Библиотека СОК

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

В.Г. ИГНАТЬЕВ, А.И.САМОЙЛОВ

Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования

Допущено Министерством торговли СССР в качестве учебника для учащихся техникумов, обучающихся по специальности 0565 «Холодильно-компрессорные машины и установки»



МОСКВА

ББК 31.392
И 26
УДК 621.565:69.057.16 (075)

Рецензенты: Московский техникум общественного питания *(В. И. Канторович)* и Ленинградский институт холодильной промышленности *(канд. техн. наук Ю. Д. Румянцев)*

Игнатьев В. Г., Самойлов А. И.

И 26 Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования.— М.: Агропромиздат, 1986.— 232 с: ил.— (Учебники и учеб. пособия для техникумов).

Описаны материально-технические средства для проведения монтажных и ремонтных работ, рассмотрены технология их производства, планирование и организация, в том числе система планово-предупредительного ремонта оборудования.

Книга предназначена в качестве учебника для учащихся техникумов по специальности «Холодильно-компрессорные машины и установки».

2303050000—517
И ——— 323-86 ББК 31.302
035 (01)—86

ВВЕДЕНИЕ

Интенсификация развития народного хозяйства, предусмотренная решениями партии и правительства, связана с необходимостью повышения качества монтажа, обслуживания и ремонта холодильного оборудования. Решению этих задач подчинена работа средних специальных учебных заведений по повышению качества подготовки специалистов среднего звена. I

Настоящий учебник написан в соответствии с действующей программой курса «Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования» для средних специальных учебных заведений.

Основное внимание авторы уделили изложению практических вопросов, связанных с монтажом, эксплуатацией и ремонтом холодильного оборудования, применяемого в системе Министерства торговли СССР.

Монтаж оборудования — это комплекс работ по его установке, наладке и пуску в эксплуатацию.

В схему холодильной установки входят компрессоры, аппараты, вспомогательные механизмы и системы трубопроводов для хладагента, хладоносителя и воды.

Холодильное оборудование небольшой производительности поставляют в виде агрегатов. Агрегат устанавливают в предназначенном для этого по проекту месте и подключают к электрической сети.

Холодильное оборудование производительностью до 116 кВт является основным е предприятиях торговли, пищевой, молочной и мясное промышленности...Поставляют его б виде отдельных агрегатов. Монтаж заключается в размещении агрегатов в соответствии с проектом и обвязке их трубопроводами.

Оборудование производительностью свыше 116 кВт поступает на монтаж в основном по узлам. Монтаж этого оборудования наиболее сложен и трудоемок.

Эксплуатация холодильных установок — это совокупность всех ее стадий, включая подготовку к пуску, использование по назначению, техническое обслуживание, а также хранение и транспортировку.

Техническое обслуживание — это комплекс работ, проводимых для поддержания исправности холодильной установки.

Ремонт оборудования — это восстановление его работоспособности, утраченной в процессе эксплуатации. Ремонт любого оборудования заключается в разборке, очистке, дефектации узлов и деталей. В ходе ремонта детали или заменяют новыми, или снимают с оборудования и восстанавливают в ремонтных цехах. Технология ремонта холодильного оборудования сложна и связана с необходимостью наличия материально-технической базы.

* В практике встречается два способа выполнения работ: подрядный и хозяйственный. При ' подрядном способе все работы выполняются специализированными организациями, при хозяйственном все работы выполняются предприятием — владельцем оборудования с использованием собс.' венной *м*атеркалшб-техничес-

Экеллуатас.и.., крупныч холодилъ-

ных установок осуществляется, как правило, самим предприятием — владельцем оборудования, эксплуатация малых автоматизированных холодильных установок — специализированными предприятиями.

Подрядное выполнение работ в ряде случаев имеет существенные преимущества перед хозяйственным. Специализированные предприятия, которые выполняют однородные работы в большом объеме, могут использовать индустриальные методы монтажа и ремонта оборудования.

Отношения между заказчиком и подрядчиком регулируются договором, в котором должны быть оговорены обязанности сторон, а также сроки выполнения работ, поставки в монтаж (ремонт) оборудования, порядок взаиморасчетов и др.

Работы по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту холодильного оборудования выполняются специализированными предприятиями министерств и ведомств, использующих холодильное оборудование. В системе Министерства торговли РСФСР эти работы выполняет трест «Росторгмонтаж», располагающий сетью специализированных комбинатов холодильного оборудования и ремонтно-монтажных комбинатов.

На выработку холода расходуется большое количество электроэнергии (30—40 % общего расхода электроэнергии на предприятии). В связи с этим очень важное значение имеют своевременный и качественный ремонт холодильного оборудования, а также эксплуатация его в оптимальных режимах, обеспечивающих поддержание расчетных температур при минимальном расходе электроэнергии. Это достигается в том случае, если персонал, занимающийся ремонтом и эксплуатацией холодильного оборудования, в совершенстве владеет специальностью, излагаемой в настоящем учебнике.

Раздел «Ремонт холодильного оборудования» написан В. Г. Игнатьевым, разделы «Монтаж холодильного оборудования» и «Эксплуатация холодильного оборудования» — А. И. Самойловым.

Авторы выражают глубокую признательность В. И. Канторовичу и Ю. Д. Румянцеву за обстоятельный разбор рукописи, который позволил сделать изложение материала более ясным и методически строгим.

Раздел I

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава I

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ, ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

До начала монтажных работ, в соответствий со СНиП III-А. 6—62, проводят организационно-техническую подготовку, в которую входит: получение от заказчика или генерального подрядчика проектно-технической документации; разработка и утверждение проекта организации монтажных работ; организация складов, площадок для хранения оборудования и материалов, поступающих на монтаж; возведение временных сооружений, включая бытовые помещения для рабочих, занятых на монтаже; получение от заказчика оборудования согласно проекту; монтаж эксплуатационного и подъемно-транспортного оборудования, необходимого для производства монтажных работ.

Весь комплекс подготовительных работ позволяет в дальнейшем вести монтаж оборудования с наименьшими затратами труда.

§ 2. ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для правильной организации и производства монтажных работ должна быть своевременно оформлена необходимая проектно-техническая документация, которую можно разделить на две группы: проектно-сметная документация на монтаж оборудования и техническая документация.

Проектно-сметная документация. Она состоит из рабочих чертежей и смет и выдается монтажной организации в двух экземплярах.

В комплект рабочих чертежей, передаваемых монтажной организации, входят: заглавный лист с перечнем чертежей; генеральный план с нанесенными на нем подземными и наземными коммуникациями, транспортными путями и др.; рабочий проект холодильной установки, содержащий планы и разрезы машинного и аппаратного отделений (цехов), холодильных камер с привязкой оборудования к строительным осям, схемы трубопроводов хладагента, рассола и водяных (в зависимости от способа охлаждения); чертежи общих видов и узлов нетиповых технологических металлоконструкций, а также нестандартизированного оборудования в объеме, необходимом для разработки деталировочных чертежей; перечни примененных стандартов, нормалей и чертежей типовых конструкций со ссылкой на их номера; ведомость объемов механомонтажных работ по объектам строительства и видам работ.

Большой объем в монтажных работах на холодильных установках занимает монтаж технологических трубопроводов. В состав рабочих чертежей по трубопроводам входят: монтажно-технологические схемы; монтажные чертежи трубопроводов; нетиповые чертежи креплений трубопроводов; спецификация по линиям — трубный журнал; сводная спе-

цификация труб, арматуры, фасонных деталей, фланцев и т. д.

Все трубопроводы, показанные на схемах, маркируются по транспортируемым средам и линиям. Основные трубопроводы имеют маркировку: водяные— 1, паровые — 2, воздушные — 3, аммиачные — 11, масляные—14, хладоновые — 18, хладоносителя — 32ХН. На всех трубопроводах, нанесенных на схемы, стрелками показывают направление движения среды.

В монтажных чертежах на трубопроводы должны быть показаны: привязочные размеры, высотные отметки; уклоны трубопроводов, крепления трубопроводов с маркировкой их согласно сводной спецификации креплений; врезки приборов автоматического контроля и управления.

В сметную документацию входят: сводная смета, определяющая общую стоимость строительства; сметы на отдельные объекты; сметы на приобретение оборудования и его монтаж; единичные расценки на строительно-монтажные работы, отсутствующие в сборниках единых районных единичных расценок на строительные работы и в ценниках на монтаж оборудования; сметы на проектные и изыскательские работы. Сметы на строительство и монтаж до их утверждения согласовывают с подрядными организациями.

На время производства работ монтажной организации заказчик обязан передать следующую техническую документацию: паспорта на оборудование; комплектовочные ведомости; сборочные чертежи оборудования; маркировочные схемы на узлы и детали, поставляемые в разобранном виде; технические условия на поставку оборудования; инструкции по монтажу и пуску оборудования; акты на контрольную сборку, обкатку, испытание и приемку оборудования.

Техническая документация. К ней относятся проект производства монтажных работ (ППР), технологические карты на монтаж оборудования, поступающего в разобранном виде, техническая документация на оборудование и исполнительная документация. Основой проекта производства монтажных работ является проект организации строительства, который разрабатывается организацией, выполняющей проект.

При составлении ППР предусматривают: наиболее эффективные и современные методы монтажа холодильных установок; максимальное использование для монтажа оборудования, трубопроводов и металлоконструкций грузоподъемных механизмов, применяемых при основном строительстве; использование эксплуатационных подъемно-транспортных средств (кран-балки, тельферы и т. п.) для монтажа; устройство подъездных путей для транспортировки оборудования, конструкций и материалов; устройство площадок и навесов для хранения поступающего на монтаж оборудования, материалов; обеспечение монтажной площадки электро- и теплоэнергией, водой, канализацией, сжатым воздухом, необходимыми для производства монтажных работ; освещение площадки согласно существующим нормам.

Проект производства монтажных работ должен включать: пояснительную записку с краткой характеристикой строящегося холодильного предприятия, описанием принятых методов монтажа с расчетом и выбором необходимых такелажных средств; монтажный генплан с указанием путей транспортировки оборудования, мест размещения площадок для укрупнительной сборки узлов, складов хранения основных и вспомогательных материалов и мест хранения кислорода, пропан-бутана, ацетилена (карбида кальция); технологические схемы монтажа оборудования, трубопроводов, конструкций в планах и разрезах; поэтажные планы размещения оборудования и конструкций с указанием технологической последовательности монтажа компрессоров, агрегатов и др.; таблицы массы и габаритных размеров монтируемого

оборудования и конструкций; календарные планы-графики передачи оборудования в монтаж; перечень монтажного оборудования, механизмов и инструментов с указанием необходимого их количества; инструкции по испытанию холодильных систем перед их заполнением холодильным агентом (хладоносителем), карта производства сварочных работ; перечень основных мероприятий по безопасному производству работ, пожарной безопасности, графики выполнения работ.

Проекты производства работ необходимы при монтаже крупных объектов, а при монтаже небольших установок ограничиваются тем, что монтажная организация составляет технологическую записку, в которой основные положения ППР излагаются более сокращенно, чертежи для монтажа не разрабатывают.

К исполнительной документации относятся акты на скрытые[1] и нескрытые работы, а также протоколы наблюдения за изменением каких-либо процессов в установке (например, за изменением давления в системе при испытаниях).

К скрытым относятся такие работы, как заложение бетонного основания фундаментов, закрытая прокладка электросетей, водопровода, канализации и др.

Акты на нескрытые работы подтверждают выполнение работ и их соответствие проекту, например акт сдачи установки в эксплуатацию. Перечень исполнительной документации определяется СНиПом.

Глава 2

МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

§ 3. ОПОРЫ И ФУНДАМЕНТЫ

Опоры — это поверхности, обладающие прочностью, достаточной для того, чтобы воспринимать нагрузку от монтируемого на них оборудования. Опорами служат обычно полы, перекрытия, колонны и т. п.

Фундаменты — это специальные строительные конструкции, предназначенные для закрепления на них оборудования согласно проекту. Фундаменты рассчитывают с учетом статистической и динамической нагрузки (динамическая нагрузка возникает при работе оборудования). Фундаменты, воспринимающие оба вида нагрузок, изготовляют в виде монолитных ,сборных и виброизоляционных конструкций из бетона или железобетона.

Монолитные и сборные фундаменты. При монтаже средних и крупных холодильных машин обычно применяют монолитные фундаменты. Как правило, фундаменты размещают на грунте для предотвращения осадки фундамента.

Фундамент (рис. 1, а) состоит из оголовка *А,* выступающего над полом, на котором размещается оборудование, и нижней части *Б,* опирающейся на грунт. Нижнюю плоскость фундамента называют подошвой, а грунт, на который опирается подошва,— основанием. Правильный выбор основания предотвращает осадку фундамента и обеспечивает устойчивое состояние оборудования, монтируемого на фундаменте.

Высоту подземной части фундамента называют глубиной заложения. Глубина заложения фундамента зависит от многих факторов: характеристики грунта, глубины промерзания, уровня грунтовых вод. Глубины заложения фундаментов должны приниматься в соответствии со СНиП II-15—74 «Основания зданий и сооружений» и СНиП П-Б.5—67 «Свайные фундаменты. Нормы проектирования». Некоторые виды фундаментов, предназначенных для размещения холодильного оборудования, представлены на рис. 1,6, *в, г.*

Виброизоляционные фундаменты. Такие фундаменты (рис. 2) применяют при монтаже агрегатов малой и средней производительности в по-

[1] Скрытыми называют работы, качество которых может быть проверено только на определенной стадии выполнения работ.

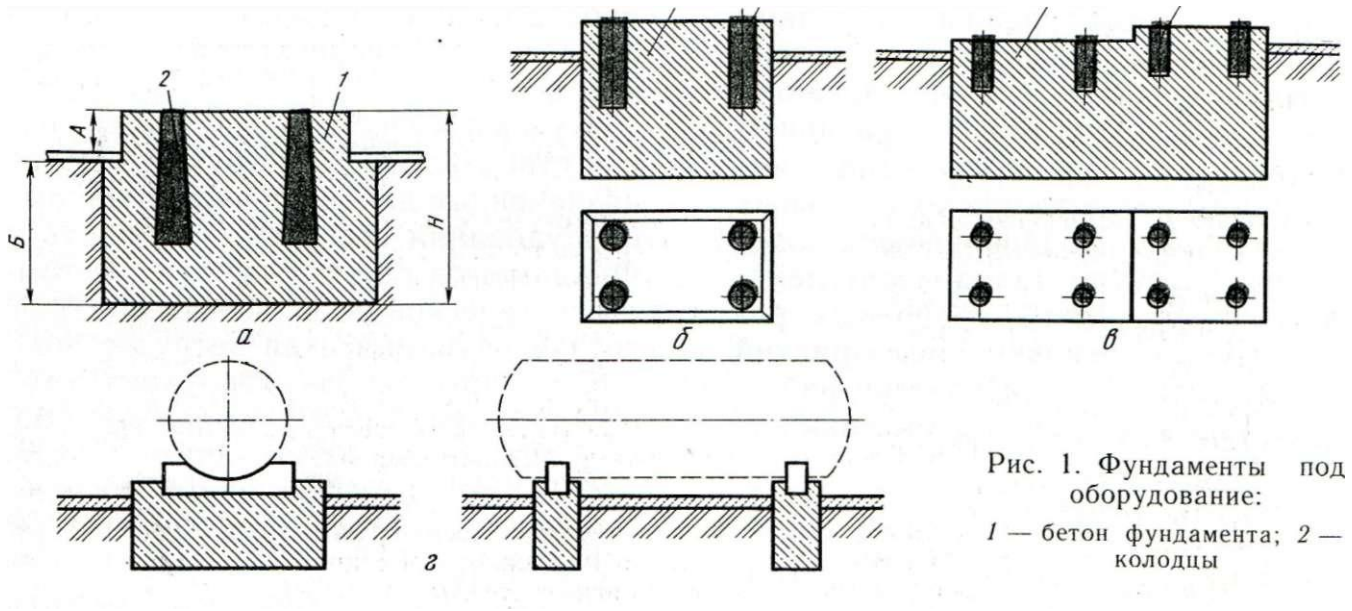


Рис. 1. Фундаменты под оборудование:

1 — бетон фундамента; *2* — колодцы

мещениях для снижения шума (в машинном отделении и соседних помещениях) . Виброизоляционные фундаменты обычно состоят из двух железобетонных плит с виброизоляционным слоем между ними. Виброизоляционный слой может быть выполнен в виде пружин или резиновых прокладок. На верхней плите монтируют оборудование, нижняя является основанием фундамента (наиболее целесообразно эту плиту размещать в бетонной подготовке чистого пола).

Для ограничения распространения вибрации на строительные конструкции фундаменты таких машин, как компрессоры, крупные насосы, отделяют от конструкции зданий экранами в виде траншеи шириной 200—250 мм по всему периметру фундамента. Траншею заполняют сухим песком или неутрамбованным шлаком.

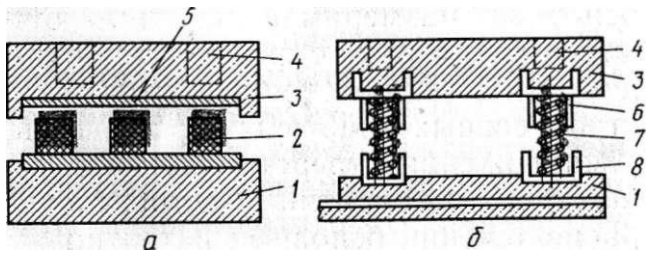


Рис. 2. Виброизоляционные фундаменты на резиновых (а) и пружинных амортизаторах (б):

3 — железобетонные цлиты; *2* — резиновые пластины; *4* — колодцы для болтов; 5 — антисептированные доски; *6* — верхний стакан; 7 — пружина; *8* — нижний стакан

Расчет фундаментов. При расчете определяют давление, создаваемое подошвой фундамента на основание, которое сравнивают с нормативным по СНиП 11-15—74 (табл. 1).

Для учета влияния динамических нагрузок в расчет вводят коэффициент а, изменяющийся от 0,3 до 1. Чем выше степень уравновешенности, тем меньше значение этого коэффициента.

Давление на грунт, создаваемое машиной и самим фундаментом, определяют по формуле

$$p = \frac{G_{,,} + G_{г.р}}{aF}$$

где p — действительное давление на грунт, Klla; $О_м$, $G_{г.р}$ — вес соответственно машины и фундамента, кН; F—площадь подошвы фундамента, м²; a — коэффициент динамичности машины.

Площадь подошвы фундамента определяют по габаритным размерам рамы машины с учетом припуска по 100—200 мм на каждую сторону фундамента.

Необходимый объем фундамента

$$V=FH,$$

где V — объем фундамента, м³,

и его вес

$$G = Vy,$$

где y — удельный вес бетона фундамента (7=124-27 кН/м³).

Таблица 1

Категория	Наименование грунтов	Условное расчетное давление (по СНиП 11-15—74), кПа
I	Суглинки и глины текучепластичные и текучие. Супеси текучие. Заторфованные грунты. Илистые грунты. Насыпные грунты, уложенные без уплотнения. Пески рыхлые. Пески пылеватые, насыщенные водой	100
II	Суглинки и глины мягкопластинчатые. Супеси пластинчатые. Пески пылеватые влажные	100—150
III	Суглинки и глины тугопластичные и полутвердые. Супеси пластинчатые. Пески (мелкие влажные, пылеватые маловлажные)	150—250
IV	Суглинки и глины твердые. Супеси твердые. Пески крупные и средней крупности независимо от влажности. Пески мелкие маловлажные. Крупнообломочные грунты	250

Вес машины приводится в технической документации.

Полученное по формуле значение давления сравнивают с условным расчетным $R_н$ (табл. 1). При этом возможны два случая. Если $p \wedge R_н$, то фундамент устойчивый и не даст осадки. Если $p > R_н$, то площадь фундамента необходимо увеличить.

При размещении оборудования на перекрытии расчет заключается в определении удельной нагрузки на перекрытие по формуле

$$\frac{G_м + G_п}{aF} < 6 \text{ Ч } 7,$$

где p — удельная нагрузка на перекрытие, кПа; $G_м$ — вес машины, кН; $G_п$ — вес площадки перекрытия и фундамента, кН (из проекта); ос — коэффициент динамичности; F — площадь подошвы площадки, м^2.

Если при расчете удельная нагрузка получается выше допустимой, то оборудование устанавливают на специальные разгрузочные балки (швеллеры, двутавры, деревянные брусья и т. п.), которые опираются на большую площадь перекрытия и колонны.

Изготовление фундамента. Фундаменты изготовляются строительными организациями в процессе выполнения общестроительных работ. Материалом для фундаментов служит в основном бетон. Как исключение для изготовления фундаментов машин холодопроизводительностью до 60 кВт разрешается применять хорошо обожженный кирпич марки 100 на цементном растворе марки не ниже 70.

Расположение и размеры фундаментов должны быть такими, чтобы центры тяжести фундамента и монтируемого оборудования находились на одной вертикали; отклонение допускается в следующих пределах: для грунтов с нормативным давлением $/?_н \wedge$ 15 кПа — 3 %, для грунтов с R»> 15 кПа — 5 % от размера той стороны подошвы фундамента, куда смещается центр тяжести.

Принимаемые под монтаж фундаменты должны быть освобождены от опалубки, очищены от строительного мусора. Все каналы в полах, отверстия и проемы в стенах ограждаются.

Приемка фундамента. При приемке фундамента под монтаж проверяют: общее состояние поверхностей фундамента; соответствие проекту по основным размерам и высотным отметкам, наличие и размеры проходов до соседних фундаментов или строительных конструкций; точность расположения отверстий для анкерных или фундаментных болтов; схему расположения основных и контрольных осей и высотных реперов.

В процессе приемки фундаментов контрольные кубики, отлитые из того же бетона, что и фундамент, испытывают в лаборатории на сжатие и результаты испытаний сопоставляют с требованиями СНиП или техни-

ческими условиями на.производство и приемку работ.

