответственность за безопасное ведение работ, выполняемых субподрядными организациями, возлагается на руководителей этих организаций.

При выполнении строительно-монтажных работ в цехах и на территории действующих предприятий руководитель этих работ совместно с администрацией предприятия обязан разработать мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ.

Ответственность за соблюдение согласованных мероприятий по технике безопасности несет администрация монтажной организации и предприятия, на территории которого производятся строительно-монтажные работы.

Рабочие и инженерно-технические работники монтажной организации, выполняющие работы в действующем цехе с вредными условиями труда, обеспечиваются спецодеждой, спецобувью, средствами индивидуальной защиты, спецпитанием и пользуются санитарно-бытовым обслуживанием наравне с ремонтным персоналом соответствующей профессии действующего цеха.

На монтажной площадке устраивают пункты питания и здравпункты.

Работающих на монтажной площадке обеспечивают питьевой водой. Питьевые установки следует располагать на расстоянии не более 75 м от рабочих мест.

Если сырая вода в данном районе непригодна для питья, следует обеспечить рабочих кипяченой водой, которая должна соответствовать требованиям стандартов на питьевую воду.

Работа в местах, где возможно образование или появление вредного газа, может быть разрешена только после предварительного согласования с руководством газового хозяйства данного предприятия, которое обязано перед началом работ сделать отбор проб воздуха, чтобы убедиться в отсутствии вредного газа, установить дежурство газоспасателей, организовать пункты неотложной медицинской помощи и т. д.

Если при отборе проб воздуха будет обнаружено присутствие вредного газа, следует устранить возможность заражения воздуха, после чего произвести повторную проверку. При неожиданном появлении вредного газа работы следует немедленно прекратить и вывести рабочих из опасной зоны.

В местах, где возможно образование и появление вредного газа, работающие должны быть обеспечены противогазами, соответствующими химическому составу этого газа.

Работающих на монтажной площадке обеспечивают исправным монтажным инструментом и грузоподъемными механизмами, удовлетворяющими характеру монтажных работ.

Рабочие места монтажников очищают от посторонних предметов, не применяющихся при монтаже данного агрегата, а проходы и проезды к монтируемому и вспомогательному оборудованию освобождают и содержат в чистоте и порядке. Леса и подмости, применяемые на монтажных работах, должны быть, как правило, инвентарными и изготовлены по типовым проектам.

Для подъема рабочих на леса высотой более 12 м необходимо пользоваться лестницами с площадками, располагаемыми в лестничной секции лесов.

Баллоны со сжатым газом следует хранить в специальных закрытых проветриваемых помещениях, изолированных от источников открытого огня и мест сварки.

Запрещается хранить в одном помещении барабаны с карбидом кальция и баллоны со сжатыми газами, а также совместно баллоны с кислородом, ацетиленом, пропаном, бутаном, коксовым газом и другими огне- и взрывоопасными веществами и материалами.

Барабаны с карбидом кальция хранят в сухих, хорошо проветриваемых негорюемых складах с легкой кровлей.

Запрещается устраивать склады в подвальных помещениях, а также оборудовать склады отоплением.

Барабаны с карбидом кальция разрешается хранить в вертикальном положении не более чем в два яруса; между ярусами барабанов должны быть уложены доски толщиной 40—50 мм.

Склады с карбидом кальция должны быть обеспечены противопожарными средствами: огнетушителями ОУ-5 и ящиками с сухим песком в количестве не менее 0,5 м<sup>3</sup> на каждые 50 м<sup>2</sup> площади склада. Запрещается тушить пожар, возникший на складе, водой.

Ядовитые вещества хранят в отдельных хорошо проветриваемых помещениях, удаленных от жилья, столовых, колодезев, водоемов, а также от мест производства строительно-монтажных работ, с соблюдением действующих санитарных норм.

В помещениях, где хранятся указанные вещества, должны быть вывешены соответствующие предупредительные надписи.

Краски, имеющие вредные для здоровья примеси, и другие вредные вещества хранят в особых помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией или хорошо проветриваемых.

Кислоты хранят в стеклянных оплетенных бутылках в отдельных проветриваемых помещениях. Бутылки с кислотой следует устанавливать на полу в один ряд. Каждую из них необходимо снабдить биркой с наименованием кислоты.