Для крепления компрессорных машин и агрегатов средней производительности, насосов, аппаратов и сосудов на фундаментах применяют анкерные или фундаментные болты; для крепления компрессоров большой производительности — анкерные болты.

Фундаментный болт (рис. 3) — это стальной стержень, закладная часть которого закрепляется в бетоне фундамента. Для улучшения сцепления с бетоном фундамента закладную часть изготовляют изогнутой (см. рис. 3, а), разветвленной (см. рис. 3, *б)* или заершенной. При монтаже машин производительностью до 52 кВт в фундаменте оставляют гнезда, куда заделывают фундаментные болты.

Анкерные болты (рис. 4) имеют такое же назначение, как и фундаментные. Для закрепления их на фундаментах служат закладные детали—анкерные плиты, которые закладывают в фундамент при его изготовлении. Анкерные болты соединяют с пЛитой с помощью резьбы или путем поворота Т-образной головки болта.

Анкерные и фундаментные болты поставляют комплектно с оборудованием. При отсутствии болтов их диаметр определяют по размерам отверстий в раме или в опорных лапах машин. Глубину заложения болта можно ориентировочно принять равной 15—20 его диаметрам.

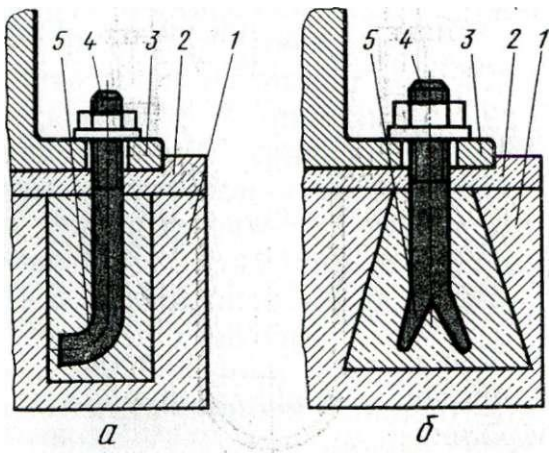


Рис. 3. Фундаментные болты:

1 — фундамент; *2* — подливка фундамента; *3* — рама компрессора; *4* — фундаментный болт; *5* — закладная часть

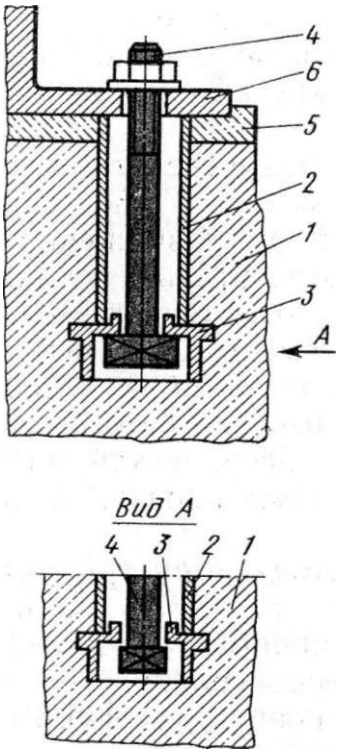


Рис. 4. Анкерный болт:

1 — фундамент; *2* — анкерный колодец; *3* — анкерная плита; *4*—анкерный болт; 5—подливка фундамента; *6*—рама компрессора

§ 4. РАЗМЕТОЧНЫЕ РАБОТЫ

Разметочные работы проводят для размещения оборудования и коммуникаций в вертикальной и горизонтальной плоскостях в полном соответствии с проектом. Разметкой в горизонтальной плоскости определяют положение оборудования, осей фундаментных болтов относительно монтажных осей или строительных конструкций помещения.

Монтажные оси — это две взаимно перпендикулярные оси, проходящие через характерные точки основных деталей машин и аппаратов (оси валов компрессоров и электродвигателей, плоскости рамы и др.). В помещении монтажные оси обозначают с помощью капроновой нити или стальной проволоки, натянутой между закрепленными в стенах скобами.

Проекции осей оборудования и фундаментных болтов наносят на

пластины, заделанные в бетон фундамента в виде тонких рисок, очерченных кругами белой или красной краски.

При разметке в вертикальной плоскости определяют высоту фундаментов и размещения оборудования относительно пола. Для отсчета высоты служат высотные отметки. Высотная отметка (репер) представляет собой стальной винт, заделанный в бетон фундамента. Верхняя сферическая часть репера соответствует проектной высоте фундамента.

Разметочный инструмент. Для выполнения разметочных работ применяют мерные и контрольные линейки, отвесы, уровни, нивелиры, чертилки. Уровни применяют слесарные, монтажно-рамные и гидростатические.

Слесарный уровень (рис. 5) состоит из корпуса *2* и герметичной стеклянной ампулы /, заполненной спиртом, с пузырьком воздуха внутри. Ампула размещается в корпусе таким образом, чтобы при горизонтальном положении корпуса пузырек воздуха находился в среднем участке ампулы. При разметочных работах применяют уровни II группы (цена деления шкалы 0,1 мм на 1 м) и III группы (0,2 мм на 1 м).

Промышленностью выпускаются слесарные уровни с постоянным и регулируемым положением ампулы. В регулируемых уровнях положение ампулы изменяется с помощью микрометрического винта. Это позволяет проверять уклоны величиной 1 мм и более на 1 м длины.

Монтажно-рамные уровни (рис. 6) Позволяют выверять одновременно и горизонтальные и

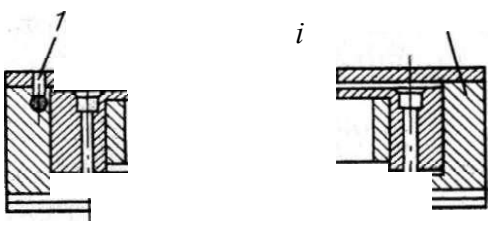


Рис. 5.' Слесарный уровень:
/ — ампула; *2* — корпус

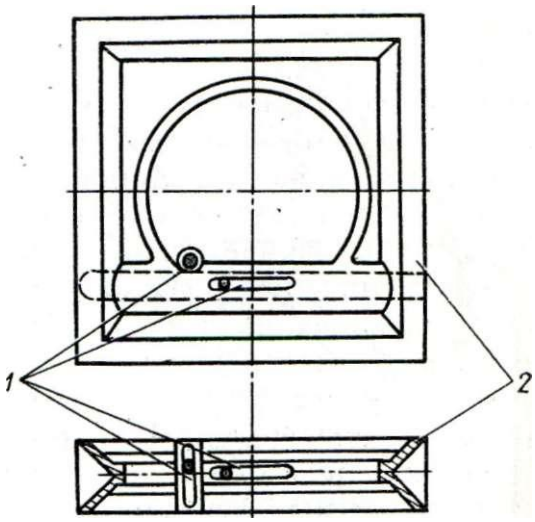


Рис. **6.** Монтажно-ремонтный уровень:
/ — ампула; *2* — корпус

вертикальные плоскости, так как в уровне предусмотрены две ампулы, расположенные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Гидростатические уровни (рис. 7) состоят из двух мерных цилиндров / (со шкалами) и резиновой трубки *2* для соединения цилиндров между собой. Такие уровни позволяют переносить высотные отметки в соседние помещения, если невозможно сделать отверстие в стене. При переносе высотных отметок мерные цилиндры располагают на уровне высотных отметок и замечают по градуировке высоту жидкости в них. В помещении, куда

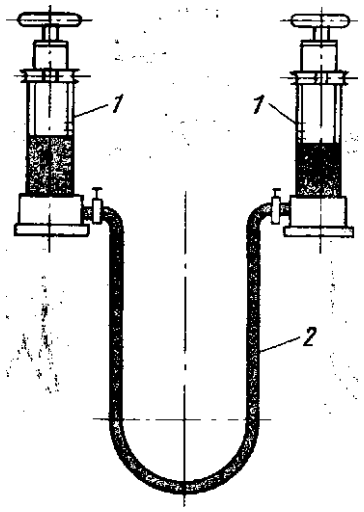


Рис. 7. Гидростатический уровень:
/ — градуированный стеклянный цилиндр; резиновая трубка

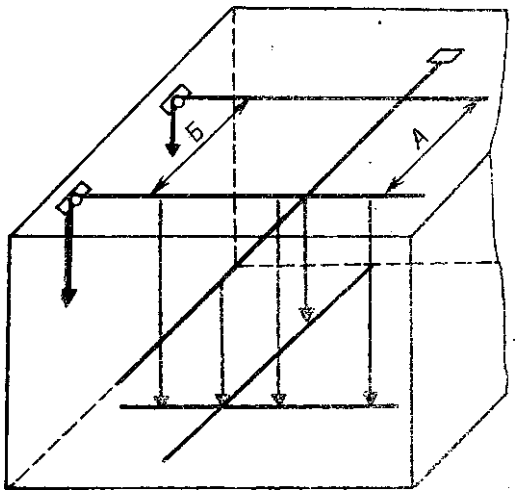


Рис. 8. Схема проверки монтажных осей

переносят высотные отметки, уровни устанавливают так, чтобы высота жидкости в них соответствовала ранее отмеченной.

Выполнение разметочных работ. Разметочные работы начинают с определения положения монтажных осей. Проекции монтажных осей переносят на строительные конструкции.

Для определения положения монтажных осей с помощью измерительного инструмента (стальной рулетки или линейки) откладывают по проекту расстояния от поверхностей оборудования или строительных осей. Один конец натягиваемой нити или проволоки закрепляют неподвижно на скобе, а второй пропускают через ролик, закрепленный на противоположной стене. Натяжение обеспечивают с помощью груза, масса которого равна 60—70 % от разрывного усилия проволоки.

В зависимости от проекта и особенностей оборудования в одном помещении может быть несколько монтажных осей. Их размещают горизонтально в одной плоскости на 150—200 мм выше рабочей зоны монтируемого оборудования. Такое расположение монтажных осей позволяет переносить их проекции на фундаменты при выполнении монтажных работ. При необходимости параллельность осей проверяют выверенной рейкой или стальной лентой: расстояния *Л и Б* (см. рис. 8) должны быть равны.

В том случае, если агрегаты поступают на сборку в виде отдельных узлов, с помощью монтажных осей выполняют и проверочные операции (например, проверяют параллельность осей компрессора и электродвигателя).

§ 5. МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 4 кВт

Хшю^хшшш произвел дителы-юетыо до 4 jkBt в предприят]?ях"горговли и общественного питания применяют для охлаждения витрин, прилавков, сборно-разборных холодильных камер.

Прилавки, витрины, применяемые в торговле и общественном питании, имеют в основном встроенное холодильное оборудование (рис. 9) и поставляются с завода

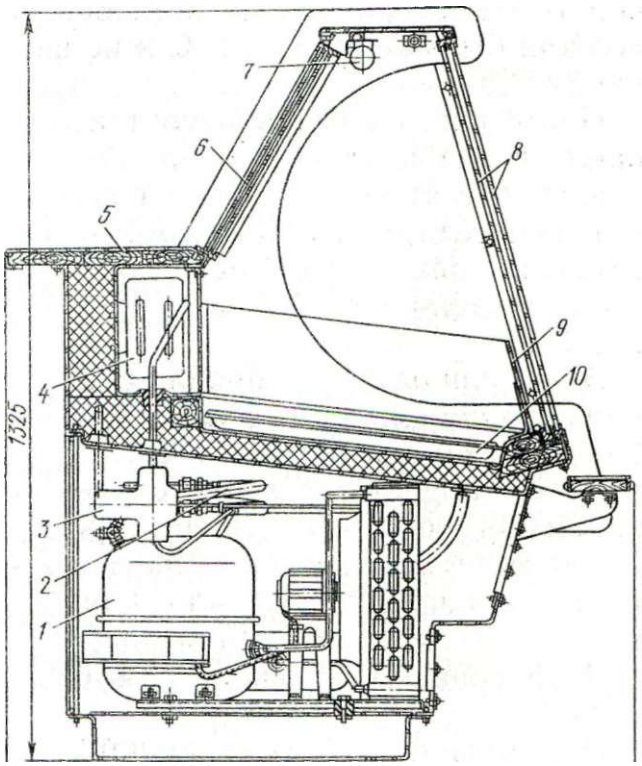


Рис. 9. Разрез прилавка-витрины «Пингвин-В»:

/ — холодильный агрегат; *2* — теплообменник; *3* — терморегулпрующий вентиль; *4* — испаритель витрины; *5* — стол продавца; *6* — раздвижные дверцы; *7* — люминесцентная лампа; *8* — стекло витрины; *9* — стеклянный щиток; *10* — противень для продуктов

полностью готовыми к эксплуатации.

Оборудование распаковывают в присутствии представителя ремонтно-монтажного комбината. После распаковки оборудования проверяют комплектность поставки и проводят технический осмотр. При этом устанавливают, нет ли поломок, вмятин и других дефектов, не повреждены ли трубки. Кроме того, проверяют надежность крепления холодильного агрегата, электропанели, шлангов для слива конденсата, терморегулятора, состояние дверных запоров, резинового уплотнителя дверей, выключателей, плотность прилегания термочувствительных патронов ТРВ и термореле, герметичность холодильной системы.

Прилавки и витрины размещают в сухом, хорошо проветриваемом помещении объемом не менее 15 м^3 на один прилавок (витрину) в месте, защищенном от прямых солнечных лучей, и на расстоянии 1,5 м от отопительных и нагревательных устройств. Температура в помещении должна быть не менее 12 °С и не выше 32 °С.

Прилавки (витрины) устанавливают горизонтально. Для обеспечения нормального притока воздуха к конденсатору холодильного агрегата расстояние от стены до прилавка (витрины) должно быть не менее 1 м.

Электропроводку прокладывают ниже уровня пола в стальных трубах. После подключения к сети проверяют правильность направления вращения вентилятора (по стрелке на кожухе); открывают всасывающий и жидкостной вентиль и включают агрегат нажатием кнопки «ПУСК» автоматического выключателя.

Нормальную работу холодильного агрегата характеризуют следующие признаки: холодильный агрегат работает без резких шумов и вибраций, испаритель покрыт тонким слоем инея; всасывающая трубка холодная, но не покрыта инеем; машина работает циклично (без частых включений и выключений); нет утечки хладона, нет искрения в электроаппаратуре; после выхода на режим (50 мин после включения) устанавливается температура, указанная в паспорте прилавка (витрины) . Сдача прилавка (витрины) в эксплуатацию оформляется актом, который подписывается представителем ремонтно-монтажного комбината и администрацией предприятия.

Для охлаждения сборно^разборных холодильнь1х_камер и некоторых охлаждаемых прилавков (например, ПХН-2-2, ПХС-2-2) применяют выносные холодильные агрегаты.

В объем поставки холодильных машин входит холодильный агрегат, батарея, комплект красно-медных трубок для монтажа.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты размещают в сухом помещении с температурой не ниже 5° и не выше 40 °С. Помещение располагается на том же этаже, что и охлаждаемое, или ниже него. Располагать холодильный агрегат выше камеры нежелательно, так как при этом затрудняется циркуляция масла в системе.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты с водяным охлаждением разрешается устанавливать в производственных помещениях объемом не менее 1 м^3 на каждые 0,5 кг хладона-12, содержащегося в машине, или 0,35 кг хладона-22. Агрегаты с воздушным охлаждением конденсаторов размещают в помещениях объемом 20 м^3 на каждые 1000 Вт холодопроизводительности или в помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией производительностью 800 м^3/ч на каждые 1000 Вт холодопроизводительности всех установленных в помещении агрегатов.

Помещения, где находятся компрессорно-конденсаторные агрегаты (особенно подвальные), оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей удаление паров хладона в случае его утечки из машины. Запрещается устанавливать агрегаты в производственных

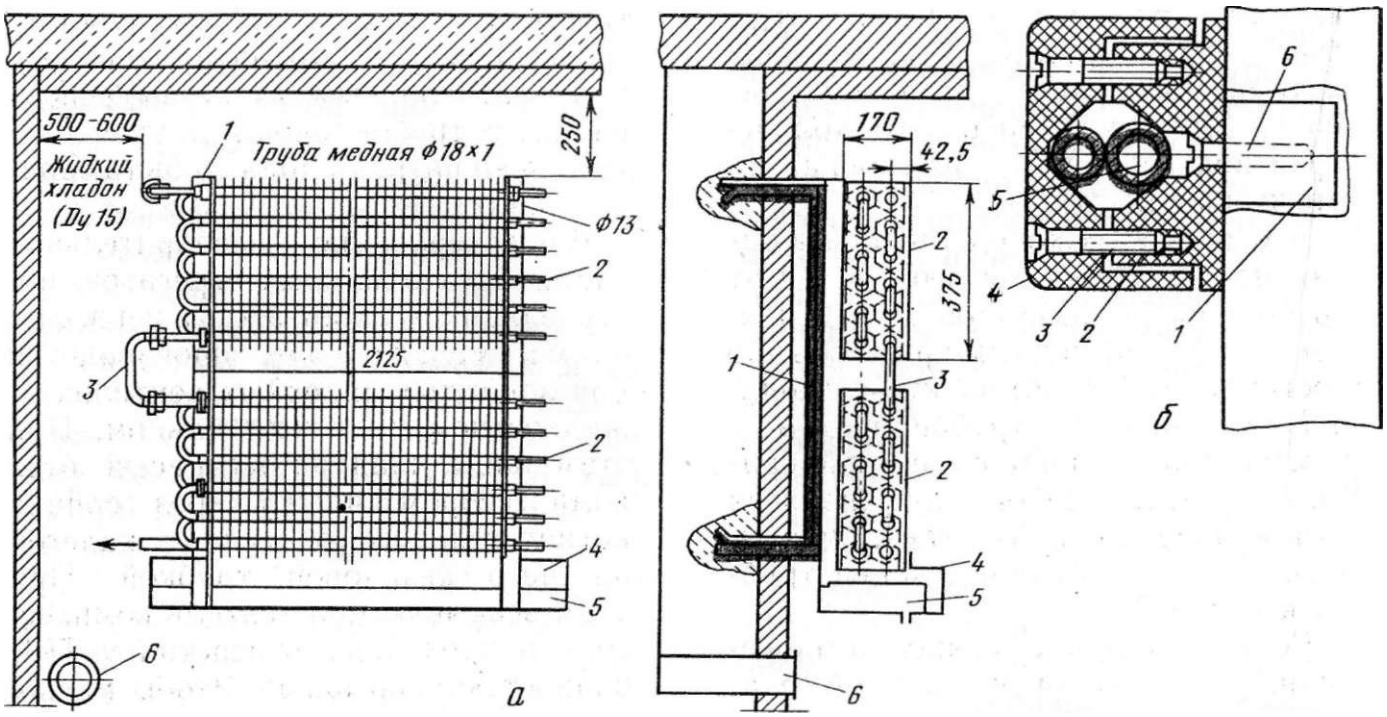


Рис. **10.** Схема монтажа хладоновых батарей и трубопроводов:
а — батарей: / — кронштейн у батарей; *2* — батарея; *3* — «калач» у батарей; *4*—кронштейн у поддона; 5 — поддон с отводной трубкой; *6* — гильза в стене для трубопроводов; б — трубопроводов: / — деревянная пробка в стене; *2* — основная колодка; *3* — винт; *4* — крышка колодки; 5 — трубки медные; *6* — винт в пробке

помещениях, где используется оборудование с открытым пламенем.

Холодильные машины с воздушным охлаждением конденсатора располагают от стены на расстоянии не менее 300 мм; при этом с других трех сторон должен быть обеспечен проход шириной не менее 1 м.

Компрессорный агрегат ставят на фундамент, проверяют его горизонтальность, фиксируют положение фундаментных болтов и заливают гнезда бетоном.

У конденсаторов с водяным охлаждением монтируют трубопроводы для подвода воды с запорным и Соленоидным вентилями и .термометровой гильзой. Диаметр трубопровода, отводящего воду из конденсатора, принимают на один размер больше диаметра трубопровода, подающего воду на конденсатор. На сливном трубопроводе устанавливают термометровую гильзу и воронку для контроля за сливом воды из конденсатора.

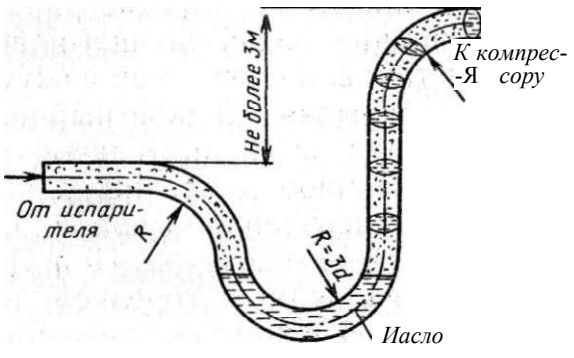


Рис. 11. Маслоподъемная петля

Хладоновые батареи монтируют в камерах по проекту. В общем случае батареи располагают в верхней части стены по две, одна под другой. Батареи закрепляют на кронштейнах (рис. 10).

Хладоновые воздухоохладители монтируют на кронштейнах на расстоянии 200—250 мм от стены, чтобы обеспечить возможность прокладки электропроводки к электродвигателю вентилятора.

Жидкостные трубопроводы можно располагать в любом направлении, а газовые (всасывающие) — горизонтально, с уклоном в сторону движения хладона к компрессору. Если необходимо расположить трубопровод так, чтобы хладон двигался вверх, то следует монтировать маслоподъемные петли (рис. 11), причем высота подъема не долж-

на быть более 3 м. Если потребуется подъем выше 3 м, то необходимо монтировать вторую петлю, но следует учитывать, что холодопроизводительность установки от этого понижается.

В хладоновых холодильных машинах производительностью до 4 кВт трубопроводы выполняют в основном из красно-медных труб, обычно поставляемых в комплекте с машиной. Соединение трубопроводов с компрессором, аппаратами, приборами и между собой производится с помощью накидных гаек, прижимающих отбортованный конец трубки к штуцеру.

Если расстояние между компрессорным агрегатом и камерой окажется таким, что трубок, поставляемых с агрегатом, не хватает, то разрешается добавлять до 50 % труб того же размера и качества. Перед применением новые трубы отжигают, промывают бензином и высушивают при 120 °С в течение 24 ч.

При необходимости концы трубок соединяют пайкой с применением припоя Пср-45 с флюсом 209 или с помощью медно-фосфорного припоя МФ-3.

Если агрегаты устанавливают на виброизоляционных фундаментах, то вблизи компрессора обязательно предусматривают компенсаторы хладоновых трубопроводов — всасывающего и жидкостного. Компенсаторы изготовляют в виде 2—3 витков трубопровода в горизонтальной плоскости с уклоном по направлению движения хладона в них.

Терморегулирующие вентили рекомендуется располагать в камерах. При этом термочувствительный патрон должен быть прикреплен к всасывающему трубопроводу после испарительных батарей, на расстоянии не более чем 1,5 м от корпуса терморегулирующего вентиля. Допускается расположение терморегулирующего вентиля и за пределами камер, но при этом необходимо изолировать место крепления термочувствительного патрона и трубку между вентилем и камерой. Термочувствительный патрон можно прикреплять и к вертикальным участкам всасывающего трубопровода; в этом случае конец патрона должен быть обращен книзу.

Вакуумирование испарительной системы холодильных агрегатов, поступающих на монтаж заряженными хладоном, производится при закрытых запорных вентилях — жидкостном и нагнетательном. При этом пары хладона выбрасываются компрессором наружу через тройник нагнетательного вентиля с надетой на него резиновой трубкой. При этом всасывающий вентиль компрессора и проходные отверстия у ТРВ полностью открывают. Чтобы масло, содержащееся в удаляемом воздухе, не разбрызгивалось и не загрязняло машину и помещение, свободный конец резиновой трубки помещают в стеклянную банку. Если во время вакуумирования системы через резиновую трубку будет выходить воздух, это будет свидетельствовать о неплотности вакуумируемой системы. Неплотности устраняют, уплотняя все соединения до тех пор, пока не прекратится выход воздуха из резиновой трубки.

После отсасывания воздуха в течение 30 мин открывают на 2—3 с жидкостный вентиль агрегата и продувают систему парами хладона, перепускаемыми из конденсатора, вновь вакуумируют систему в течение 30 мин, еще на 2—3 с открывают жидкостный вентиль и продувают систему парами хладона. Вакуумирование прекращают, резиновую трубку со штуцера нагнетательного вентиля снимают, а на этот тройник ставят манометр.

На тройник всасывающего вентиля устанавливают мановакуумметр и, открывая жидкостный вентиль, создают в испарительной системе избыточное давление, равное давлению насыщенных паров при окружающей температуре. При этом давлении галоидной горелкой или галоидным течеискателем проверяют герметичность всех соединений. В

местах, где обнаруживают утечки хладона, подтягивают накидные гайки и заменяют прокладки. Эти операции проводят только после отсасывания хладона из системы до избыточного давления 0,01 — 0,02 МПа. После устранения неплотностей в соединениях вновь создают давление в системе, повторно проверяют соединения и продувают систему парами хладона.

~ Некоторые холодильные агрегаты поступают на монтаж не заряженными хладоном. В этом случае их заполняют хладоном при монтаже. Перед вакуумированием этих агрегатов к тройнику всасывающего вентиля подсоединяют баллон с хладоном, установленный вентилем вверх. Вакуумирование осуществляют при открытых всасывающем и жидкостном вентилях и закрытом нагнетательном вентиле с надетой на него резиновой трубкой. При достижении в системе остаточного давления 40—100 Па закрывают всасывающий вентиль, приоткрывают вентиль на баллоне с хладоном и продувают компрессор парами хладона. С тройника нагнетательного вентиля снимают резиновую трубку, штуцер закрывают заглушкой, а нагнетательный вентиль - открывают. Открывают вентиль баллона и перепускают хладон во всю систему, создавая избыточное давление 0,05 МПа. Отпустив накидную гайку на штуцере всасывающего вентиля, продувают систему. Продувку повторяют два-три раза. Затем вновь проверяют герметичность соединений и оставляют систему под давлением на сутки. Система считается проверенной на герметичность и готовой к заполнению хладоном, если ни в одном из соединений не обнаружены утечки и давление не снизилось за время испытания.

Систему заполняют хладоном через всасывающий вентиль. Баллон устанавливают вентилем вниз и с помощью медной трубки• присоединяют вентиль баллона к одному штуцеру всасывающего запорного вентиля, а мановакуумметр — к другому. На тройнике нагнетательного вентиля устанавливают манометр. Испарительную систему заполняют хладоном через цеолитовый осушитель при неработающем компрессоре. После того как в испарительной системе установится избыточное давление 0,4 МПа при зарядке хладоном-12 и 0,6 МПа при зарядке хладоном-22, вентиль на баллоне закрывают и включают компрессор в работу на отсос паров из испарительной системы; при этом все вентили машины открывают, кроме запорного жидкостного вентиля у ресивера.

При снижении избыточного давления паров в испарителе до нуля останавливают компрессор и, открывая вентиль на баллоне, добавляют в испаритель следующую дозу хладона. Зарядку системы хладоном производят за два-три раза. При этом следует подавать воду в кожухотрубные конденсаторы или включать вентилятор у секционных конденсаторов воздушного охлаждения. Количество заряжаемого хладона должно строго соответствовать количеству, указанному в инструкциях. По правилам охраны труда зарядку следует проводить в защитных очках. После заполнения системы хладоном приступают к пусконаладочным работам. Обеспечивают подачу на конденсаторы воды или воздуха и пускают компрессор в работу при полностью открытых запорных вентилях компрессора, ресивера и при частично открытых ТРВ. После достижения проектных температур в камерах настраивают приборы автоматики (реле давления, температуры и др.). Требуемые параметры на приборах выставляют в зависимости от применяемого холодильного агента и температуры в охлаждаемом объекте и приступают к пробной работе холодильной установки.

В первые минуты и часы работы установки следят за тем, чтобы уровень масла в компрессоре был не ниже 2/3 высоты смотрового стекла (нормальный уровень). Если уровень

масла снижается, то останавливают компрессор и выясняют причину остановки.

Если испарительная система включает большое количество испарителей, разрешается дополнительно зарядить компрессор небольшим количеством сухого масла (половина дозы зарядки), проверенного в лаборатории и хранящегося в герметичном сосуде.

Дополнительную зарядку компрессора маслом проводят через отверстие с пробкой в картере при закрытых всасывающем и нагнетательном вентилях компрессора после снижения давления паров в картере до 0,01 МПа.

При монтаже и испытании установок могут быть обнаружены неисправности и неполадки в работе машин. В пусковой период основными неполадками являются засорение фильтров (терморегулирующего вентиля, жидкостного и грязевого на всасывающей стороне), замерзание влаги в терморегулирующем вентиле и утечка хладона.

При устранении неполадок приходится вскрывать систему для замены фильтров, установки осушителя и пр. При этом во всех случаях давление на вскрываемых участках должно быть снижено до 0,01—0,02 МПа, а сам вскрываемый участок должен быть перекрыт с двух сторон. Вместо засоренного фильтра немедленно устанавливают новый. Если требуется промыть фильтр, открытые трубки на это время должны быть заглушены пробками. Участки трубопроводов и аппараты, температура которых ниже температуры окружающей среды, нельзя вскрывать, так как на них немедленно будет конденсироваться и выпадать влага из воздуха. Все места разъемов тщательно вытирают.

После устранения всех неполадок, обеспечения возврата масла и устранения замерзания влаги приступают к предварительному регулированию приборов автоматики. Окончательное регулирование проводят при обеспечении проектного режима работы установки и проектных температур в камерах.

§ 6. МОНТАЖ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 4—20 КВт

Технические условия на поставку оборудования. Холодильные машины производительностью от 4 до 20 кВт поставляются заводами-изготовителями в виде компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующего агрегатов со щитами управления и сигнализации в полностью собранном виде. Внутренние полости машин и аппаратов после промывки и осушки испытывают на герметичность и заполняют сухим инертным газом. Поставляют агрегаты с закрытыми запорными вентилями и запломбированными штуцерами.

После прибытия оборудования на место монтажа проверяют его комплектность, состояние, наличие запасных частей, инструмента и сопроводительной документации. Затем все части машины очищают от наружной защитной смазки. Агрегаты устанавливают на фундаменты, выверяют по уровню или отвесу и закрепляют болтами. Навешивают и закрепляют охлаждающие приборы (батареи и воздухоохладители). Устанавливают и закрепляют вспомогательные аппараты, приборы автоматики и прочее оборудование, поставляемое отдельно. Изготовляют, подгоняют по месту и монтируют жидкостные, газовые, манометровые и вспомогательные трубопроводы. Устанавливают щиты управления и сигнализации. Монтируют электропровод к компрессору. Подключают к щитам приборы автоматики.

При монтаже холодильных установок с разветвленной системой непосредственного охлаждения камер необходимо учитывать высокую текучесть хладонов и поэтому сборку (сварку) всех соединений производить строго по техническим условиям.

По окончании монтажа систему испытывают на плотность. Хладоновую систему проверяют на плотность избыточным давлением, вакуумированием и хладоном.

Испытание на плотность избыточным давлением. Эти испытания проводят азотом или сухим воздухом (осушенным до температуры точки росы — 50 °С). Перед испытаниями снимают предохранительные клапаны и на их место ставят заглушки. Затем открывают запорные вентили, в том числе и соленоидные, снимают крышки с конденсаторов и испарителей. Баллоны подключают к системе через редуктор.

Испытания начинают с заполнения системы азотом (воздухом) до давления 1 МПа. Систему выдерживают при этом давлении и проверяют, нет ли утечек газа через неплотности. Если обнаружены крупные утечки (слышен характерный звук выходящего газа), заполнение системы азотом прекращают, сбрасывают давление, устраняют неисправность и вновь заполняют систему азотом, постепенно повышая давление до 1 МПа.

Для контроля утечек сварные, штуцерные, ниппельные, фланцевые соединения и трубные решетки обмыливают. Место течи отмечают мелом. После завершения осмотра сбрасывают давление. Для устранения течи подтягивают гайки, заменяют прокладки, делают переборотовку концов медных труб, подварку сварных швов, подвальцовку труб. Применять чеканку для устранения утечек в сварных швах запрещается. После устранения неисправностей испытания и осмотр повторяют.

При отсутствии видимых утечек систему оставляют под давлением на 24 ч. Контрольную отметку давления производят через 6 ч. В последующие 18 ч падения давления не допускается (за исключением изменения давления, связанного с изменением температуры окружающей среды). При удовлетворительных результатах испытания на плотность сбрасывают давление и систему подвергают испытаниям на вакуумную плотность.

Испытание на вакуумную плотность. Такие испытания проводят вакуумированием системы вакуумнасосом до остаточного давления 1,3 кПа. После этого продолжают вакуумирование системы еще в течение 3—4 ч для испарения и удаления водяных паров. Систему оставляют под вакуумом на 24 ч. Давление за это время не должно повыситься более чем на 1,3 КПа. Если давление все же повысится более чем на 1,3 кПа, то повторяют испытания на плотность, устраняют утечки и вновь проводят испытания на вакуумную плотность. После завершения испытаний на вакуумную плотность проводят испытания на плотность хладоном.

Испытание на плотность хладоном. Эти испытания проводят, заполняя систему газообразным хладоном от баллона, установленного вентилем вверх. Температура в помещении должна быть не ниже 15—20 °С. Заполнение системы продолжают до тех пор, пока давление в ней не повысится до 0,3 МПа. По окончании заполнения системы баллон отсоединяют, перекрыв соответствующие вентили.

Все соединения, сальники, сварные швы, предохранительные клапаны и вентили проверяют на отсутствие утечек хладона с помощью галлоидных ламп или электронных течеискателей. При обнаружении неплотностей в соединениях разрешается лишь незначительное подтягивание болтов или накидных гаек и сальников в целях устранения течи.

Если устранить течь хладона под давлением невозможно, то сбрасывают давление из предварительно отключенного вентилями участка системы, а если это невозможно, то откачивают хладон до атмосферного давления в баллоны. После устранения течи цикл испытаний повторяют. Систему выдерживают под давлением хладона в течение 24 ч. Во все время испытаний контролиру-

ют давление хладона в системе и температуру окружающей среды. Падение давления не допускается, за исключением изменения давления, вызванного понижением температуры окружающей среды. После проверки на герметичность систему холодильной установки заправляют маслом и хладоном.

Заправка маслом и хладоном. Количество масла и хладона, заправляемого в систему холодильной установки, указано в инструкции завода-изготовителя или в проекте на холодильную установку.

Масло заправляют в систему через испаритель, предварительно отвакуумированный. Вакуумирование осуществляют следующим образом: открывают всасывающий и нагнетательный вентили компрессора, закрывают жидкостный вентиль на конденсаторе и отсасывают хладон из испарителя до тех пор, пока в нем не установится давление ниже атмосферного. Заправку маслом осуществляют через манометровый (или грязеспускной) вентиль испарителя. Маслозаправочный трубопровод опускают под уровень масла и при заправке следят за тем, чтобы при опорожнении емкости с маслом или ее смене не произошло подсоса воздуха в систему.

Зарядку системы хладонами проводят из баллонов. При давлении в системе ниже 0,30 МПа зарядку системы начинают паром хладона от баллонов, установленных вентилем вверх. При давлении в испарительной системе выше 0,35 МПа зарядку осуществляют жидким хладоном из баллонов, установленных вентилем вниз. При зарядке системы баллоны устанавливают на специальной подставке на платформу весов.

В тот момент, когда давление в системе становится выше 0,5 МПа, включают компрессор и отсасывают хладон из испарительной системы. По окончании заправки системы маслом и хладоном включают холодильную установку для проверки работоспособности всех систем.

Перед пуском установки проводится настройка приборов автоматического управления и защиты по данным проекта или инструкции завода-изготовителя. После настройки всех приборов и получения в охлаждаемых помещениях- расчетных температур установка должна проработать не менее трех суток под наблюдением представителей монтажной организации. Если результаты сдаточных испытаний положительные, составляют акт о передаче холодильной установки в эксплуатацию.

§ 7. МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ, МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Приемка оборудования в монтаж. Принимая оборудование в монтаж, его распаковывают, осматривают и проверяют на соответствие проекту, комплектность и исправность. При отсутствии видимых дефектов оборудование считают исправным. Если оборудование исправно, то составляют приемо-передаточный акт и передают оборудование монтажной организации.

В акте приводится подробный перечень оборудования, дата поступлений на склад заказчика, подтверждается его комплектность и дается заключение о пригодности оборудования для монтажа.

Если в ходе приемки оборудования в монтаж обнаруживают дефекты конструктивного или производственного характера, то предъявляют рекламацию заводу-изготовителю.

Ревизия оборудования. Ее назначение определить исправность оборудования, поступающего в монтаж Перед ревизией оборудование распаковывают, очищают от пыли и грязи и раеконсервировывают. В зависимости от сроков и условий хранения ревизия может быть полной и неполной. Если при хранении были нарушены технические условия завода-изготовителя или оборулование будет монтироваться после 6 мес хранения на складе, то проводят полную

ревизию, т. е. разборку всех деталей и узлов, их промывку, проверку.

Если нарушений при хранении не было и оборудование хранится менее 6 мес, то проводят неполную ревизию, при которой проверяют состояние основных узлов.

Компрессоры, насосы, вентиляторы и другое оборудование, поступающее в монтаж в собранном виде, подвергают ревизии после установки на фундамент. Оборудование, поступающее заполненным паром азота или хладона, ревизии не подлежит, так же как и машины, поступающие в монтаж с опломбированными вентилями.

Консервирующая смазка удаляется с поверхности оборудования с помощью растворителей (керосин, уайт-спирит, соляровое масло). Разрешается удаление смазки и механическим путем с помощью скребков из дерева, алюминия или меди. После удаления смазки поверхности оборудования протирают тряпками. К ревизии приступают после того, как завершены отделочные работы и выполнены чистые полы, застеклены окна и навешены двери.

При ревизии машин необходимо обратить внимание на состояние рабочих поверхностей цилиндров, поршней, поршневых пальцев, шеек валов, подшипников, клапанов, сальников, роторов.

При обнаружении коррозии, рисок или задиров их устраняют шабровкой, шлифовкой или притиркой. Подлежат промывке масляные фильтры и маслопроводы.

Сборку узлов и деталей необходимо вести в строгой последовательности, в соответствии с документацией завода-изготовителя. Обязательно подлежат проверке зазоры в подшипниках, величина линейного вредного пространства в цилиндрах, плотность клапанов и сальников.

Ревизию вертикальных компрессоров со сроком хранения менее 6 мес разрешается проводить и без вскрытия компрессоров, но практика показывает, что ревизию механизма движения и клапанов необходимо проводить и в этом случае, так как возможно их повреждение при транспортировке.

Ревизия без вскрытия оборудования входит в обязанности монтажной организации. Ревизия оборудования с его вскрытием при хранении более 6 мес входит в обязанности заказчика или за дополнительную оплату проводится монтажной организацией.

Установка **и** выверка **машин на** фундаменте. Перед установкой оборудования фундамент предварительно подготавливают. В фундаментах с заделанными болтами уточняют толщину подкладок под оборудование, с тем чтобы после навинчивания гаек на болты и их затяжки высота выступающей части болта была не более 5—6 мм.

В фундаментах с анкерными плитами заводят в колодцы анкерные болты и закрепляют их в плитах. К резьбовой части болта прикрепляют мягкую проволоку. С ее помощью при установке оборудования на фундамент заводят в отверстия анкерные болты.

В фундаментах с гнездами для болтов в бетоне одновременно с установкой оборудования заводят в гнезда болты и с помощью гаек удерживают на раме. Закладную часть болта размещают в гнезде фундамента и заливают бетоном. Окончательная выверка оборудования проводится после затвердения бетона.

Установочные **базы.** После подготовки фундаментов приступают к установке оборудования на фундаменты в соответствии с проектом, используя для этого установочные базы. Их разделяют на опорные и поверочные.

Опорными называют базы, которые служат опорами при установке оборудования на фундамент. К ним относятся поверхности рам, станин и др.

Поверочные базы — это те поверхности оборудования, которые могут использоваться для выверки

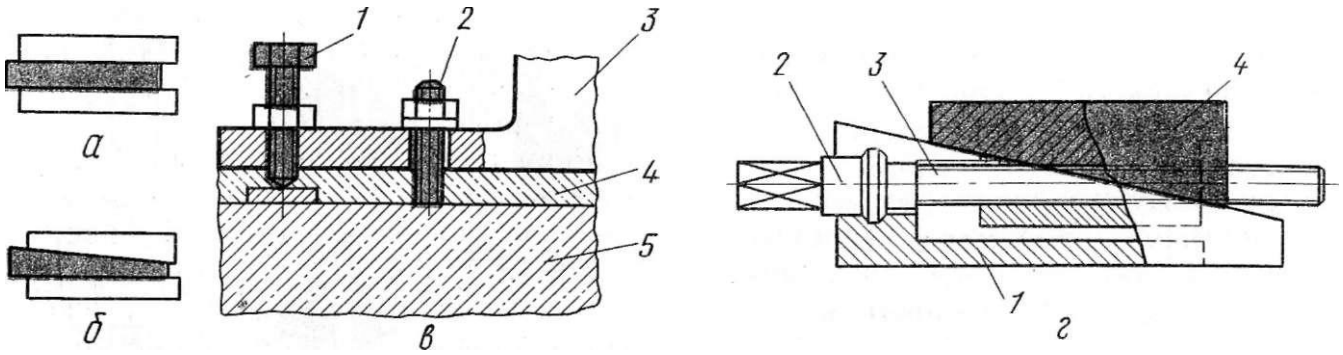


Рис. 12. Приспособления для выверки и регулировки положения оборудования:

а—пакет металлических плоских пластинок; б—пакет клиновых подкладок; *в*—рама с регулировочным винтом: / — регулировочный винт; *2*— фундаментный болт; *3*— подливка фундамента; *4* — фундамент; 5 — рама компрессора; *г* — регулируемое клиновое устройство: / — плоская подкладка; 2 — клиновая подкладка; *3* — втулка резьбовая; *4* — регулировочный винт

его положения. При монтаже компрессорных установок поверочными базами могут служить специально подготовленные площадки для установки уровней с приспособлениями. Кроме того, в качестве поверочных баз могут быть использованы плоскости разъема корпусов, поверхности валов, специальные приливы на станинах. Общее требование для поверочных баз: поверхность их не должна деформироваться и подвергаться износу. Контрольная линейка или уровень должны плотно прилегать к поверхности по всей длине контакта с поверочной базой.

Выверка оборудования на горизонтальность. Точность изготовления фундаментов значительно ниже точности сборки оборудования, поэтому установку и выверку положения оборудования проводят не непосредственно на фундаменте, а на специальных металлических подкладках. С их помощью регулируют зазор между рамой и фундаментом. Площадь подкладок выбирают, исходя из удельной нагрузки на бетон, но не более 2,4 МПа. По форме металлические подкладки могут быть плоскими и клиновыми (рис. *12, а, б).*

Плоские подкладки набирают'пакетами из двух — четырех стальных пластин толщиной 5—15 мм. Размеры пластин в плане определяют в зависимости от размеров и массы оборудования. При необходимости точной регулировки применяют металлическую фольгу толщиной 0,1—0,5 мм. Клиновые подкладки изготовляют из стали или чугуна с поверхностями, обработанными под уклоном 1:10 или 1 : 20.

В местах размещения подкладок с бетона удаляют все неровности и притирают подкладки к бетону до полного контакта с бетоном и расположения всех подкладок в одной горизонтальной плоскости. Подкладки располагают, как правило, по обе стороны фундаментных болтов на возможно близком расстоянии от них. При монтаже машин небольшой массы допускается размещать подкладки с одной стороны фундаментного болта. Общее число подкладок в пакете — не более четырех.