Порожние бутылки из-под кислоты следует хранить в таких же условиях.

Горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (керосин, бензин и др.), а также смазочные материалы хранят в специальных складах с соблюдением специальных правил пожарной безопасности.

Запрещается хранить горючие и легковоспламеняющиеся жидкости в открытой таре.

Разливать и выдавать легковоспламеняющиеся жидкости (керосин, бензин и др.) разрешается только в герметически закрывающую

ся металлическую тару при помощи насосов и через медную сетку. Запрещается разливать бензин в ведра и применять сифонные шланги с отсасыванием воздуха ртом.

На таре, в которой хранят и транспортируют этилированный бензин, должны быть сделаны надписи масляной краской.

Осмотр и устранение дефектов или неисправностей оборудования допускается только после его полной остановки.

Вновь поступающие рабочие могут быть допущены к работе только после прохождения ими вводного (общего) инструктажа по технике безопасности и инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте, который должен проводиться также при переходе на другую работу или при изменении условий работы. Проведение инструктажа должно оформляться в журнале по технике безопасности.

Кроме инструктажа необходимо не позднее трех месяцев со дня поступления рабочих на строительство обучить их безопасным методам работы. Обучение производится по «Типовым программам по обучению рабочих безопасным методам труда и проверке знаний инженерно-технических работников по технике безопасности в строительстве».

По окончании обучения главный инженер монтажной организации (управления или участка) должен проверить знания рабочих и выдать им удостоверения. Экзамены принимаются специальной квалификационной комиссией, назначенной приказом начальника управления, причем для проверки знаний рабочих, работающих на механизмах, подведомственных Госгортехнадзору, в состав комиссии должен входить инженер-контролер (инспектор) Госгортехнадзора. Знания рабочих проверяют ежегодно.

Рабочие комплексных бригад должны быть проинструктированы и обучены безопасным приемам по всем видам работ, выполняемых ими.

Начальник или главный инженер управления обязан обеспечить ежегодную проверку знаний правил техники безопасности инженерно-техническими работниками и при неудовлетворительных оценках не допускать их к руководству работами.

К работе на особо опасных и вредных производствах, к которым предъявляются повышенные требования по технике безопасности, могут быть допущены лица, прошедшие обучение по утвержденной программе, сдавшие экзамены и имеющие соответствующее удостоверение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Лопастные и роторные насосы. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1973.
- Насосы осевые типа «О» и «Оп» и центробежные вертикальные насосы типа «В». Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1970.
- Погружные химические насосы. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1970.
- Погружные центробежные насосы для нефти. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1970.
- Химические насосы из неметаллических материалов. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1975.
- Центробежные массные насосы типа «БМ», Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1973.
- Центробежные нефтяные магистральные и подпорные насосы. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1973.
- Центробежные насосы типа «4АХ» (А, К, Е, И). Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1976.
- Центробежные насосы типа «Х». Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1969.
- Центробежные насосы типа «ХО» (А, Е, К, И). Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1977.
- Центробежные электронасосы для загрязненных вод. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1974.
- Центробежные химические насосы типа «ХВ» (ХМС). Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1976.
- Центробежные насосы для заводнения нефтяных пластов. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1975.
- Герметические электронасосы типов ХГВ и ЦНГ для химических производств. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1967.
- Скважинные центробежные насосы. Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1970.
- Энергетические насосы, Каталог, М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1974.
- Центробежные химические насосы на Международной выставке «Насосы и компрессоры — 75». М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1976.
- Компрессорные машины. Каталог-справочник (ч. 6). М., ЦИНТИХимнефтемаш, 1970.
- Центробежные компрессорные машины. Номенклатура РД-3013-76, Хабаровск, завод «Энергомаш», 1976.
- Инструкция по монтажу питательных насосных агрегатов для котлов давлением пара 14 и 10 МПа, М., Информэнерго, 1975.
- Инструкция по установке технологического оборудования на фундаментах (ВСН 361-76/ММСС СССР). М., ЦБНТИ, Минмонтажспецстрой СССР, 1976.
- Макаров Ю. И., Генкин А. Э. Технологическое оборудование химических и нефтеперерабатывающих заводов. М., Машиностроение, 1976.
- Монтаж технологического оборудования химических заводов. Справочник по специальным работам. М., Стройиздат, 1964.
- Альперт Л. З. Основы проектирования химических установок. М., Высшая школа, 1965.
- Мещеряков Ф. Е. Основы холодильной техники и холодильной технологии. М., Пищевая пром-сть, 1975.
- Анохин А. В., Тыркин Б. А. Слесарь-монтажник технологического оборудования нефтехимических и химических производств. М., Стройиздат, 1974.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