Общая высота подкладок определяется толщиной слоя подливки бетона под раму оборудования,которая зависит от ширины рамы. Для рам шириной около 1 м и более толщина подливки 60—70 мм, для машин с узкой рамой — около 30 мм.

Для точной и быстрой регулировки положения устанавливаемого оборудования применяют резьбовые или клиновые устройства (рис. 12, *в, г).*

Резьбовые устройства (регулировочные винты) заводы — изготовители оборудования поставляют вместе с оборудованием. Принцип работы регулировочных винтов виден из рисунка.

Клиновые устройства состоят из верхней и нижней клиновых сталь-

ных или чугунных пластин, снабженных винтом и резьбовой втулкой. Клиновые устройства размещают под рамой устанавливаемого оборудования. После регулировки осуществляют подливку рам вместе с клиновым устройством. Клиновые устройства больших размеров перед подливкой окружают опалубкой; после затвердения бетона подливки их убирают, а освободившееся место заполняют бетоном.

Горизонтальность оборудования проверяют с помощью уровней, уложенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на поверочные базы оборудования. Значения допуска на негоризонтальность для машин различного типа (в мм на 1000 мм длины рамы) приведены ниже.

	Вдоль оси вала	Поперек оси вала
Вертикальные U-образные и винтовые компрессоры	0,1—0,2	0,3—0,4
Насосы и вентиляторы	0,2—0,3	0,3—0,4

Выверка оборудования на вертикальность. Вертикальность устанавливаемого оборудования обычно проверяют с помощью отвеса. Измеряя расстояния от отвеса до верхней й нижней точек оборудования (рис. 13), определяют вертикальность его установки. При вертикальной установке оборудования расстояния а и *а*\ должны быть одинаковыми. Регулирование по вертикали осуществляется также с помощью подкладок и клиньев.

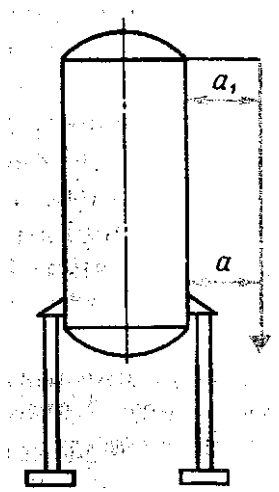


Рис. 13. Проверка оборудования на вертикальность

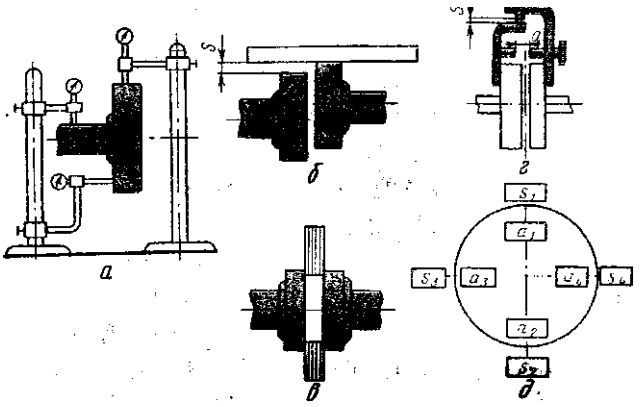


Рис. 14. Схема проверки положения машин при муфтовом сцеплении:

а — проверка индикаторами биения конца вала; б — проверка смещения валов; *в* — проверка перекоса валов; *г* — приспособление для центровки валов; *д*—схема записи замеров

Проверка равномерности загрузки подкладок. После выверки оборудования в горизонтальной и вертикальной плоскостях обязательна проверка равномерности загрузки всех подкладок под рамой. Щуп толщиной 0,04 мм не должен проходить между подкладкой и рамой машины. При затянутых фундаментных болтах подкладки не должны перемещаться; при обстукивании легкими ударами молотка не должны раздаваться дребезжащие звуки. При ослаблении и затяжке фундаментных болтов рама машины не должна перемещаться в вертикальной плоскости, что контролируется с помощью индикатора часового типа.

Проверка взаимного положения компрессора, насоса и электродвигателя. Большинство современных компрессоров и насосов соединяются с электродвигателем муфтой. Некоторые виды компрессоров соединяются с электродвигателем ременной передачей.

При муфтовом соединении машину и электродвигатель монтируют на общем фундаменте. Компрессор или насос устанавливают на бетонной поверхности фундамента, а электродвигатель закрепляют на сварных балочных каркасах, иногда на чу-

гунных плитах, заделанных в фундамент.

Соосность валов проверяют по полумуфтам. До начала центровки проверяют радиальное биение консольной части вала и правильность посадки полумуфт. Схема проверки дана на рис. 14. Биение валов не должно превышать 0,01—0,02 мм, а торцевое и радиальное биение полумуфт — не более 0,03—0,04 мм.

При монтаже компрессоров и насосов проверочной базой является торец вала компрессора или насоса. Соосность валов в горизонтальной плоскости достигается перемещением электродвигателя по его раме. В вертикальной плоскости соосность достигается за счет прокладок, устанавливаемых под опорные плоскости злектродвигателя.

При соединении валов пальцевыми полумуфтами, диаметры которых одинаковы, параллельное смещение валов и их перекос проверяют с помощью металлической контрольной линейки и щупов, как показано на рис. 14, *б, в*. При соединении полумуфтами со сложными поверхностями для поверки используют специальное приспособление, состоящее из двух скоб, закрепляемых на полумуфтах. Скобы снабжены контрольными штифтами или индикаторами (см. рис. 14, *а).*

В начале проверки зазор между штифтом и поверхностью полумуфты устанавливают на глаз — 0,3—0,4 мм. Затем, повернув полумуфту на определенный угол, измеряют зазор с помощью щупов. При использовании индикатора стрелку его в начальном положении ставят на нуль. Зазоры измеряют и записывают в четырех положениях: в начальном и после поворота на 90, 180 и 270°. Один из способов записи результатов представлен на рис. 14, *д*. Результаты замеров на наружных поверхностях полумуфт проставляют во внешних прямоугольниках, а зазоры по торцевой поверхности — во внутренних.

В каждом положении суммы замеров $a_1 + a_3$ Н-аз + ои должны быть равны. Разность торцевых зазоров указывает на перекос валов, а радиальных - на параллельное смещение осей валов.

Допуски на перекос и параллельное смещение валов обычно приводятся в технической документации за вода-изготовителя.

Для пальцевых муфт величины параллельного смещения и перекоса валов могут быть определены по формулам:

$$\frac{D}{} \qquad \frac{D}{}$$

где C_1, C_2 — параллельное смещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях; a_1—a_4 — радиальные зазоры; $Я_1$, $Я_2$ — перекос валов соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях; S_i — — торцевые зазоры; D —- диаметр окружности, описываемой концами приспособлений.

Допуски на перекос и параллельное смещение приведены ниже:

Диаметр муфты. мм	Перекос на I м длины вала, мм	Параллельное смещение, мм
До 300	0,2	0,05
300—500	0,2	0,10

На поверхности полумуфт заводы-изготовители наносят риски поверки. При их отсутствии после выверки наносят риски поверки на поверхностях полумуфт. Собирать полумуфты можно только в том положении, в каком их выверяли.

При клиноременной передаче проверяют правильность взаимного расположения шкивов компрессора и электродвигателя. Электродвигатель в этом случае устанавливают на салазках, закрепленных на фундаменте. Салазки выверяют на горизонтальность по уровню. Оси компрессора и электродвигателя должны быть параллельны, торцевые поверхности шкивов также должны быть параллельны.

Параллельность осей компрессора и электродвигателя проверяют с помощью монтажной контрольной линейки, а при больших расстояниях —

gSBBgg

К ч

о

Рис. 15. Проверка положения машин при клиноременной передаче:

а — шнуром; *б* — контрольной линейкой; *1* — электродвигатель; *2* — компрессор; *3* — контрольная линейка

с помощью струны. Схема проверки показана на рис. 15. Равенство зазоров *а* и *ач* свидетельствует о параллельности осей валов и торцов шкивов.

Особое внимание уделяют проверке совмещения канавок обода шкивов. Если канавки будут находиться не в одной плоскости, то произойдет перекос соединения и будет наблюдаться неравномерный и ускоренный износ ремней.

Монтаж вертикальных и U-образных компрессоров. Большинство современных компрессоров серии П выпускаются в виде агрегатов. На общей раме смонтированы компрессор, электродвигатель и пульт управления. Некоторые типы компрессоров АУ-45, АВ-100, АУ-200, которые еще выпускаются промышленностью, поставляются не смонтированными в виде агрегата.

В подготовительный период оборудование проверяют на соответствие проекту и комплектность, компрессоры расконсервировывают, проверяют условия и сроки хранения и возможность монтажа без дополнительной ревизии. Подготавливают необходимый такелажный инструмент и грузоподъемные устройства. Бетон фундамента выравнивают и размещают на нем подкладки и клиновые устройства.

Раму компрессора тщательно очищают от загрязнений, а поверхность бетона обильно смачивают водой для лучшего схватывания подливки с бетоном фундамента. Затем компрессор и электродвигатель размещают на фундаменте согласно проекту и приступают к их выверке.

При сцеплении компрессора с электродвигателем с помощью эластичной муфты (рис. 16) электродвигатель размещают на фундаменте так, чтобы торец полумуфты электродвигателя находился на расстоянии 155—200 мм от торца вала компрессора. Такое размещение позволяет разбирать сальник компрессора без демонтажа электродвигателя. Затем проверяют соосность валов электродвигателя и компрессора с помощью приспособления, изображенного на рис. 17.

Приспособление закрепляют на полумуфте электродвигателя, устанавливают его в вертикальной плоскости и измеряют зазоры Л и Б; затем повернув полумуфты на 180°, еще раз замеряют зазоры. Разность

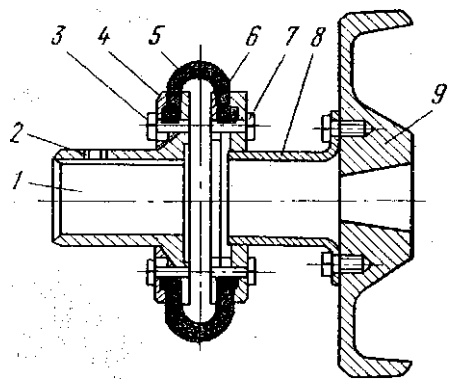


Рис. 16. Эластичная муфта:

1 — вал электродвигателя; *2* — полумуфта; *3,7* — болты; *4* — нажимной диск; 5 — упругий элемент; *6* — диск-ироставка; *8* — проставка; *9* — маховик компрессора

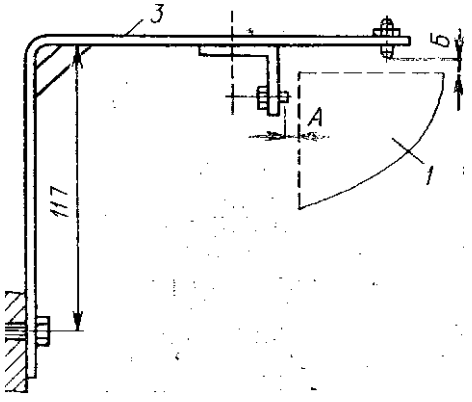


Рис. 17. Приспособление для проверки соосности валов с эластичной муфтой:

1 — маховик компрессора; *2* — полумуфта электродвигателя; *3* — приспособление для проверки; *А* — торцевой и Б — радиальный зазоры у муфт

зазоров *А* указывает на перекос осей валов, а разность зазоров *Б* — на несоосность в вертикальной плоскости. Затем приспособление закрепляют в горизонтальной плоскости, измеряют оба зазора в начальном положении полумуфт и при повороте их на 180°. Разность зазоров *А* дает перекос в горизонтальной плоскости, *а Б* — несоосность в горизонтальной плоскости. Центровку валов проводят, подкладывая пластины под опорные поверхности или перемещая электродвигатель в горизонтальной плоскости. После окончания выверки положения компрессора и электродвигателя затягивают гайки крепления электродвигателя и проводят подливку рамы бетоном.

После того как бетон подливки затвердеет, проводят сборку муфты сцепления. Резиновое кольцо надевают на полумуфты и закрепляют болтами. Одна сторона кольца располагается между нажимным диском и диском проставки, а вторая — между диском и полумуфтой электродвигателя. Затяжку болтов необходимо проводить равномерно, не допуская перекосов. Надежность крепления проверяют при пробном пуске по рискам, нанесенным на кольцо и нажимные диски. Положение рисок не должно меняться.

При клиноременном проводе электродвигатель после установки на салазках проверяют на горизонтальность и параллельность валов, на совмещение канавок шкивов. Натягивают ремни, проверяют отсутствие перекоса у электродвигателя при закреплении его болтами на салазках.

Обкатка компрессоров. При монтаже подлежат обкатке лишь компрессоры, работающие на аммиаке. Хладоновые компрессоры обкатывают после сборки на заводе-изготовителе.

Обкатку компрессоров проводят без нагрузки со снятыми рабочими клапанами. В зависимости от конструкции снимают или только нагнетательные, или и всасывающие, и нагнетательные клапаны.

Перед обкаткой картер компрессора промывают керосином и заполняют его свежим маслом. Удаляют всасывающий фильтр компрессора, сетку обматывают несколькими слоями марли, смоченной маслом для смазки компрессора. Проворачивают вал компрессора за маховик вручную не менее чем на два полных оборота вала. Проверяют правильность направления вращения вала электродвигателя по стрелке, нанесенной на переднюю крышку компрессора.

По окончании подготовки пускают компрессор в работу на 5 мин. При этом обращают внимание на работу масляного насоса. При неисправности насоса (нет давления по манометру) компрессор немедленно останавливают и выясняют причину неисправности.

После 5 мин нормальной работы компрессор останавливают и проверяют нагрев трущихся деталей. Если нет повышенного нагрева, компрессор запускают для обкатки на холостом ходу в течение 2 ч.

В период обкатки давление масла должно быть 0,15—0,2 МПа, температура масла не выше 65 °С. Через каждые 10—15 мин работы необходимо проворачивать ручку фильтра тонкой очистки для удаления загрязнений с фильтра. Если ручку провернуть невозможно, компрессор необходимо остановить, разобрать фильтр, промыть его, собрать и вновь запустить компрессор.

После обкатки компрессор останавливают, снимают боковые крышки картера, проверяют температуру нагрева шатунных и коренных подшипников, удаляют масло из картера и сальниковой полости, промывают картер и фильтр масляного насоса.

Убедившись в исправности компрессора, устанавливают рабочие клапаны, промывают фильтры на всасывающем трубопроводе и масляном насосе и заполняют свежим маслом картер компрессора.

До обкатки компрессора под нагрузкой проверяет его на герме-

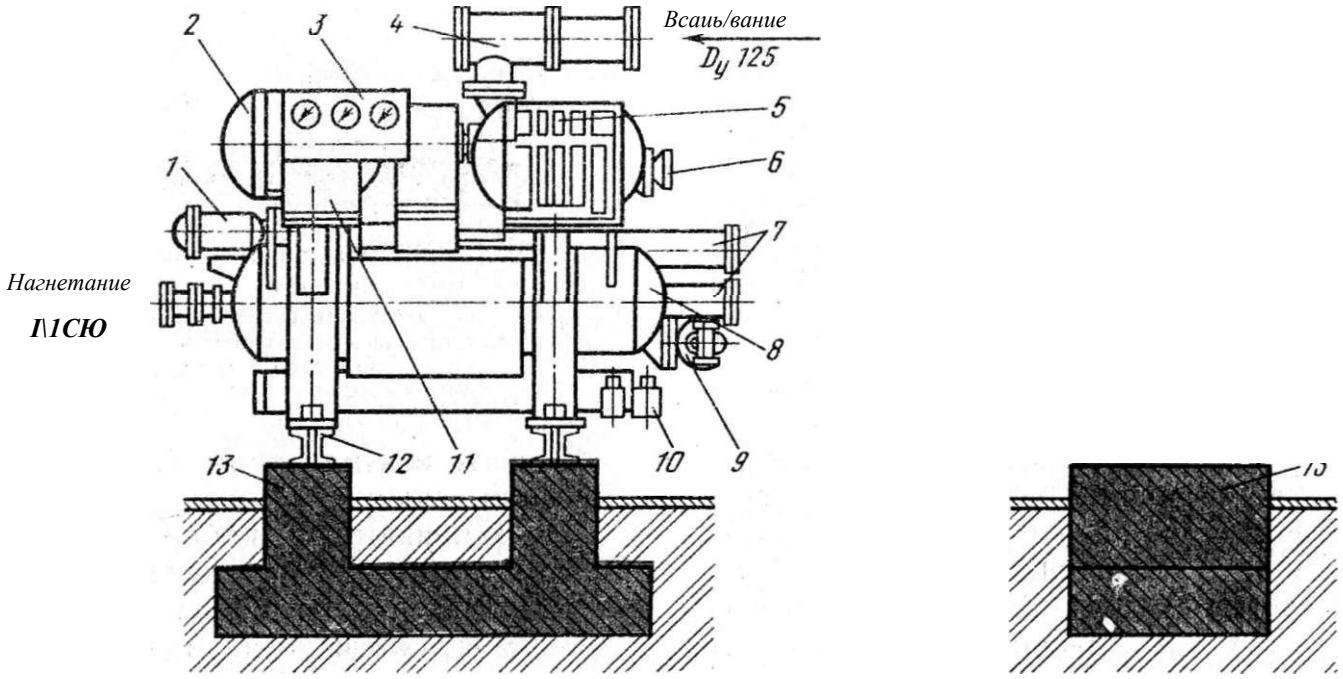


Рис. 18. Общий вид винтового компрессора на фундаменте:

1 -фильтр тонкой очистки. *2* ••- электродвигатель; *3* — шит манометров; *4*— газовый фильтр; 5 - компрессор; *6* регулятор производительности; 7 - маслоохладитель; *8*—маслоотделитель; *9*— маслонасое; *10* фильтр грубой очистки; // -щит датчиков; *12*- металлическая опора; *13*—фундамент; *14* —- маслосборник

тичность воздухом. К, картеру подсоединяют временный трубопровод от воздушного компрессора, закрывают всасывающий и нагнетательный вентили и создают в картере давление (по манометру) воздухом до 1,0 МПа. Герметичность компрессора проверяют обмыливанием всех соединений компрессора и его трубопроводов. Компрессор оставляют под давлением на 12 ч. Падение давления допускается не более 0,02 МПа.

После проверки на герметичность из компрессора выпускают воздух и проводят его обкатку с рабочими клапанами в течение 6 ч. Первые тва три часа компрессор работает гчч противодавления с выбросом воздуча в атмосферу, а затем с противодавлением 0,3 МПа. Для создания противодавления используют один из аппаратов системы.

По окончании обкатки компрессор останавливают, из него удаляется воздух с помощью вакуум-насоса, после чего компрессор заполняют парами аммиака и проверяют герметичность компрессора с помощью нидика горной бумаги.

Монтаж винтовых компрессоров. винтовые компрессоры поступают с заводов-изготовителей в виде агрегатов, смонтированных на общей раме (рис. 18). В состав агрегата входят: винтовой компрессор с электродвигателем, маслоотделитель, масляная система, щит приборов, блок управления.

После установки агрегата на фундамент (допускаемое отклонение от горизонтали 0,2 мм на 1 м длины агрегата) его крепят четырьмя фундаментными болтами, входящими в комплект поставки.

До холостой обкатки винтового компрессора проводят ревизию масляной системы. Закрывают вентиль на маслопроводе подачи масла в компрессор, отжимают вручную клапан соленоидного вентиля на маслопроводе, открывают все вентили на маслопроводе, затем включают электродвигатель масляного насоса и с помощью редукционного вентиля устанавливают перепад давлений на масляном насосе, который должен быть в пределах 0,3—0,35 МПа. После двух часов работы вскрывают масляные фильтры и про-

веряют наличие загрязнений на них. При наличии загрязнений фильтрующие элементы промывают и насос включают в работу. Циркуляцию масла продолжают до тех пор, пока полностью не прекратится загрязнение фильтрующих элементов. По окончании загрязненное масло из системы сливают и заправляют ее свежим.

Холостую обкатку винтового компрессора проводят при открытых вентилях на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора. Регулятор производительности устанавливают в положении 100 % (в компрессорах производства ГДР и фирмы «Stahl» — положение «max»). Перед включением электродвигателя компрессор прокручивают за муфту сцепления вручную на несколько оборотов. Ротор компрессора должен вращаться по направлению стрелки, нанесенной на переднюю крышку компрессора. Холостую обкатку проводят в течение 30 мин.

Монтаж центробежных насосов. В холодильной технике применяют в основном два типа насосов: герметичные насосы для перекачивания жидкого холодильного агента и одноступенчатые центробежные насосы консольного типа (рис. 19) для перекачивания воды и рассола. Оба вида насосов поступают на монтажную площадку в виде агрегатов.

Центробежные насосы до монтажа подвергают ревизии: регулируют зазор между торцевой частью колеса и всасывающим штуцером камеры насоса до минимального, указанного в инструкции по эксплуатации, проверяют состояние и наличие смазки в подшипниках вала насоса и электродвигателя. После установки на фундамент выверяют горизонтальность. Несовпадение геометрических осей насоса и электродвигателя не должно превышать 0,2 мм.

Герметичные насосы для жидкого аммиака монтируют на фундаменте в строгом соответствии с проектной высотной отметкой. Минимальный подпор столба жидкости должен составлять 1,5 м.

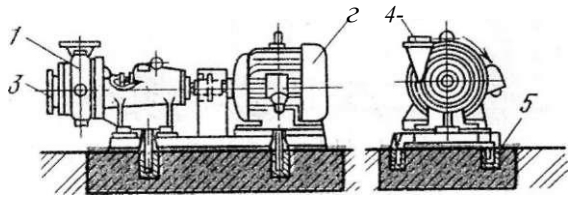


Рис. 19. Общий вид центробежного насоса на раме:
1 — насос; *2* — электродвигатель; *3, 4* — всасывающий и нагнетательный патрубки; *5*—фундаментные болты

Монтаж вентиляторов. Для перемещения воздуха в холодильной технике применяют центробежные вентиляторы типа Ц4-70 и осевые типа ВО-06. Вентиляторы доставляют к месту монтажа и устанавливают на фундамент с помощью авто- или электропогрузчиков.

Горизонтальность установки вентилятора выверяют по уровню. При монтаже вентиляторов необходима проверка:

кольцевого зазора между валом и боковыми стенками корпусов подшипников (не более 1 мм для всех номеров вентиляторов);

зазора между патрубком и рабочим колесом (не более 0,01 диаметра рабочего колеса);

биения колеса, замеренного на внешних кромках дисков (для вентиляторов № 2—6 эта величина составляет 1,5 мм в радиальном направлении и 2 мм в осевом; для вентиляторов № 7—12 она не превышает 3—6 мм в радиальном и 6 мм в осевом направлении).

§ 8. МОНТАЖ АППАРАТОВ

По идентичности выполняемых при монтаже работ аппараты и сосуды холодильных установок можно разделить на несколько групп: горизонтальные цилиндрические аппараты; вертикальные цилиндрические аппараты; аппараты различных конструкций, размещаемые в баках и на поддонах; потолочные и пристенные охлаждающие батареи, устройства для охлаждения оборотной воды.

В подготовительный период аппараты проверяют на соответствие

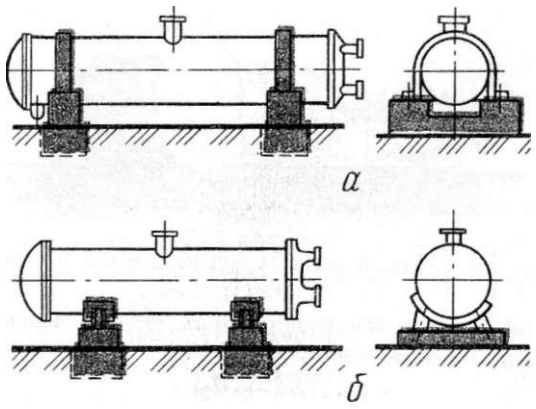


Рис. 20. Схема расположения горизонтальных аппаратов:
а — без опорных лап; *б* — на опорных лапах

проекту, наличие технической документации и комплектность.

Особенность монтажа аппаратов с низкими температурами — необходимость специальной подготовки оснований. На основание наносят слой гидроизоляции, затем теплоизоляции (толщина ее определяется проектом) и сверху еще слой гидроизоляции. Это необходимо для того, чтобы теплоизоляция при работе аппаратов не пропитывалась влагой и не теряла своих свойств.

Горизонтальные цилиндрические аппараты. Их монтируют на бетонных опорах в виде отдельных тумб. Конструктивно эти аппараты выполняют с опорными лапами и без них.

Горизонтальные аппараты, не имеющие опорных лап (рис. 20, *а),* монтируют на фундаментах. Корпус аппарата опирается на фундамент через деревянные брусья, пропитанные антисептиком. В верхней части брусьев делают цилиндрическую выемку, радиус которой соответствует радиусу корпуса аппарата. Горизонтальность аппаратов достигается путем размещения прокладок под деревянными брусьями. К фундаменту аппараты крепятся с помощью стальных лент. Концы ленты закрепляют фундаментными болтами.

Аппараты с опорными лапами устанавливают непосредственно на фундамент. Горизонтальность достигается путем размещения подкладок под опорными лапами.

Горизонтальность аппаратов проверяют с помощью уровня. Отклонение допускается не более 0,3 %. При наличии у аппарата маслосборника или отстойника уклон допустим только в их сторону.

Монтаж кожухотрубных испарителей, циркуляционных и дренажных ресиверов имеет особенности, связанные с их работой при низких температурах. Чтобы избежать создания тепловых мостиков в местах размещения поясов крепления, на аппаратах без опорных лап, на поверхность их корпуса приклеивают горячим битумом деревянные бруски длиной 50—100 мм и толщиной 150—200 мм (рис. 20,6). Поверхность корпуса между деревянными брусьями изолируют.

Вертикальные цилиндрические аппараты. К этой группе относят вертикальные кожухотрубные и испарительные конденсаторы, а также вертикальные ресиверы различного назначения. В качестве примера рассмотрим монтаж конденсатора.

Вертикальные кожухотрубные конденсаторы монтируют на открытых площадках. Опираются конденсаторы на балки перекрытия водоприемного резервуара. Установ-

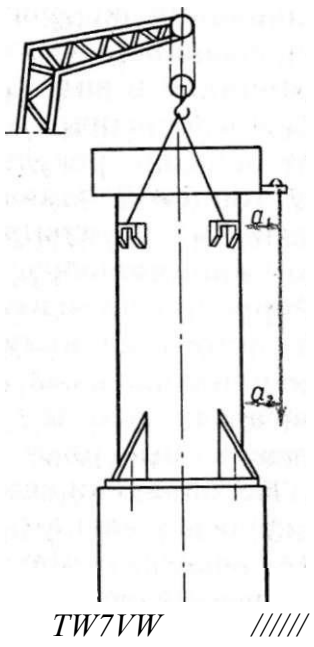


Рис. 21. Схема проверки положения вертикального конденсатора

ка вертикальных кожухотрубных конденсаторов показана на рис. 21. Аппарат доставляют к месту монтажа и поднимают с помощью автомобильного крана. Перед подъемом конденсатора на его верхних штуцерах и патрубках закрепляют запорную и предохранительную арматуру и водораспределительный коллектор.

Поднятый краном аппарат центрируют относительно фундаментных болтов и опускают на пакеты стальных подкладок фундамента. После размещения аппарата на фундаменте проверяют вертикальность установки с помощью отвесов, располагаемых в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. После проверки аппарат закрепляют на фундаментных болтах и проводят подливку аппарата цементным раствором.

Испарительные конденсаторы поступают с заводов-изготовителей в собранном виде. После установки конденсаторов на фундамент проверяется горизонтальность в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Допускаемое отклонение — 0,5 мм на 1 м длины. При монтаже испарительных конденсаторов необходимо обратить внимание на защиту водяных трубопроводов и насосов от замерзания. Насосы устанавливают в отапливаемых помещениях; трубопроводы прокладывают в земле ниже уровня промерзания грунта.

Аппараты различных конструкций, размещаемые на поддонах и в баках. К этой группе относят открытые панельные испарители, воздухоохладители и др.

Открытые панельные испарители поставляют в виде отдельных узлов: бак, панельный испаритель, перемешивающее устройство и отделитель жидкости.

Бак располагают на бетонной подушке. На подушке размещают деревянные антисептированные брусья толщиной, соответствующей толщине изоляции, которую укладывают между брусьями. Поверх изоляции наносят слой расплавленного битума. Перед монтажом бак устанавливают на брусья и заполняют водой, с тем чтобы убедиться в отсутствии течи в его соединениях. Герметичность панельных секций проверяют сжатым воздухом.

Если бак располагают у стены, то до установки на фундамент наносят тепловую изоляцию на стенку бака, которая будет обращена к стене. Затем бак устанавливают на фундамент и выверяют на горизонтальность. Допускается уклон к сливному патрубку бака в пределах 0,015—0,02. В баке монтируют панельные секции. При их монтаже необходимо выполнение инструкции завода-изготовителя: секции должны располагаться строго вертикально, а коллекторы — горизонтально; отклонение — 0,5 мм на 1 м длины. Панели испарителя соединяют между собой газовым, жидкостным и маслоспускным коллекторами. Затем монтируют отделитель жидкости, мешалку и запорную арматуру с трубопроводами.

Поверхность бака изолируют и делают обшивку по наружной поверхности для защиты изоляции от механических повреждений. Сверху испаритель закрывают деревянной крышкой. Схема расположения испарителя на фундаменте показана на рис. 22.

Воздухоохладители. Конструктивно воздухоохладители выполняют напольными и подвесными.

Напольные воздухоохладители (рис. 23) поставляют укомплектованными всеми узлами: поддоном, охлаждающей батареей, кожухом с фланцами для присоединения к вентилятору и воздушным каналам.

Подготовка места для установки воздухоохладителя аналогична подготовке места для установки панельных испарителей. Поддон размещают на площадке и проверяют его на горизонтальность. Затем монтируют охлаждающие батареи. При этом оребренные шланги батарей должны быть горизонтальными, а секции — вертикальными. Блоки батарей подсоединяют к всасывающему и жидкостному трубопрово-

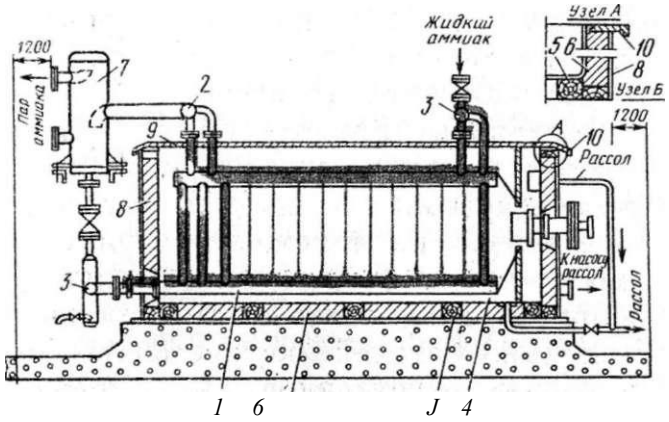


Рис. 22. Схема расположения рассольного панельного испарителя:

/ — панели испарительные; *2, 3* — коллекторы (паровой, жидкостный и маслосборочный); *4*— .бак для рассола; *5* — деревянные брусья под угольники жесткости бака; *6* — изоляция дна бака; 7 отделитель жидкости; *8* — обливка бака; *9* - крышка бака; *10* — слезник обшивки изоляции

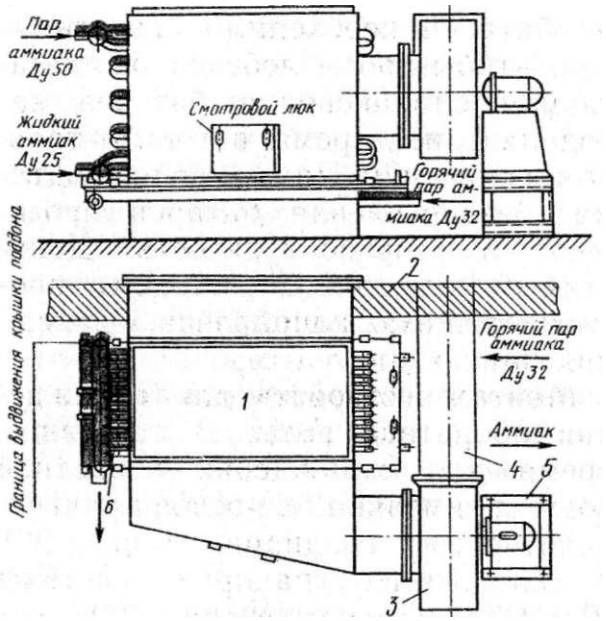


Рис. 23. Схема монтажа напольного воздухоохладителя:

/ кожух; *2* — перегородка камеры; *3* — центробежный вентилятор; *4*—воздушный канал; 5 — электродвигатель; *6* — «калачи» секции

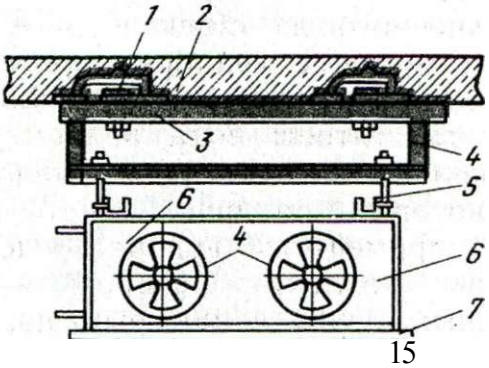


Рис. 24. Схема монтажа подвесных воздухоохладителей:

/ •— болт, *2* — перекрытие; *3* — закладная деталь: т. 5 — крёлежаые м'етгйнлок'онстр'укиь- вс>-йухоох.чаді 1е.:->; 7 поддон дреНажни-й . дубкой

дам. Одновременно монтируют воздушные каналы от воздухоохладителя.

Подвесные воздухоохладители. Их размещают под потолком камер, как показано на рис. 24. Воздухоохладители поступают на монтаж в собранном виде. Подвесные воздухоохладители закрепляют на перекрытии с помощью специальных металлоконструкций, присоединенных к закладным деталям перекрытия. Для подъема используют погрузчики. До подъема воздухоохладителя проводят ревизию его вентилятора, порядок которой изложен ранее.

Охлаждающие батареи. Аммиачные и рассольные батареи изготовляют на монтажных предприятиях; хладоновые (красно-медные) поступают с завода в готовом виде.

Для изготовления аммиачных батарей применяют стальные бесшовные трубы диаметром. 57Х3,5 мм или 38Х3 мм. При температурах -j- 150 °Сч——40 °С используют трубы из стали 20, при температурах — 40 °Сч-—70 °С — стальные бесшовные горячекатаные трубы из стали 10Г2.

Рассольные батареи изготовляют из газовых труб с продольным швом или из электросварных со спиральном швом. Для оребрения 11спользуют низкоуглеродистую стальную ленту холодного проката размером 30Х1 мм или 46Х1 мм с обрезными кромками. Оребрение труб является ответственной операцией. При навивке необходимо строго выдерживать проектный шаг навивки и обеспечивать плотный контакт ленты с трубами.

В холодильной технике применяют коллекторные и змеевиковые батареи. В коллекторных батареях концы труб соединяют между собой сварными коллекторами, а в змеевиковых — «калачами» (отрезок трубы, изогнутый под углом 180°). Унифицированные секции батарей показаны на рис. 25. Сварка ручная, электродуговая электродами типов Э-42, 3-42А или Э-46 диаметром 3 мм.

Сила тока 100—130А. Сварные стыки аммиачных батарей подвергают физическим методам контроля в соответствии со СНиП ОШ-Г.9—62.

После сварки батареи испытывают на прочность сжатым воздухом с помощью воздушного компрессора. Аммиачные батареи выдерживают под давлением 1,6 МПа в течение 5 мин, затем снижают давление до 1 МПа, осматривают и обмазывают мыльной эмульсией сварные швы и места установки заглушек. Батарея считается выдержавшей испытания на плотность, если в течение 15 мин утечки воздуха и падения давления по манометру не наблюдалось.

Рассольные пристенные батареи из стеклянных труб с гладкими концами изготовляют из труб диаметром 68Х5 мм. Расстояние между опорными стойками не должно превышать 2500 мм, общая протяженность труб в одной батарее 120—150 м. К стойкам трубы крепятся на прямых участках с помощью хомутов. Трубы собирают в змеевики с помощью стандартных калачей на фланцевых соединениях.

Потолочные и пристенные батареи в современных холодильных предприятиях, сооружаемых из сборных железобетонных конструкций, подвешивают, как правило, к закладным деталям, заложенным в швы между плитами при сооружении здания. Швы не всегда совпадают с положением батарей, поэтому к закладным деталям приходится , крепить промежуточные балки. Схемы крепления пристенных и потолочных батарей показаны на рис. 26.

Пристенные батареи (см. рис. 26, а) размещают вдоль стен, расстояние от стен до оси труб составляет 130—150 мм, от стены до торцевой части труб — не менее 500 мм, от потолка до оси труб — 200—300 мм. Подъем батарей осуществляют с использованием погрузчиков, стрелового грузоподъемного механизма, автокранов. После подъема и закрепления батарей на кронштейнах их проверяют на горизонтальность (уровнем) и вертикальность (отвесом).

Потолочные батареи обычно размещают на расстоянии 400—500 мм от перекрытия. В камеры батареи доставляют на тележках и размещают их на козлах или на полу вблизи места установки. Монтаж потолочных батарей осуществляют с помощью погрузчиков (на первых этажах зданий), одностоечных подъемников или ручных рычажных лебедок через блоки, закрепленные на закладных деталях (см. рис. 26, в).

Перед монтажом потолочных батарей тщательно проверяют правильность установки и качество заделки закладных деталей. При подъеме батарей необходимо следить за тем, чтобы тросы лебедок были натянуты одинаково, а батарея находилась все время в горизонтальном положении. По окончании подъема и закрепления батарей проверяют их горизонтальность. Допустимый уклон 0,002 в сторону, противоположную направлению движения пара хладагента.

Монтаж устройств для охлаждения оборотной воды. В настоящее время для охлаждения оборотной воды применяют в основном вентиляторные градирни (рис. 27) и пленочные градирни системы ВНИКТИхолодпрома (рис. 28).

Вентиляторные градирни — сооружения каркасного типа, состоящие из железобетонного или металлического водосборного бассейна и многоярусного каркаса, выполненного из стоек и ригелей.

При монтаже градирни водораспределительный желоб устанавливают так, чтобы вода равномерно вытекала из всех вырезов желоба. В некоторых градирнях вместо желоба применяют водораспределительный коллектор, сваренный из стальных труб, в которых размещены форсунки. Форсунки монтируют отверстиями вниз.

Особое внимание уделяют монтажу вентиляторов. Крупные вентиляторы поступают на монтажную

Рис. 25. Типы батарей из оребренных труб:
а — концевая секция с коллектором; *б* — концевая секция с одним калачом; *в* — концевая секция с двумя калачами; *г* — змеевиковая батарея в сборе; *д*—средняя секция; *е*—коллекторная батарея в сборе; *1* — ребро; *2* — оребренная труба; *3* — уголок; *4* — хомутик; 5 — калач

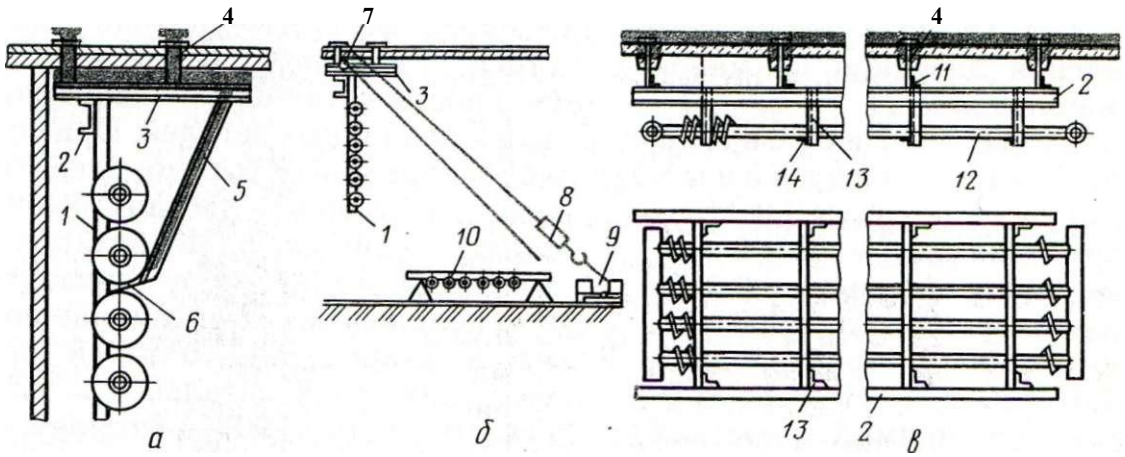


Рис. 26. Монтаж пристенной и потолочной батарей:
а — схема установленной пристенной батареи; *б* — схема монтажа пристенной батареи; *в* — схема установленной потолочной батареи; / — пристенная батарея из оребренных труб; *2* — продольные балки; *3* — поперечные балки; *4* — закладные части; 5 — подкос; *6* — косынки; 7 — монтажный блок; *8* — ручная лебедка; *9* — крепление с грузом; *10*— батарея до ее установки на место; // — уголок для крепления продольной балки к закладной части; *12* — оребренная труба батареи; *13* — подвески (уголок); *14* — уголок батареи

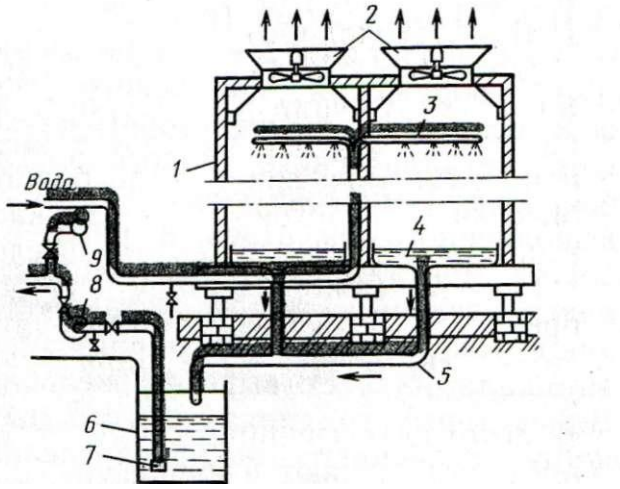


Рис. 27. Схема монтажа вентиляторной градирни:
/ — стенки каркасной части градирни; 2 — осевые вентиляторы и моторы; *3* — водораспределительный коллектор с форсунками; *4* — поддон бака; 5 — сливной трубопровод; *6* — бак для воды; 7 — поиемный фильтр с обратным клапаном; *8*—

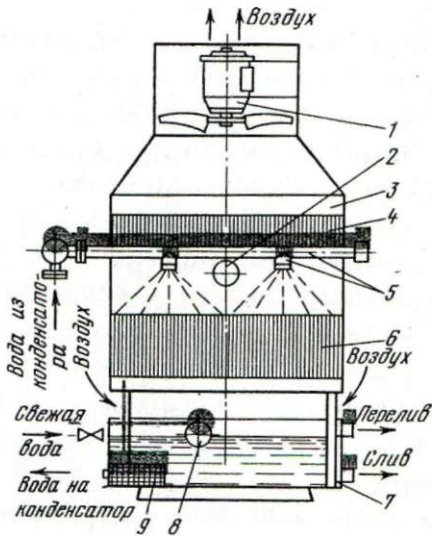


Рис. 28. Пленочная вентиляторная градирня типа ГПВ:
/ — вентилятор; *2* — смотровой люк; *3* — корпус градирни; *4* — отбойный слой сепаратора; *5* — водораспределитель; *6* — насадка оросителя; 7 — резервуар охлажденной«#ооды; *8*— поплавковый регулятор уровня воды; *9* — фильтр

площадку в частично разобранном виде. Сборку производят до подъема вентилятора на каркас градирни строго по маркировке, указанной на узлах вентилятора, с помощью болтов из коррозионно-стойкой стали, входящей в комплект поставки. Затем проверяют зазор между патрубком и наружными кромками лопастей, который должен быть в пределах 15 мм. Зазор регулируют с помощью регулировочных винтов. Подъем и установку вентиляторов производят стреловым краном. После установки проверяют на горизонтальность, а затем крепят вентилятор к каркасу градирни. Вентилятор прокручивают вручную, а затем обкатывают в течение 2 ч.