## Выверка

проверка вертикальности 24  
проверка горизонтальности 23  
проверка соосности 25

## Допуски

аппараты с перемешивающими устройствами 178  
дробильно-размольное оборудование 207  
компрессоры поршневые, рамы 53  
мельницы молотковые 214  
мельницы шаровые, стержневые и трубные 214  
момент крутящий при затяжке болтов 37  
отклонения в зацеплении венцовой и подвенцовой шестерен сушилок 192  
опорные станции сушилок 190  
перекос и параллельное смещение осей 27  
при проверке соосности валов аппаратов с приводом 27  
провисание струны 27  
перпендикулярность установки шпилек 31  
радиальное биение нижнего конца вала перемешивающих устройств 179  
радиальное биение вала перемешивающего устройства 179  
фундаменты 5  
фундаменты поршневых насосов 103  
центровка валов центробежных компрессоров и насосов 25  
центровка вала редуктора перемешивающих устройств 177

## Испытание

аппараты с перемешивающими устройствами 178  
аппараты с вращающимися барабанами 193  
дробильно-размольное оборудование 217  
оборудование различного назначения 38  
поршневые компрессоры 78  
поршневые насосы 107  
сепараторы 150  
фильтры 165  
центрифуги 147  
центробежные вертикальные насосы 137  
центробежные горизонтальные насосы 122

## Конструкция

аппараты с вращающимися барабанами 180  
вакуум-фильтры барабанные 153  
вакуум-фильтры дисковые 156  
вакуум-фильтры карусельные 156  
вакуум-фильтры ленточные 156  
вакуум-фильтры с внутренней фильтрующей поверхностью 156  
вакуум-фильтры тарельчатые 158  
дробильно-размольное оборудование 194  
объемные насосы 97

поршневые компрессоры 44  
 сепараторы 149  
 фильтры периодического действия под давлением 158  
 фильтр-прессы 162  
 центрифуги маятниковые 147  
 центрифуги осадительные горизонтальные со шнековой выгрузкой 143  
 центрифуги фильтрующие вертикальные и горизонтальные со шнековой выгрузкой осадка 144  
 центрифуги фильтрующие горизонтальные с пульсирующей выгрузкой осадка 144  
 центрифуги фильтрующие с инерционной выгрузкой осадка и с вибрационной выгрузкой осадка 144  
 центробежные вертикальные насосы типов О, ОП, НДСВ и В 129, 135  
 центробежные горизонтальные энергетические насосы типов Пэ, КС и СЭ 118  
 центробежные компрессоры 83  
 центробежные насосы 108  
 центробежные насосы нефтяные и магистральные типов НМ и НМП 127  
 центробежные насосы типа ЦНС 127  
 центробежные осевые химические насосы типа ОХГ 128  
 центробежные скважинные насосы установки типа ЭЦВ и УПТВ 137  
 центробежные электронасосы герметичные типа ХГВ 139  
 центробежные химические насосы типов ХП, ПХП, ВХС, ВХН и ВХА 141

### Маркировка

вакуум-фильтры вращающиеся 153  
 дробилки валковые 204  
 дробилки конусные 203  
 дробилки однороторные крупного дробления 204  
 дробилки однороторные среднего дробления 204  
 дробилки щековые со сложным движением щеки 203  
 дробилки щековые с простым движением щеки 203  
 мельницы мокрого (сухого) измельчения 206  
 мельницы стержневые и шаровые с центральной разгрузкой 205  
 мельницы трубные для тонкого измельчения цементного клинкера 205  
 мельницы шаровые с решеткой 205  
 поршневые насосы 97  
 поршневые оппозитные компрессоры 46  
 поршневые прямоугольные компрессоры 48  
 кристаллизаторы барабанные 184  
 печи химических производств барабанные 183  
 сепараторы 149  
 сушилки барабанные 181  
 фильтры периодического действия под давлением 154  
 фильтр-прессы 163  
 центрифуги 143  
 холодильники барабанные 184  
 центробежные вертикальные насосы типов О, ОП, НДСВ и В 129, 135