Пленочные градирни поступают на монтаж полностью собранными. Монтаж заключается в установке градирни на фундамент, проверке ее положения на горизонтальность и подключения к системе трубопроводов. При опробовании градирни после монтажа необходимо обратить внимание на равномерность орошения водой насадки из полихлорвиниловых пластин и при необходимости отрегулировать, изменяя положение форсунок.

Глава 3

МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 9. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТРУБОПРОВОДАХ

Трубопроводы холодильных установок состоят из труб, деталей трубопроводов (отводы, тройники, калачи, заглушки и т. д.), запорной и регулирующей арматуры (вентили, задвижки, предохранительные клапаны и др.), соединений (сварных, резьбовых, фланцевых), опор и подвесок, крепежа (болты, шпильки, гайки, шайбы) и прокладок. В зависимости от назначения трубопроводы делятся на технологические и санитарно-технические.

В зависимости от места расположения технологические трубопроводы подразделяют на внутрицеховые и межцеховые. Внутрицеховые трубопроводы соединяют между собой машины и аппараты в пределах одной установки или цеха. Они обычно имеют сложную конфигурацию и множество деталей, арматуры и сварных соединений, что значительно усложняет их монтаж. Межцеховые трубы характеризуются большой длиной прямых участков и небольшим количеством деталей и арматуры, что упрощает их монтаж.

В зависимости от рабочих условий трубопроводы разделены на пять категорий. Трубопроводы, по которым циркулируют аммиак, бутан, этан, этилен и пропилен, независимо от давления и температуры относятся к I категории; хладоны — ко II категории; водно-аммиачные растворы концентрацией до 40 % — к III категории, от 40 до 60 % — ко II категории, выше 60 % — к I категории; водяной пар и горячая вода с рабочим давлением p = = 1,6 МПа и / = 250 °С — к IV категории; вода и хладоносители — к V категории; трубопроводы хладагентов, соединяющие предохранительные клапаны с атмосферой,— к IV категории.

При изготовлении и монтаже трубопроводов различных категорий предъявляют разные требования к точности изготовления, контролю за сварными швами, испытаниям и др.

При монтаже трубопроводов принята терминология:

линия — участок трубопровода, связывающий аппараты с одинаковыми параметрами;

деталь — часть трубопровода, не имеющая разъемных соединений;

элемент — сварная деталь трубопровода, не имеющая разъемных соединений;

узел — часть трубопровода, состоящая из нескольких элементов и деталей в сборе (узлы могут быть плоские, расположенные в нескольких плоскостях);

блок — часть трубопровода в сборе, обычно состоит из нескольких узлов с арматурой.

Основными характеристиками трубопроводов являются: наружный диаметр, толщина стенки, условный проход, условное, пробное и рабочее давление.

Условный проход D_y — номинальный внутренний диаметр изделия. Так, трубопровод с условным проходом 100 мм обозначается $D_y = 100$.

Условное давление p_y — это давление, которое должны выдерживать трубы при температуре среды от 0 до 200 °С.

Пробное давление $p_п$ — давление, при котором арматура и трубопроводы подвергаются гидравлическим испытаниям на прочность.

Рабочее давление $p_{раб}$ — номинальное давление в трубопроводе во время его эксплуатации.

Монтажом трубопроводов называют сборку и соединение составных частей трубопровода и установку их в проектное положение. Монтаж технологических трубопроводов является своеобразным производственным процессом со своими особенностями и приемами работ. Весь процесс монтажа трубопроводов состоит из трубозаготовитедьных и сборочных работ. К трубозаготовительным работам относятся приемка, резка, правка, обработка концов, гибка труб, изготовление деталей и опорных конструкций и сборка узлов трубопроводов; к сборочным работам — укрупнение узлов трубопроводов на монтажной площадке в блоки, установка готовых частей, узлов и блоков в проектное положение и закрепление их.

Стальные трубы. По способу изготовления стальные трубы подразделяются на бесшовные и сварные.

Бесшовные трубы (горячекатаные, холоднотянутые и холоднокатаные) применяют при устройстве кислотопроводов, щелочепроводов, воздухопроводов и линий инертных газов (при давлении свыше 1,5 МПа и т. п.), трубопроводов, транспортирующих огне- и взрывоопасные продукты, и трубопроводов высокого давления.

Горячекатаные бесшовные трубы изготовляют наружным диаметром от 25 до 800 мм, толщиной стенок от 2,5 до 75 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 4 до 12,5 м. Изготовляют холоднотянутые и холоднокатаные трубы наружным диаметром от 10 до 200 мм, толщиной стенок от 0,1 до 12 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 1.5 до 9 м. В зависимости от назначения трубопроводов применяют те или иные марки сталей.

Трубопроводы аммиачных холодильных установок для диапазонов температур рабочей среды —40 °С-**f-**-**г-** -f-150 °С изготовляют из стали 20; для температур от —70 °С до 40 °С — из стали 10Г2.

Сварные водогазопроводные (газовые) трубы изготовляют печной сваркой; неоцинкованными (черными) и оцинкованными; обыкновенными, усиленными и облегченными; без резьбы, с гладкими концами под сварку или под резьбу и с цилиндрической или конической резьбой по требованию потребителя. Трубы применяют для устройства внутрицехового водопровода, отопительных трубопроводов, линий сжатого воздуха. Газовые трубы не применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих огне- и взрывоопасные, а также ядовитые среды. Обыкновенные трубы рассчитаны на работу при условном давлении до 1 МПа, а усиленные — до 1.6 МПа. Усиленные трубы отличаются от обыкновенных большей толщиной стенок. Предельная допускаемая температура для газовых труб составляет 175 °С.

Газовые трубы изготовляют диаметром условного прохода от 8 до 150 мм (от $^{x}/_{A}$ Д° 5") и длиной от 4 до 8 м. Трубы поставляют, как правило, без резьбы и муфт. Трубы диаметром условного прохода более 70 мм поставляют со скошенными кромками. По требованию потребителя трубы могут поставляться с ко-

нической или цилиндрической резьбой на обоих концах и муфтами с той же резьбой (из расчета одна муфта на каждую трубу). Если трубы с диаметром условного прохода свыше 50 мм предназначены под сварку, их поставляют облегченными, с. толщиной стенок, на 0,75 мм меньше предусмотренной стандартом.

Электросварные тр.убы диаметром 5—152 мм изготовляют электросваркой методом сопротивления из сталей марок 08, 15, Сталь 20, Ст. 2, Ст. 3, Ст. Зкп и Ст. 4, Их применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих слабоагрессивные продукты, щелочи, перегретый и насыщенный пар при давлении до 1,6 — 2,5 МПа и температуре до 200 - 350 °С. Поставляют трубы наружным диаметром от 5 до 152 мм, толщиной стенок от 0,5 до 5,5 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 2 до 8,5 мм. Концы труб обычно обрезаны под прямым углом и зачищены от заусенцев. По требованию потребителя трубы диаметром 114 мм и выше, подлежащие сварке, поставляют с кромками, скошенными под углом 35-50 °С к торцу трубы. При этом оставляют торцевое кольцо шириной \—3 мм. Угол скоса может быть изменен по требованию заказчика.

Трубы из цветных металлов и сплавов. Используют в основном алюминиевые, медные и латунные трубы. Возможно применение и стеклянных труб.

Алюминиевые трубы изготовляют методом холодной протяжки или прессования из алюминия марок А1, А2 и А3 с содержанием чистого алюминия до 99,3 %, а также из его сплавов: дюралюмина — сплава алюминия с медью; силумина — сплава алюминия с кремнием; электрона — сплава алюминия с магнием. Алюминий легко деформируется в холодном состоянии, поэтому трубы из него для улучшения механических свойств подвергают различной термической и механической, обработкам — отжигу, закаливанию, нагартовке.

Выпускают алюминиевые трубы наружным диаметром: тянутые — от 6 до 120 мм (толщина стенки от 0,5 до 5 мм); прессованные — от 25 до 280 мм (толщина стенки от 5 до 32,5 мм). Длина труб от 2 до 5,5 м. Трубы больших диаметров изготовляют из алюминиевого листа силами монтажных организаций и заводов.

Алюминиевые трубы применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих крепкую азотную, уксусную, муравьиную и другие кислоты; для перекачки щелочных растворов их применять нельзя.

С повышением температуры прочность алюминия снижается, поэтому температура перекачиваемого продукта при отсутствии давления не должна превышать 200—250 °С, а при работе с давлением до 0,6 МПа —' не более 160°С. .

Трубы поставляют партиями, которые состоят из труб одного размера и выполненных из сплава одной марки. Для предохранения от коррозии трубы смазывают снаружи и внутри нейтральным обезвоженным вазелином. На монтаж трубы поступают соединенными в пачки, плотно обернутыми влагонепроницаемой бумагой в три н-пять слоев и упакованными в ящики массой до 160 кг каждый. На одном из концов трубы диаметром более 20 мм имеется клеймо с обозначением трубы и номера партии. Пачка труб снабжается биркой, партия труб — сертификатом.

Медные трубы выпускают тянутыми *($B_у$* от 3 до 360 мм, толщина стенки от 0,5 до 10 мм) и прессованными (наружный диаметр от 30 до 280 мм, толщина стенки от 5 до 30 мм). Длина труб 6 м. Тянутые трубы подразделяются на мягкие — отожженные (М) и твердые — неотожженные (Т). В технологических трубопроводах применяют твердые медные трубы марки М3. В связи с переходом на сварку медных труб аргоно-дуговым способом все большее распространение получают трубы марки М3С с низким содер-

жанием кислорода. Медные трубы должны выдерживать гидравлическое испытание давлением 5 МПа. Медные трубы соединяют пайкой и сваркой.

Латунные трубы изготовляют методом протяжки или прессования из сплава меди с цинком (35—40%). Латунь более тверда, чем медь, но в отожженном состоянии легко поддается механической обработке. Тянутые трубы поставляют отожженными мягкими (М) и полутвердыми (ПТ) после низкотемпературного отжига; наружный диаметр тянутых труб от 3 до 100 мм, толщина стенки в зависимости от диаметра— от 1,5 до 10 мм; прессованные трубы имеют наружный диаметр от 21 до 125 мм и толщину стенки от 1,5 до 10 мм.

Стеклянные трубы с гладкими концами имеют наружный диаметр от 45 до 122 мм, толщину стенок от 3 до 6 мм и длину от 1,5 до 3 м. Их применяют для устройства вакуумных, безнапорных и напорных трубопроводов. Трубы рассчитывают на рабочее давление от 0,4 до 0,7 МПа в зависимости от диаметра. Для изготовления труб применяют простое кварцевое или термостойкое стекло.

Стеклянные трубы по сравнению со стальными обладают рядом преимуществ. Они имеют более высокую химическую стойкость, оказывают меньшее гидравлическое сопротивление, значительно легче подвергаются очистке. Меньшее гидравлическое сопротивление стеклянных труб позволяет снизить развиваемый насосами напор и, следовательно, уменьшить расход электроэнергии насосными станциями. Прозрачность труб дает возможность наблюдать за процессами внутри трубы и следить за их состоянием при эксплуатации. Стоимость стеклянных труб значительно ниже стоимости любых коррозионно-стойких труб.

Недостатками стеклянных труб являются хрупкость, плохое сопротивление изгибу и ударам, большая чувствительность к местным напряжениям.

Способы соединения труб. Соединения труб бывают разъемными и неразъемными. Неразъемные соединения обычно сварные. Для сварки элементов, состоящих из труб и деталей диаметром до 89 мм, можно применять ручную газовую сварку, для труб больших диаметров или с толщиной стенки более 3 мм — только электродуговую (ручная полуавтоматическая и автоматическая). К сварке и прихватке элементов и узлов трубопроводов I, II, III и IV категорий допускаются сварщики, имеющие удостоверение на право ведения таких работ.

Разъемные соединения могут быть фланцевыми и штуцерно-торцевыми. Штуцерно-торцевые соединения выполняют в виде ниппелиных, соединений с отбортованным концом трубы, а также муфтовых соединений.

В холодильной технике применяют плоские приварные фланцы и фланцы, приварные встык.

Плоские приварные фланцы (рис. 29, *а)* трубопроводов с условным давлением до 1 МПа выполняют без фаски, а с условным давлением до 2,5 МПа — с фаской.

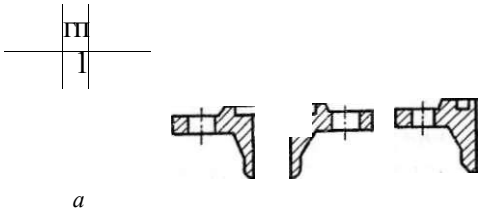
Приварные встык (рис. 29, *б, в),* или воротниковые, фланцы с кольцевыми выступом и впадиной применяют на трубопроводах с условным давлением до 20 МПа.

Свободные фланцы на отбортованной трубе (рис. 29, г) применяют на рассольных и водяных трубопроводах с условным давлением до 0,6 МПа. Примеры фланцевых соединений показаны на рис. 30.

Штуцерно-торцевые соединения показаны на рис. 31.

Крепежные детали (шпильки, болты, гайки, шайбы) служат для сборки фланцевых деталей и для крепления трубопроводов к штуцерам арматуры и к оборудованию.

Материалы и типы труб, арматуры деталей трубопроводов, крепежных деталей следует выбирать,



а

Рис. 29. Фланцы плоские стальные:

а — приварные встык (воротниковые) с выступом и впадиной; *б, в* — приварные встык с шипом и пазом; *г* — свободновращающиеся

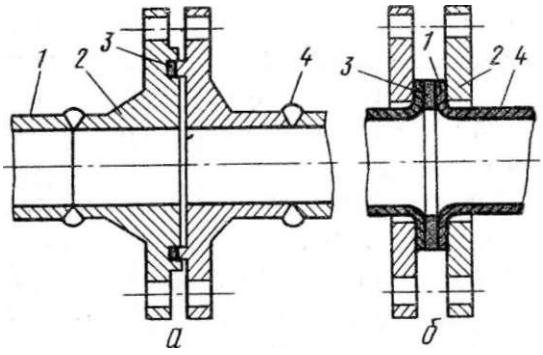


Рис. 30. Фланцевые соединения:

а — с приварными фланцами: / — труба; *2* — фланец; *3* — прокладка; *4* — сварной шов у трубы; б — со свободновращающимися фланцами на отбортованной трубе: *1* — борт трубы; *2* — фланец; *3* — прокладка; *4* — труба

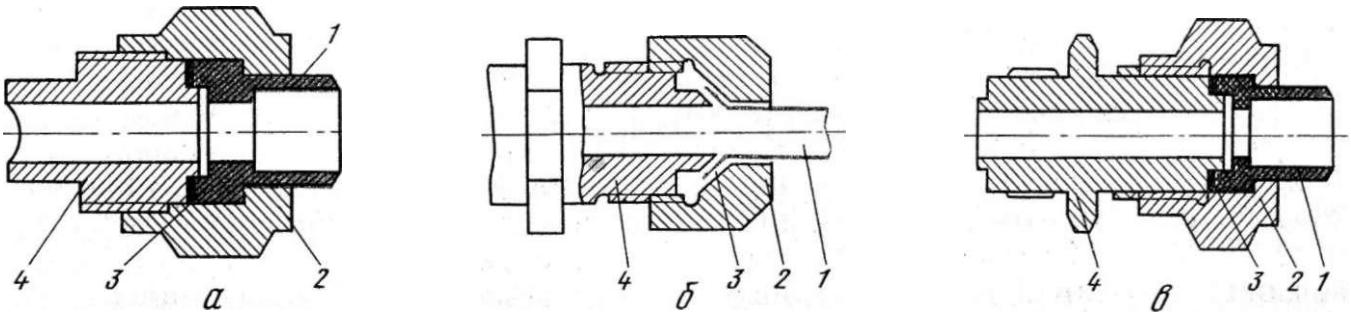


Рис. 31. Штуцерно-торцевые соединения:

а — ниппельное соединение: / — ниппель, привариваемый к стальной трубе; *2* — накидная гайка; *3* — прокладка; *4* — штуцер; *б*— штуцерно-торцевое соединение (для хладоновых систем); / — трубка медная отожженная; *2* — накидная гайка; *3* — борт трубки; *4* — штуцер; *в* — ниппельное соединение с переходным штуцером: / — ниппель; *2* — накидная гайка; *3* — прокладка; *4* — переходный штуцер

исходя из вида рабочей среды, давления и температуры. Крепежные детали и фланцы можно выбирать по данным табл. 2.

Прокладочные и набивочные материалы. В целях обеспечения необходимой плотности соединения между фланцами устанавливают прокладки.

Для прокладок выбирают такой материал, чтобы он химически не взаимодействовал с рабочей средой, был устойчив к температурным условиям, при которых он будет работать, твердость материала прокладок должна быть ниже твердости материала фланцев.

В холодильной технике в качестве прокладочного материала применяют: на аммиачных установках — паронит, на хладоновых установках — паронит, фибру, маслобензостойкую резину марок: НО-68-1, ИРП-2022 (для R 12), ИРП-1375, ИРП-1376 (для R 22 и R 13).

В штуцерно-торцевых соединениях из красно-медных трубок уплотнением служат отожженные борта трубок. В муфтовых резьбовых соединениях водогазовых труб зазоры в резьбовых соединениях уплотняются льняной или пеньковой прядью, пропитанной суриком или густым раствором белил.

Набивочные материалы служат для уплотнения сальниковых устройств холодильных установок и арматуры. Изготовляют набивочные материалы трех типов: плетеные, скатанные и кольцевые. В холодильной технике применяют в основном плетеные набивки.

Выпускают плетеные материалы хлопчатобумажные сухие, пропитанные и прографиченные (ХБС, ХБП, ХБГ), пеньковые сухие и про-

Таблица 2

Среда	Температура	Категория трубопровода	Материал арматуры	Фланцы			Болты			Гайки		
				Материал	Тип соединения		Материал	Тип		Материал	Тип	
					встык	плоское приводное		Чистые	Получистые		Чистые	Получистые
Аммиак и пропан	-15-=- + 150	I	Сталь	Ст. 3	Да	Нет	Ст. 4	Да	Нет	Ст. 3	Да	Нет
	-30 ч- -15		»	Ст. 10	»	»	Ст. 4			Ст. 3	»	»
	— 404- -31		»	Сталь 20	»	»	Сталь 39Х	»	»	Сталь 38Х		
	-70ч- —41			Сталь 1012	»	»	Сталь Х18Н10Т	»	»			
Хладон-12	— 15Ч- + 120	II	»	Ст. 3СП	»	»	Ст. 4	»	»	Ст. 3	»	»
			Бронза	Сталь 10								
				Сталь 20								
Хладон-22	-304- -16	II		Сталь 20	»	»	Ст. 4			Ст. 3	»	»
	-40 ч- — 31		»	Сталь 20								
	-70ч- —41		Сталь легированная	Сталь 1012	»	»	Сталь 38ХА					
Теплоноситель	-154- + 50	IV	Чугун (КЧ)	Ст. 3	Нет	Да	Ст. 4	Нет	Да	Ст. 3	Нет	Да
	— 30 Ч- — 16	V	Чугун. (КЧ) и сталь :	Ст. 10	»	»	Ст. 4	»	»	Ст. 3	»	»

питанные (ПС и ПП), асбестовые сухие и бензомаслостойкие (АС и АМБ).

В настоящее время промышленность выпускает для уплотнения соединений герметики марок УЗОМ и У-ЗОМЭС-5. После введения отвердителей герметики приобретают свойства резиноподобного материала, стойкого к растворам хлористого кальция и хлористого натрия, маслам и бензину.

Фторопласт применяют в качестве набивочного и прокладочного материала при работе в интервале температур — 50 ч> + 150 °С для любых сред.

Арматура. Труоопроводной арматурой называют различные устройства, позволяющие изменять направление движения транспортируемой среды путем изменения площади прохода.

Условные обозначения арматуры и отличительная окраска. Промышленную трубопроводную арматуру в зависимости от наименования изделия, материала ее основных деталей и уплотнительных поверхностей, вида привода и внутреннего покрытия обозначают с помощью четырех- и пятизначных буквенно-цифровых обозначений, например: 11ч8бк; 15нж67ст, 16нж10бк, 30ч914бр и др. Первыми двумя цифрами обозначают номер, присвоенный данному виду изделия (кран для трубопроводов — 11, вентиль—15, клапан обратный— 16, задвижка — 30 и др.). Далее следуют буквы, характеризующие материал, применяемый для изготовления основных деталей (сталь углеродистая — с; сталь нержавеющая (коррозионно-стойкая) — нж; чугун серый — ч; чугун ковкий — кч; латунь, бронза — б; винипласт — вп и др.). Цифры в обозначениях после букв, указывающих на применяемый материал, определяют фигуру, характеризующую конструктивные особенности данного вида изделия. При наличии в этой характеристике трехзначного числа последними двумя цифрами обозначают фигуру, а первая цифра указывает на вид привода (привод с червячной передачей — 3, цилиндрической — 4, конической — 5, пневматической — 6 и др.).