- центробежные конденсатные насосы 118
- центробежные компрессоры 88
- центробежные насосы типов Гр, Гру и БМ 125
- центробежные насосы типов НД, Д, Х и АХ 126
- центробежные насосы типа ЦНС 127
- центробежные насосы типа ФВ 142
- центробежные осевые химические насосы типа ОХГ 128
- центробежные питательные насосы 118
- центробежные скважинные насосы установки типа ЭЦВ и УПТВ
- 137 центробежные химические насосы типов ХП, ПХП, ВХС, ВХН и ВХА 141
- центробежные электронасосы типа ХГВ 140

### Монтаж

- барабанные вакуум-фильтры 164
- горизонтальные центробежные насосы 117
- дробилки молотковые 213
- дробильное оборудование 207
- дробилки щековые 211
- дробилки молотковые, однороторные и двухроторные 212
- карусельные вакуум-фильтры 166
- дробилки конусные 207
- мельницы шаровые, стержневые и трубные 214
- поршневые горизонтальные опозитные компрессоры 57
- поршневые компрессоры, поступающие в полностью собранном виде 53
- поршневые насосы, поставляемые в собранном виде 103
- сушилки 183
- поршневые насосы, поставляемые блоками 104
- центробежные вертикальные насосы 129
- центробежные компрессоры с горизонтальным разъемом корпуса 89
- центробежные компрессоры, поступающие в опломбированном виде 90
- центробежные питательные насосы 117
- центробежные скважинные насосные установки типов ЭПВ и УПТВ 138

### Поставка

- аппараты с вращающимися барабанами 182
- аппараты с перемешивающими устройствами 176
- вакуум-фильтры 163
- дробильно-размольное оборудование 204
- поршневые компрессоры 52
- поршневые насосы 102
- сепараторы 150
- центрифуги 147
- центробежные компрессоры 86
- центробежные конденсатные насосы 118
- центробежные насосы типов Гр, Гру и БМ 125
- центробежные питательные насосы 118
- центробежные и осевые насосы 117

## Приемка

здания, сооружения и фундаменты 5  
оборудование 10

## Сборка

верхний зазор во вкладышах 32  
запрессовка 29  
нормальные припуски на обработку 32  
подшипники скольжения 32  
шлицевые соединения 28  
шпоночные соединения 28

## Установка

жесткие опоры 21  
инвентарные домкраты 18  
пакеты подкладок 22  
регулируемые винты 17  
установочные гайки 18

## Монтажные характеристики

аппараты с перемешивающими устройствами 172  
вакуум-фильтры вращающиеся 152  
горизонтальные оппозитные поршневые компрессоры 54  
дробилки валковые 204  
дробилки конусные 203  
дробилки однороторные крупного дробления 204  
дробилки однороторные среднего дробления 204  
дробилки щековые со сложным движением щеки 203  
дробилки щековые с простым движением щеки 203  
мельницы мокрого (сухого) измельчения 206  
мельницы стержневые и шаровые с центральной разгрузкой 205  
мельницы трубные для тонкого измельчения цементного клинкера 205  
мельницы шаровые с решеткой 205  
нефтяные приводные поршневые насосы 105  
поршневые воздушные компрессоры с прямоугольным расположением цилиндров 55  
поршневые газовые компрессоры с прямоугольным расположением осей цилиндров 56  
поршневые паровые горизонтальные и вертикальные насосы 106  
поршневые приводные насосы с нерегулируемой подачей 104  
поршневые приводные химические насосы с регулируемой подачей 103  
сепараторы 151  
сушилки барабанные 181  
фильтры периодического действия под давлением 154  
холодильники барабанные 184  
центрифуги 148  
центробежные вертикальные насосы типов О, ОП, НДСВ и В 129, 135  
центробежные компрессоры 87  
центробежные конденсатные насосы 118

- центробежные питательные насосы 118
- центробежные насосы типов Гр, Гру и БМ 125
- центробежные насосы типов НД, Д, Х и АХ 126
- центробежные насосы нефтяные и магистральные типов НМ и НМП 126
- центробежные насосы типа ЦНС 127
- центробежные осевые химические насосы типа ОХГ 128
- центробежные насосы типа ФВ 142
- центробежные скважинные насосные установки типов ЭПВ и УПТВ 137
- центробежные погружные химические насосы типов ХП, ПХП, ВХС, ВХН и ВХА 141
- центробежные электронасосы герметичные типа ХГВ 139

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.	
Введение . . . . .		3
<b>Раздел I. Подготовительные работы</b> . . . . .		<b>5</b>
Глава 1. Приемка зданий, сооружений и фундаментов под монтаж оборудования . . . . .		5
Глава 2. Организационно-техническая и технологическая подготовка к монтажу . . . . .		6
Глава 3. Приемка оборудования и монтаж . . . . .		10
Поставка . . . . .		10
Консервация на время транспортировки и хранения . . . . .		11
Перемещение оборудования в монтажной зоне. Передача оборудования в монтаж . . . . .		12
Расконсервация . . . . .		15
<b>Раздел II. Общие вопросы производства монтажных работ</b> . . . . .		<b>17</b>
Глава 1. Установка оборудования на фундаментах . . . . .		17
Бесподкладочный монтаж . . . . .		17
Выверка на жестких опорах . . . . .		21
Выверка на пакетах подкладок . . . . .		22
Глава 2. Выверка оборудования в проектном положении . . . . .		23
Глава 3. Сборочные работы . . . . .		28
Сборка деталей машин . . . . .		28
Сборка подшипников . . . . .		31
Сборка зубчатых и червячных передач . . . . .		33
Сборка соединительных муфт . . . . .		33
Глава 4. Монтаж механической части электроприводов . . . . .		34
Глава 5. Закрепление, испытание и сдача смонтированного оборудования . . . . .		36
Детали для крепления оборудования на фундаментах . . . . .		36
Требования к контролю за усилиями затяжки фундаментных болтов . . . . .		37
Виды испытаний смонтированного оборудования . . . . .		38
Премо-сдаточная документация . . . . .		43
<b>Раздел III. Монтаж, испытание и сдача компрессоров</b> . . . . .		<b>44</b>
Глава 1. Поршневые компрессоры . . . . .		44
Конструкция . . . . .		44
Монтажные характеристики и условия поставки . . . . .		52
Монтаж компрессоров . . . . .		53
Испытание и сдача компрессоров в комплексное опробование . . . . .		78
Глава 2. Центробежные компрессоры . . . . .		83
Конструкция . . . . .		83
Монтажно-технические требования к поставке компрессоров . . . . .		86
Монтаж центробежных компрессоров с горизонтальным разъемом корпуса . . . . .		89
Испытание и сдача компрессорной установки . . . . .		96
<b>Раздел IV. Монтаж, испытание и сдача насосов</b> . . . . .		<b>97</b>
Глава 1. Объемные насосы . . . . .		97
Конструкция . . . . .		97
Монтажные характеристики и условия поставки . . . . .		102
Монтаж насосов . . . . .		103
Испытание и сдача насосных агрегатов в комплексное опробование . . . . .		107
Глава 2. Центробежные и осевые насосы . . . . .		108
Классификация и конструктивные особенности . . . . .		108
Монтажно-технические требования к насосам . . . . .		115
Монтаж горизонтальных насосов . . . . .		117
Испытание и сдача горизонтальных насосов в комплексное опробование . . . . .		122
Монтаж, испытание и сдача вертикальных насосов . . . . .		129
<b>Раздел V. Монтаж, испытание и сдача аппаратов с движущимися устройствами</b> . . . . .		<b>143</b>
Глава 1. Центрифуги и сепараторы . . . . .		143
Глава 2. Фильтры . . . . .		151

Глава 3. Аппараты с перемешивающими устройствами . . . . .	169
Глава 4. Аппараты с вращающимися барабанами . . . . .	180
<b>Раздел VI. Монтаж, испытание и сдача дробильно-размольного оборудования . . . . .</b>	<b>194</b>
Глава 1. Конструкция . . . . .	194
Глава 2. Монтажные характеристики и условия поставки . . . . .	203
Глава 3. Монтаж дробильного оборудования . . . . .	207
Глава 4. Испытание и сдача . . . . .	217
<b>Раздел VII. Техника безопасности . . . . .</b>	<b>219</b>
Список литературы . . . . .	222
Предметный указатель . . . . .	223

Виктор Зиновьевич Маршев  
Борис Александрович Тыркин  
Марк Львович Эльяш

Монтаж машин и аппаратов универсального применения

*Редакция литературы по технологии строительных работ*

Зав. редакцией *Е. А. Ларина*  
Редактор *Б. В. Пинский*  
Технический редактор *Ю. Л. Циханкова*  
Корректоры *Е. Н. Кудряцева, В. И. Галюзова*

ИБ № 1615

---

Сдано в набор 3.09.79

Формат 84×108<sup>1/32</sup>

Печать высокая.