Четвертая характеристика в обозначении изделия указывает на применяемый материал уплотнитель-

ных поверхностей (латунь, бронза и др.; монель-металл — мн; кислостойкая и коррозионно-стойкая сталь — нж; нитрированная сталь — нт; баббит — бт; стеллит — ст; кожа — к; эбонит — э; резина — р; винипласт — вп). Для обозначения изделия без вставных или наплавленных уплотнительных колец, т. е. с уплотненными поверхностями, выполненными непосредственно на самом корпусе или затворе, ставят буквы «бк» (без колец).

Иногда условное обозначение дополняют римской цифрой, которая указывает на различные варианты конструктивного исполнения основного вида изделия, а также на то, что выполнено изделие из другого материала.

В зависимости от материала корпуса наружные необработанные поверхности (корпус, крышка, сальник) чугунной и стальной арматуры окрашивают в отличительные цвета: из углеродистой стали — в серый, из кислотостойкой и коррозионно-стойкой стали — в голубой, из чугуна — в черный. Арматуру из цветных металлов не окрашивают.

Приводные устройства арматуры (маховик, рычаг и т. п.) дополнительно окрашивают в зависимости от материала уплотнительных деталей затвора в следующие цвета: бронза или латунь — красный; монель-металл — серый с желтой полоской по периметру; сталь кислотостойкая и коррозионно-стойкая — голубой; сталь нитрированная — фиолетовый; баббит — желтый; стеллит-сормайт — серый с красной полоской по периметру; кожа, резина — коричневый; эбонит — зеленый; винипласт — серый с синей полоской по периметру; без колец — цвет окраски корпуса и крышки устройства.

На фланцевой арматуре с внутренним покрытием в зависимости от материала покрытия Дополнительно окрашивают боковые наружные поверхности присоединительных фланцев по ободу: эмалированное — красной, гуммированное — зеленой, винипластовое — синей, свинцовое — желтой.

Таблица 3

Материал уплотнительных колец	Рабочая среда	Температура среды, °С	
		не более	
Резина	Вода, воздух	60	1,0
Кожа	То же	70	1,0
Латунь, бронза	Бензин	120	2,5
То же	Вода, пар	225	2,5
Эбонит	Горячая вода, насыщенный пар	50—220	1,3
Баббит	Аммиак	-40ч- +150	2,5
То же	Хладон	-304-+ 120	2,5

Условия применения арматуры на трубопроводах в зависимости от материала уплотнительных колец приведены в табл. 3.

§ 10. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Фасонные детали. Они служат для изменения направления и разветвления потоков, а также для закрытия концов трубопровода и для соединения труб между собой. Наибольшее распространение получили гнутые, штампованные, тянутые и сварные фасонные детали трубопроводов.

Гнутые фасонные детали изготовляют путем обработки в холодном или горячем состоянии бесшовных труб на станках или с помощью различных приспособлений. Основными типами гнутых деталей являются отводы (рис. 32, *а),* скоба (рис. 32, б), отступ, или утка (рис. 32, в), отвод с уткой (рис. 32, *г),* переходы. Основными параметрами, характеризующими гнутые детали, являются: радиус кривизны, диаметр, длина прямых участков, масса и материал изделия.

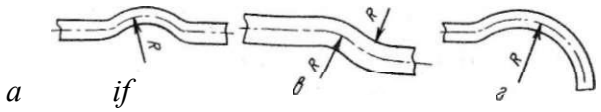


Рис. 32. Типы гнутых деталей:
— отвод; б — скоба; *в* — отступ (утка); *г* — отвод с уткой

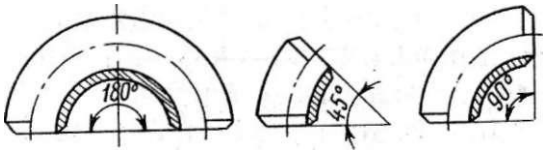


Рис. 33. Отвод крутозагнутый

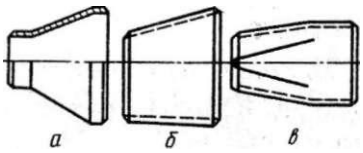


Рис. 34. Переходы
а — штампованный симметричный; *б* — штампованный несимметричный; *в*—сварной из трубы; *г* — сварной из листа, симметричный; *д* — обсадной из трубы, симметричный

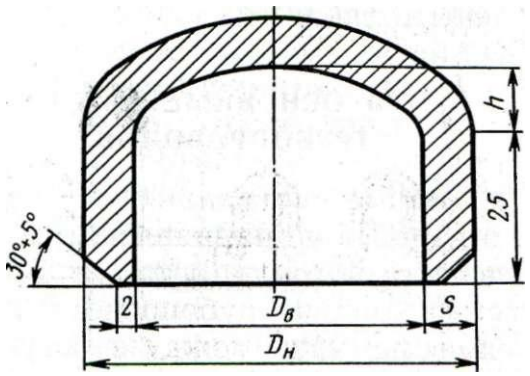


Рис. 35. Заглушка стальная сферическая

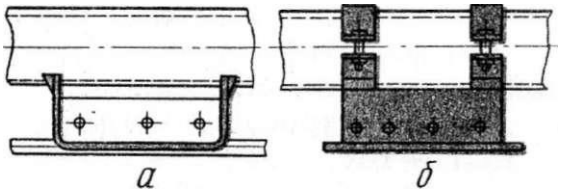


Рис. 36. Скользящие опоры:
а — с приварным ползуном; *б* — с хомутами

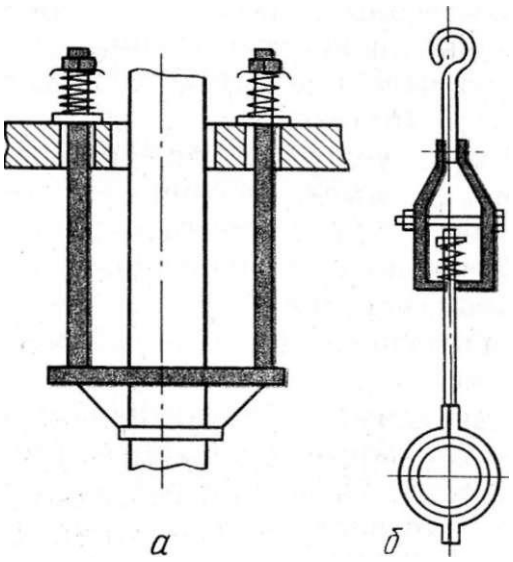


Рис. 37. Пружинные опоры для трубопроводов:
а — вертикальных; б — горизонтальных

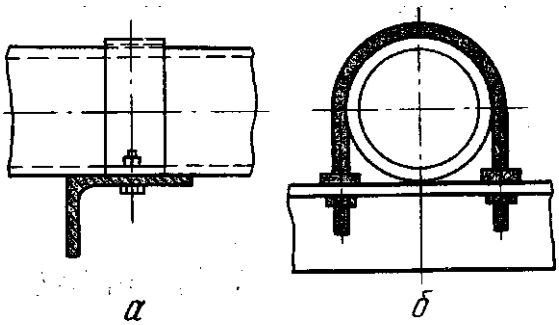


Рис. 38. Направляющие опоры:
а — из полосы; б — из круглой стали

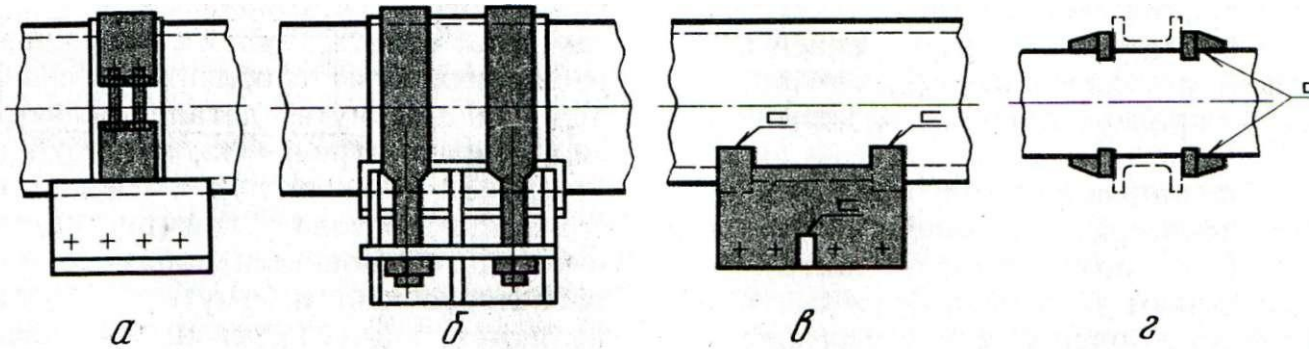


Рис. 39. Неподвижные опоры:
а — однохомутовая; *б* — двухкомутовая; *в* — приварная; *г* — с приварными упорами

Радиус гнутых деталей должен быть не менее следующих величин:

а) при гибке труб на специальном станке без набивки песком, в холодном состоянии — не менее 4 наружных диаметров трубы;

б) при гибке труб с предварительной набивкой песком и нагревом — не менее 3,5 наружных диаметров трубы;

в) при гибке труб с полурифлеными складками с одной стороны без набивки песком, с нагревом газовой горелкой — не менее 2,5 наружных диаметров трубы.

Крупноизогнутые стальные отводы (рис. 33) диаметром условного прохода от 40 до 150 мм изготовляют штамповкой, а от 150 до 600 мм — протяжкой.

Сварные детали трубопровода являются трудоемкими в изготовлении и характеризуются повышенным гидравлическим сопротивлением. Применяют их для установки на неответственных трубопроводах, и в массовом порядке они не изготовляются.

Переходы стальные (рис. 34) изготовляют штампованными и сварными. Заглушки стальные отбортованные (рис. 35) предназначены для сварки встык труб со свободными концами диаметром 50—400 мм.

Опоры и подвески для трубопроводов. Надежность работы трубопроводов в значительной мере зависит от правильности и прочности их закрепления. Основные средства крепления трубопроводов — опоры, подвески, кронштейны, крючья. Опоры разделяют на подвижные (рис. 36, *а, б)* и неподвижные. Различают подвески нерегулируемые, регулируемые, одинарные, двойные и шпренгельные. Кронштейны разделяют на индивидуальные, групповые, настенные, потолочные, а крючья — на обыкновенные и с хомутами.

Пружинные опоры (рис. 37) используют в трубопроводах, подвергающихся вибрации.

Направляющие опоры (рис. 38) применяют в целях предотвращения смещения трубопровода и поломки установленных на нем арматуры и других устройств.

Неподвижные опоры (рис. 39) предназначены для закрепления трубопровода и разделения его на участки, с тем чтобы обеспечить поглощение его линейных удлинений компенсаторами.

Кронштейны предназначены для опирания на них подвижных и неподвижных опор; для подвешивания к ним трубопроводов с помощью подвесок и непосредственного опирания на них трубопроводов. Кронштейны (рис. 40) изготовляют из углового проката, швеллеров и других профилей.

Подвески служат для закрепления трубопроводов. Применяют подвески нерегулируемые (рис. 41, а) и регулируемые. Регулируемые подвески снабжаются винтовыми стяжками (рис. 41,6). Шпренгельные подвески (рис. 41, *в)* обеспечивают достаточно устойчивое закрепление трубопроводов. Применяют их для крепления межцеховых (наружных) трубопроводов.

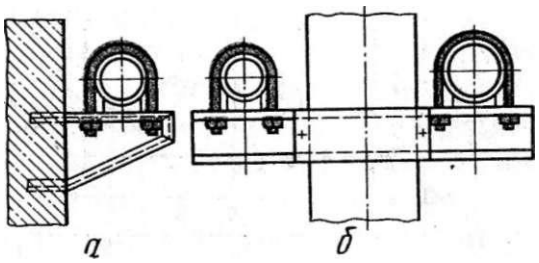


Рис. 40. Кронштейны для трубопроводов:
а — одинарный; *б* — двойной

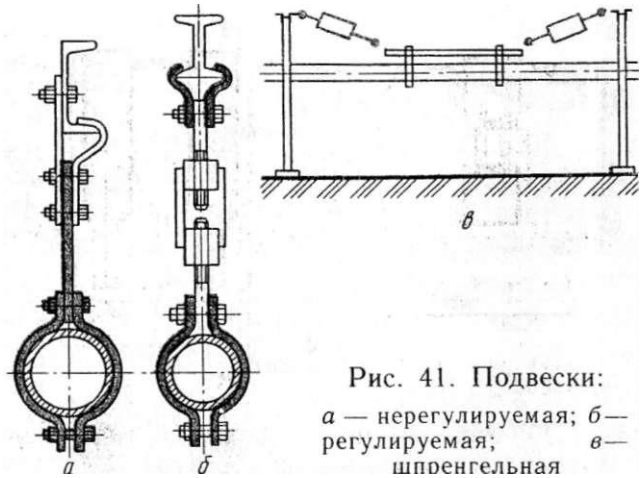


Рис. 41. Подвески:
а — нерегулируемая; *б* — регулируемая; *в* — шпренгельная

§ 11. РАЗМЕТКА ЦЕХОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Линию трубопровода при разметке разбивают на отдельные узлы с учетом технологии их изготовления и транспортабельности. На рабочем аксонометрическом чертеже линии приводят размеры линии и отдельных ее , участков, помещают сводную спецификацию материалов на линию, таблицу сварных швов, указывают количество разработанных рабочих чертежей узлов трубопроводов, намечают маркировку узлов и делают пометку о цвете условной окраски трубопровода данной установки. Маркировка линий и узлов приводится в виде дроби, в числителе которой проставляется номер линии, а в знаменателе - номер узла. По общемонтажным аксонометрическим чертежам линии производится монтаж узлов трубопроводов.

На основе аксонометрических чертежей линий разрабатывают соответствующие рабочие чертежи узлов трубопроводов. На рис. 43 приведены в качестве примера рабочие

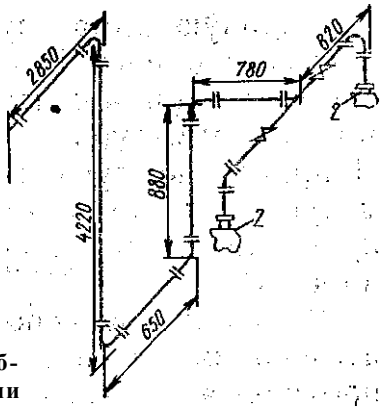


Рис. 42. Чертеж общего вида линии

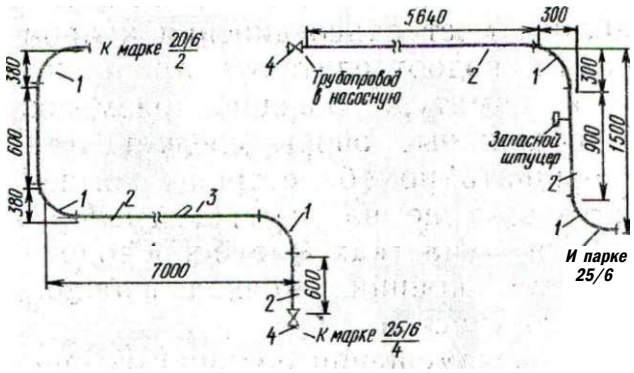


Рис. 43. Рабочие чертежи узлов трубопроводов

чертежи некоторых узлов трубопроводов линии, изображенной на рис. 42. В рабочих чертежах содержатся все данные, необходимые для изготовления узлов трубопроводов (спецификация и номера чертежей или нормалей деталей, места врезок, припуски "на обработку труб и пр.).

Помимо чертежей линий и узлов трубопроводов при разработке технической документации составляют сводные ведомости чертежей, спецификацию материалов и деталей, таблицу сварочных работ и ведомость комплектования узлов, -

Разбивка трассы состоит в перенесении на место прокладки оси трубопровода с помощью струны, линейки, угольника, шаблонов, а также нивелира и гидравлического уровня.

Для того чтобы разметить высоту расположения трубопровода, часто нужно знать его положение в горит зонтальной плоскости. Расстояние оси трубопровода от контрольных осей здания либо от стен и колонн здания обычно указывают на чертежах. Разбивка прямолинейного участка не представляет трудности. Между двумя крайними точками прямолинейного участка натягивают струну на временных кронштейнах. При разбивке нужно учитывать положение смежных трубопроводов, чтобы не произошло их совмещения на отдельных участках. Длинные прямые участки визируют нивелиром, причем визируют не только крайние точки прямой, но и промежуточные на расстоянии 10 м.

При разбивке оси трубопровода необходимо точно расположить оси колен, отводов и других отклонений оси трубопровода от прямой линии. В этих местах точно по угольнику определяют изменение направления или же с помощью угольника и линейки переносят ось трубопровода на параллельную прямую трассы, после чего фиксируют места расположения отводов.

После проведения оси трубопровода на месте проводят разбивку

мест установки постоянных кронштейнов, подвижных и неподвижных опор подвесок, а также разбивку ответвлений к аппаратам и определяют месторасположение компенсаторов, водоотделителей и арматуры.

При пересечении трассы наружных и внутренних трубопроводов с санитарно-техническими устройствами, электрокабелями, железнодорожными путями и другими трубопроводами эти места должны обозначаться особыми знаками, позволяющими судить о характере сооружений и намечаемой конструкции перехода, особенно при пересечении трубопровода с другими подземными сооружениями.

Рекомендуется разбивку трассы оформлять актом. Для межцеховых и магистральных трубопроводов оформление разбивки трассы актом обязательно; к акту должна быть приложена ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, обозначающих оси и повороты на месте.

По высоте ось трубопровода наносится мелом или краской на стенах (колоннах.) Для этого с помощью нивелира или гидравлического уровня и линейки вертикальные отметки имеющихся высотных реперов переносят вдоль трассы будущего трубопровода на расстоянии 50—200 м друг от друга. В прахтике монтажа внутрицеховых трубопроводов за нулевую отметку принимают отметку уровня пола здания.

После перенесения вертикальных отметок и установки временных реперов вдоль трассы трубопровода наносят условные отметки, близкие по высоте к отметке прокладки трубопровода. От них отмеривают высоту расположения трубопроводов и определяют его положение в вертикальной плоскости с учетом заданного для каждого трубопровода уклона.

В аммиачных установках всасывающие трубопроводы должны иметь уклон в сторону аппаратов (испарители, отделители жидкости, циркуляционные ресиверы и . т. п.), нагнетательные — в сторону конденсатора.

В хладоновых установках уклоны должны обеспечивать возврат масла в картер компрессора. При монтаже жидкостных трубопроводов предусматривают подъем труб по направлению потока жидкости, чтобы не допускать образования в верхних плоскостях «газовых мешков», способствующих повышению сопротивления в проходных отверстиях труб и созданию пульсирующего потока жидкости.

.При необходимости прокладки параллельных трубопроводов размещать их на опорах следует с учетом необходимых отступов от стен и нанесения изоляции на трубопроводы (по проекту). При прокладке трубопроводов, подлежащих изоляции, на опорах у хомутов крепления трубопроводов устанавливают деревянные подкладки.

При прокладке трубопроводов в стенах и перегородках их размещают в тонкостенных металлических гильзах. Запрещено размещать неразъемные и разъемные соединения в гильзах, а также в труднодоступных местах.

Запорную арматуру монтируют в местах, удобных для монтажа, обслуживания и ремонта. Запрещается монтаж арматуры шпинделем вниз. Направление стрелки на корпусе арматуры должно соответствовать направлению движения среды в трубопроводе.

Расположение неподвижных опор должно обеспечивать надежное и прочное их закрепление; наиболее правильно места для них выбирать вблизи мест присоединения к аппаратам, водоотделителям, тройникам и к арматуре больших размеров. Неподвижные опоры следует устанавливать по обе стороны компенсатора, а не на самокомпенсирующихся участках трубопровода — в двух крайних точках каждого такого участка.

При размещении подвижных опор и подвесок должна быть обеспечена возможность перемещения тру-

бопровода при его удлинении без перекосов. При установке опор или опорных конструкций на оштукатуренных поверхностях необходимо сбить штукатурку, так как прижатие к ней опор не допускается. В том случае, если опорные кронштейны и стяжные хомуты опор держатся трением, в строительной конструкции прорубают канавки, в которые кронштейны входят на 5—10 мм.

Установленные опорные конструкции на вертикальных участках проверяют по отвесу; кронштейны и другие конструкции устанавливают с выверкой их горизонтальных поверхностей по уровню. При установке опор и подвесок нужно обеспечить соблюдение проектного уклона трубопровода. Для выравнивания высотных отметок и сохранения проектного уклона при монтаже между пятой опорой и основанием размещают стальные прокладки; эти прокладки обычно приваривают к опорной конструкции. Ни в коем случае нельзя устанавливать такие прокладки между трубой и опорой.

Хомуты неподвижных опор должны плотно прилегать к трубе и не допускать ее перемещения в опоре. В специальных подвижных опорах или в подвеске труба может перемещаться, но только вместе с той частью, в которой она закреплена; в этих опорах между хомутом и трубой ставится кольцо из листового асбеста или листового картона.

При скользящих опорах шейка роликов должна прилегать ко всей опорной поверхности гнезда без перекосов и заеданий в направляющих квадратах; подвижная плоскость опоры должна лежать плотно прижатой на роликах без зазора, а сами ролики должны свободно, без заеданий, вращаться в гнездах. При шариковых опорах пята должна опираться на все шары, но вращение шаров должно быть свободным. У скользящих опор сопрягаемые опорные поверхности подвижной и неподвижной частей должны быть пригнаны без перекосов и заеданий.