Тираж 21 000 экз.

Подписано в печать 30.11.79

Бумага тип. № 1

Усл.-печ. л. 12,18

Изд. № АХ-6890

Гарнитура «Литературная»

Уч.-изд. л. 17,04

Зак. № 517

Цена 1 р. 20 к.

---

Стройиздат, 101442, Москва, Каляевская, 23а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома  
при Государственном комитете СССР  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли  
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

**ДОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КНИГИ,  
МАГАЗИН № 115 МОСКНИГИ,  
ИМЕЕТ В НАЛИЧИИ И ВЫСЫЛАЕТ  
НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ (БЕЗ ЗАДАТКА)  
КНИГИ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ**

**ГЕРВИК Б.** ПРЕДВАРИТЕЛЬНО-НАПРЯЖЕННЫЕ ЖЕЛЕЗО-БЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ПЕР. С АНГЛ. 1978. 1 р. 80 к.

**ГИНДИС Я. П.** ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ГРАНУЛЯЦИИ И ПОРИЗАЦИИ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ. 1978. 35 к.

**ГЛАДКИХ К. В.** ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ И ЗОЛ. 1976. 1 р. 11 к.

**ГЛАДКОВ В. А.** ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ ГРАДИРНИ. 1976. 69 к.

**ГЛАН И.** ЭКЗАМЕН НА КАЧЕСТВО. 1978. 15 к.

**ГЛЕБОВ А. М.** ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ НА СТРОЙКЕ. (ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ). 1979. 2 р. 10 к.

**ГЛИК Ф. Г.** РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ (НА ПРИМЕРЕ МИНСКА). 1977. 35 к.

**ГЛУХОВСКИЙ К. А.** ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК. 1974. 78 к.

**ГОЛЬДИН Э. Р.** МЕХАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ. 1979. 45 к.

**ГОЛЬДШТЕЙН Л. Я.** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЗОЛ И ШЛАКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА. 1977. 1 р. 54 к.

**ГОРЕНШТЕЙН Б. В.** ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ. (МЕТОДЫ РАЗРАБОТКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК, СКЛАДОВ И ОБОЛОЧЕК ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ). 1976. 53 к.

**ГОРЬКОВА И. М.** ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД В СТРОИТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ. 1975. 70 к.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ. А. М. ЯКШИН, 1979. 2 р.

**ГРИГОРЬЕВ Г. В.** НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. 1977. 25 к.

**ГУСЕЛЬНИКОВ В. М.** ЭКОНОМИКА ЗАСТРОЙКИ ПОСЕЛКОВ СОВХОЗОВ И КОЛХОЗОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ. 1978. 50 к.

**ГУТНОВ А. Э.** БУДУЩЕЕ ГОРОДА. 1977. 75 к.

**ДВОРЕЦКИЙ С. Ф.** ШКОЛА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ДОМОСТРОЕНИЯ. (ОПЫТ ГЛАВМОССТРОЯ). 1978. 40 к.

**ДЖАНДИЕРИ М. И.** НАРОДНАЯ БАШЕННАЯ АРХИТЕКТУРА. 1976. 95 к.

ДИНАМИКА И ТЕРМИКА РЕК. 1973. 2 р. 45 к.

**ДИНКЕВИЧ С. З.** РАСЧЕТ ЦИКЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ. СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД. 1977. 33 к.

**ДМИТРИЕНКО Ю. Д.** ГИДРООТВАЛЫ ИЗ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ. 1975. 26 к.

ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯЙТЕ ПО АДРЕСУ: 113509, МОСКВА, УЛ. КРАСНОГО МАЯКА, Д. 11, КОРП. 1. ОТДЕЛ «КНИГА — ПОЧТОЙ» МАГАЗИНА № 115 МОСКНИГИ.