При монтаже подвесок с пружинами и пружинных опор вертикальных трубопроводов опорные конструкции под пружины опор должны быть строго перпендикулярны к направлению усилия, так же как и верхние опорные тарелки пружин.

При монтаже пружинных опор пружинам дают предварительный натяг на величину, указанную в чертеже. На время монтажа для разгрузки пружин обычно устанавливают распорные приспособления, которые снимают после проведения гидравлических испытаний.

При сборке подвижные детали опор должны быть смещены на половину величины расчетного расширения в сторону, противоположную расширению. Тяги подвесок пружинных опор нужно устанавливать отвесно, если в трубопроводе не предусматривается тепловых перемещений; если же они учтены, тяги устанавливают с наклоном на половину величины -перемещения в сторону, обратную перемещению. При монтаже шарнирных опор с противовесом рычаг с грузом должен быть отклонен от рабочего положения в сторону перемещения на величину, указанную на чертеже. Все подвижные части опор должны быть смазаны консистентной смазкой, температура размягчения которой должна превышать температуру трубопровода.

Опоры в каналах и тоннелях не должны препятствовать свободному стоку воды.

§ 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Разметка труб. На поверхности труб, предназначенных для изготовления узлов и отдельных деталей трубопроводов, перед обработкой наносят в натуральную величину ширину разделительного реза, оси, контуры отверстий под штуцера, точки начала и концов изгиба, отбортовки концов труб, начала и конца оребрения, линии фасонной обрезки концов труб и т. п.

Разметочные работы выполняют

путем геометрического построения разметочных линий и знаков с помощью переносного мерительного инструмента и шаблонов.

Резка и обработка **концов труб** под сварку. Резку труб при изготовлении и монтаже трубопроводов осуществляют двумя способами: газопламенным или механическим.

Наиболее распространенным методом резки труб является газопламенная (газовая) резка. Этот метод применяют при обработке труб любых диаметров как при изготовлении трубопроводов, так и при монтаже.

Механическую резку используют при изготовлении трубопроводов в стационарных условиях, а также при резке труб из легированных сталей, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов, не поддающихся газопламенной резке, или если газопламенная резка нарушает структуру и ухудшает механические и другие свойства металлов.

При механической резке труб получается ровный и чистый срез и не возникает необходимости в обработке, концов труб под сварку. После газопламенной резки кромки труб зачищают, а с труб из низколегированных и легированных сталей снимают слой металла толщиной 2—4 мм, поврежденный огневой резкой.*

Фаски с кромок снимают на специальных машинах или наждачными кругами.

Гибка труб. Ее применяют при изготовлении соединительных деталей (отводы, «калачи»), а также

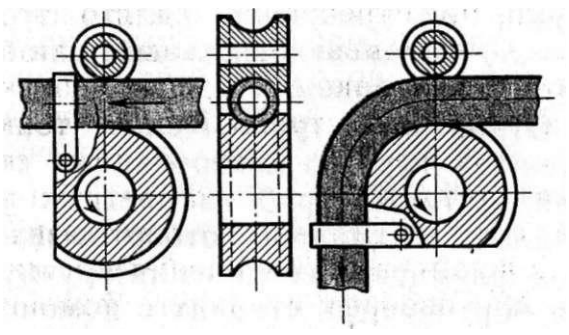


Рис. 44. Схема механического гнутья труб

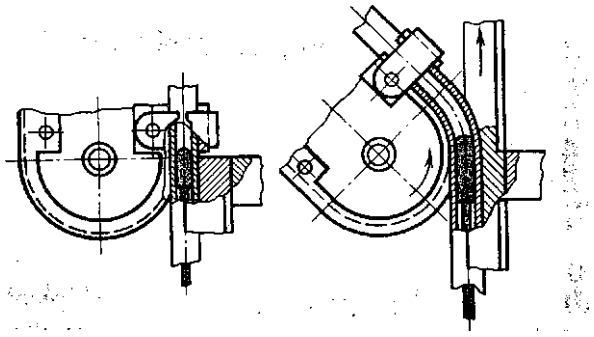


Рис. 45. Схема гнутья труб с калибрующей пробкой

при получении изогнутых участков трубопроводов. Гибку труб осуществляют как в холодном, так и в горячем состоянии.

Трубы диаметром до 70 мм и толщиной стенок до 4—5 мм гнут на станках, работающих по схеме обкатки трубы роликом (рис. 44). При гибке труб по этой схеме происходит изменение формы трубы (овализация), поэтому такой метод применяют при устройстве трубопроводов неответственного назначения.

Изменения формы трубы не происходит при использовании станков, работающих по схеме стягивания трубы с калибрующей пробки (рис. 45). Трубу закрепляют на гибочном сегменте специальным зажимом. При вращении сегмента труба плотно прижимается к нему прижимом, который остается неподвижным. Для предотвращения овализации сечения внутрь трубы помещается калибрующая пробка, которая в процессе гибки остается неподвижной.

Красно-медные отожженные тонкостенные трубки для хладоновых машин диаметром до 20—25 мм изгибают в холодном состоянии с применением пружин из стальной проволоки диаметром 3—3,5 мм с шагом витков не более 4 мм. Изгибаемую трубку заводят в пружину и изгибают вручную, при этом нельзя допускать сплющивания трубок и появления вмятин на их стенках. Для гнутья труб большего диаметра применяют роликовые трубогибочные устройства.

Гибку труб в горячем состоянии

выполняют двумя способами: нагревом труб токами высокой частоты и нагревом труб на горне или форсунками с предварительной набивкой труб песком.

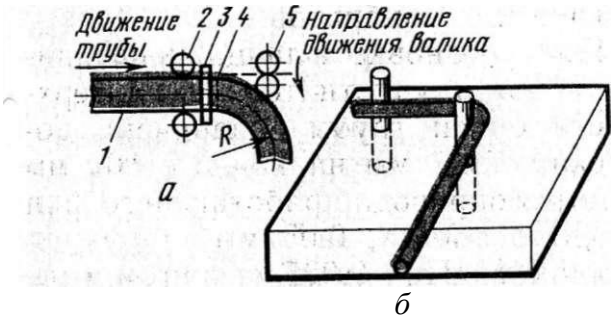
Гибку труб с нагревом токами высокой частоты осуществляют на специальных станках (рис. 46). Труба нагревается в индукторе до 900—1200 °С.

Гладкую гибку труб с нагревом и набивкой песком можно применять при любом диаметре труб. Для набивки используют кварцевый промытый песок, предварительно просеянный и прокаленный при 200—500 °С для удаления влаги и уничтожения органических примесей/

Трубу с одного конца закрывают деревянной пробкой и заполняют песком, обязательно обстукивая трубу молотком для уплотнения песка. Затем участок трубы нагревают до вишнево-красного цвета и изгибают на специальной плите (рис. 46, б).

В последние годы для гибки трубопроводов ответственного назначения стали применять способ гибки трубопроводов, наполненных замороженной водой/Трубопроводы устанавливают в холодильную камеру вертикально, закрывают заглушкой с нижней стороны, заполняют водой и охлаждают до температуры — *25 °С*-.——30 °С в течение 30—40 мин.

Технология гибки труб такая же, как и при заполнении песком.



б

Рис. 46. Схема гнутья труб в горячем состоянии:

а — с нагревом токами высокой частоты: / — труба; *2* — направляющие ролики; *3* — индуктор; *4* — охлаждаемый участок трубы; 5—гибочный ролик; б — с набивкой песком и нагревом

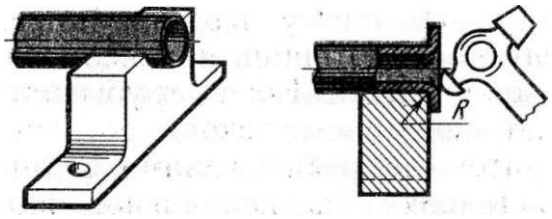


Рис. 47. Схема бортовки труб вручную на оправке

Оребрение труб. Процесс оребрения состоит в навивке на трубу по спирали тонкой стальной гофрированной ленты и прихватке ее концов к трубе электросваркой. Оребрение выполняют на специальных станках. Применение оребренных труб в охлаждающих приборах снижает расход стальных труб почти в 4 раза, і

Нарезание резьбы на концах труб. В технологических трубопроводах резьбовая арматура имеет ограниченное применение и используется лишь при прокладке коммуникаций контроля и автоматики, а также при монтаже обвязочных трубопроводов диаметром до 90 мм (с нейтральной рабочей средой). Для нарезки резьбы применяют специальные трубонарезные станки. Станки позволяют нарезать газовую, дюймовую, метрическую и конусную резьбу. При нарезаний резьбы места, подлежащие нарезке, обильно смазывают вареной олифой или эмульсией.

Сборке резьбовых соединений предшествует подмотка льняной пряди, пропитанной суриком или густотертыми белилами. Намотка пряди ведется по направлению резьбы тонким и равномерным слоем.

При сборке соединений с конической резьбой подмотка из льняной пряди не требуется, вместо этого резьбу смазывают шеллаком или бакелитовым лаком.

ОтбортОвка труб. Концы тонкостенных труб из легированных сталей, а также труб из цветных металлов и сплавов отбортовывают под фланцевые соединения вручную, на бортовочных станках с помощью приспособлений и штамповкой на фрикционных прессах.

Отбортовку вручную применяют редко, лишь при небольших объемах работ. Конец трубы нагревают до пластического состояния, а затем легкими ударами молотка конец трубы на специальной оправке (рис. 47) постепенно отбортовывают по всей окружности.

Отбортовку медных труб (малого диаметра) выполняют без нагрева в специальном приспособлении, называемом бортовочной колодкой, которая состоит из двух разъемных частей с отверстиями разного диаметра, предназначенных для закрепления в них труб с диаметрами, соответствующими этим отверстиям. В верхней части отверстия раззенкованы под углом 90°. Борты у трубок отгибают, вращая шпиндель струбцины.

На специальных бортовочных станках бортовка осуществляется с помощью разбортовочной головки и прижима для труб.

После закрепления трубы в прижиме к ней подводится вращающаяся разбортовочная головка, ролик ее входит в трубу и отгибает борт.

Наиболее экономичным и производительным способом бортовки труб является метод штамповки. Штамповку выполняют на специальных прессах в холодном или нагретом состоянии (в зависимости от материала и толщины стенки трубы) в два приема. Сначала в одном штампе конец трубы раздается на конус, а затем в другом штампе окончательно отбортовывается.

§ 13. СБОРКА ТРУБОПРОВОДОВ

При индустриальном методе сооружения трубопроводов их детали собирают в узлы в специализированных мастерских или на заводах с последующим монтажом трубопроводов из укрупненных блоков.

Узлы и блоки должны быть транспортабельными, т. е. такими, чтобы их размеры по длине, ширине и высоте не выходили за габаритные размеры, установленные для перевозок по железным дорогам и на автомобилях.

В практике изготовления технологических трубопроводов применяют узлы размерами 0,8Х1,5Х6 м для трубопроводов, расположенных в зданиях; при размещении трубопроводов вне зданий приняты размеры одноплоскостных узлов 1Х Х2,5Х6 и 2,5Х10 м, а для плетей межцеховых трубопроводов — до 18 м.

Сборка узлов в условиях специализированных заводов, цехов и мастерских ведется на специальных сборочных стендах, оборудованных необходимыми приспособлениями и кондукторами для укладки деталей, их закрепления и фиксации в проектном положении. Конструкция стендов зависит от характера монтируемого трубопровода.

В процессе сборки применяют шаблоны для разметочных работ, поверочные приспособления различного назначения, показанные на рис. 48.

Одна из основных сборочных операций при сборке узлов трубопроводов—напасовка фланцев на трубные детали. Напасовка плоского фланца заключается в установке его на трубу, выверке и прихватке.

Фланцы устанавливают так, чтобы отверстия для болтов были симметрично смещены относительно главных осей поперечного сечения трубопроводов, арматуры и технологических аппаратов.

При установке фланца перпендикулярность уплотнительнои поверхности с оси трубы ограничена допусками: 0,1 мм на каждые 100 мм D_y трубопровода, работающего при p_y до 1,6 МПа, 0,05 мм при p_y от 1,6 до 6,4 МПа и 0,025 мм при p_y выше 6,4 МПа. Уплотнительная поверхность фланца не должна быть заподлицо с торцом трубы, так как это не позволит приварить фланец со стороны уплотнительнои поверхности, поэтому между нею и торцом

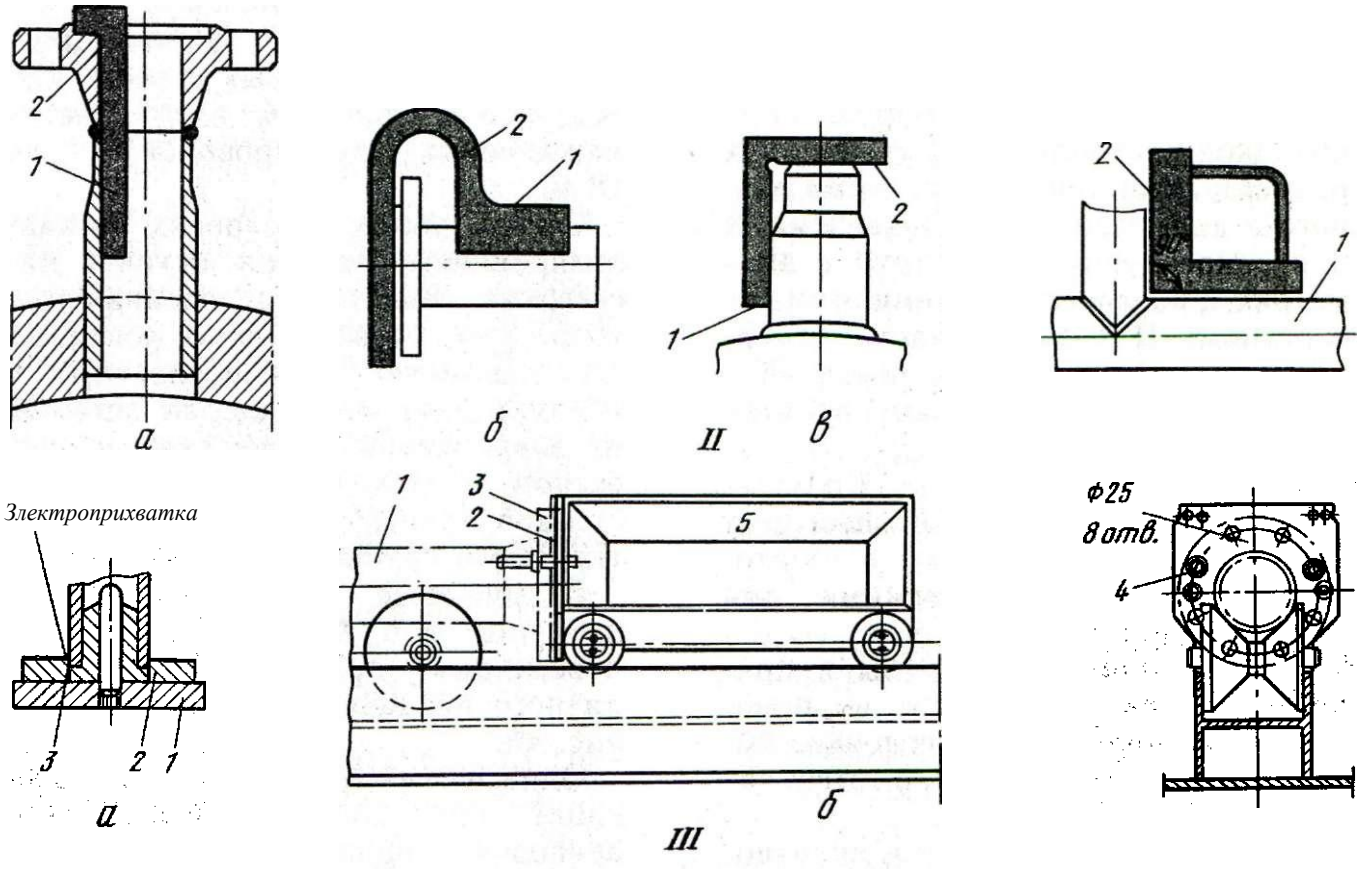


Рис. 48. Приспособления:

/ — для проверки на соосность (верхний ряд);а — при стыковке труб с отводами; *б, в, г* — при стыковке труб; // — для проверки на перпендикулярность; *а, б* — фланцев; *в* — кромок труб; *г* — штуцеров к основной трубе; / — опора приспособления; *2* — контрольная плоскость; ///— для напасовки фланцев и подготовки к приварке труб: *а* — плоских фланцев с фиксацией шва в отверстии: / — основание; *2* — фланец; *3* — привариваемая труба; б — фланцев других типов: *1* — труба; *2* — штифт; *3* — фланец приваренный встык; *4* — плита; *5* — каретка

трубы оставляют уступ, размер которого приведен ниже:

D_y трубы, мм	20	25—50	70—150	200	225	350—400
Уступ, мм	4	5	6	8	9	10

Внутренний диаметр фланца должен быть больше наружного диаметра трубы не менее чем на 1 мм. Правильность напасовки фланцев проверяется с помощью фланцевого угольника.

При сборке неразъемных стыковых соединений труб контролируют соответствие скоса кромок чертежу. При отсутствии таких указаний на чертеже скос кромок должен быть 30—-50°, а зазор между стыкуемыми трубами должен быть в пределах значений, приведенных в табл. 4.

Соосность труб регламентирована предельным отклонением 1 мм для труб с D_y до 100 мм и 2 мм для труб с D_y более 100 мм.

Отклонение замеряют с помощью линейки на расстоянии 200 мм в обе стороны от стыка в трех-четырех противоположных друг другу местах. Собранный неразъемный стык фиксируется электроприхваткой.

При сборке фланцев между собой

Таблица 4

Сварка	Зазо) (в мм) при толщине стенки трубы, мм			
	до 4	4—8	8—10	11 и выше
Ручная электрическая	1,5—2	1,5—2	2—3	3—3,5
газовая	0,5—2	—	—	—
Автоматическая и полуавтоматическая под слоем флюса на подкладном кольце	—	1 — 1,5	1,5—2	1,5—2,5

должна обеспечиваться параллельность их. Допускаемое отклонение (в мм на 100 мм условного Диаметра трубопровода) в зависимости от категории трубопроводов составляет: I и II категория до 0,05; III категория до 0,1; IV и V категории до 0,2.

При сборке фланцевых соединений применяют паронитовые уплотнительные прокладки, внутренний диаметр которых должен быть больше внутреннего диаметра канавки фланца на 2—3 мм у труб диаметром до 125 мм и на 3—4 мм у труб диаметром свыше 125 мм. Наружный диаметр прокладки должен быть меньше диаметра канавки на 2—3 мм у труб диаметром до 125 мм и на 4—5 мм у труб диаметром 125 мм и более.

Перед сборкой фланцевых соединений уплотнительные поверхности фланцев зачищают до, металлического блеска, проверяют параллельность фланцев, измеряют зазоры щупом при начальной сборке фланцев без прокладок.

Паронитовые прокладки должны быть равномерными по толщине. Перед установкой паронитовые прокладки аммиачных машин пропитывают маслом ХА, хладоновых — глицерином. Гайки у фланцевых соединений затягивают постепенно и равномерно (крест-накрест).

Крепежные детали должны соответствовать условным давлениям трубопровода. Все болты подвергают внешнему осмотру. Проверяют качество резьбы (отсутствие рисок, задиров, заусенцев и др.), при этом гайки должны наворачиваться на резьбу болта (шпильки) вручную с небольшим усилием. При тугой резьбе (гайка не наворачивается от руки) необходимо прогнать резьбу, применяя специальный инструмент.

В штуцерно-ниппельных соединениях хладоновых трубопроводов накидная гайка на трубке удерживается отбортовкой. Соединение гайки со штуцером уплотняется с помощью борта отожженной меди стенки трубки.

Трубопроводная арматура поступает с заводов-изготовителей с заглушёнными проходными отверстиями и снабженной сертификатами (индивидуальными или общими при групповой поставке).

Всю арматуру подвергают внешнему осмотру, при котором убеждаются в исправности (отсутствие трещин, раковин в корпусах, рисок, забоин, на уплотнительных поверхностях и у шпинделей).

Арматура, имеющая неисправности, может быть допущена к монтажу только после устранения дефектов и испытания на прочность и герметичность.

Вся аммиачная запорная арматура подлежит ревизии независимо от наличия паспорта и срока хранения. Хладоновые вентили ревизии не подлежат при наличии паспорта или если срок хранения меньше гарантийного.

Испытания арматуры оформляют актом и регистрируют в специальном журнале, на корпус наносят специальное клеймо.

Перед монтажом трубопроводов по монтажным чертежам проверяют возможность прокладки трубопровода в соответствии с проектом, т. е. на принятом расстоянии от стен и колонн, на заданной высоте. При этом устанавливают, не мешают ли прокладке трубопровода какие-либо препятствия; можно ли установить в местах, указанных на чертежах, опоры и подвески, компенсаторы и фа-

сонные детали, возможно ли обслуживание арматуры после ее монтажа. После ознакомления с местом прокладки намечают, какие временные подмости и леса требуются для монтажа трубопроводов. Наиболее целесообразно применять инвентарные леса с настилом из досок толщиной 40—50 мм.

§ 14. МОНТАЖ ОСНОВНЫХ ПРИБОРОВ АВТОМАТИКИ

Терморегулирующие вентили. Перед монтажом в результате внешнего осмотра убеждаются в отсутствии переломов капиллярной трубки, вмятин и ржавчины. Далее снимают заглушки и проверяют наличие хладагента в термоэлементе и исправность силового элемента, продувая вентиль сжатым воздухом или азотом (при температуре окружающего воздуха 20±5°С). Клапан ТРВ с исправным силовым элементом будет открыт полностью; если же силовой элемент неисправен, то клапан будет закрыт.

Терморегулирующий вентиль с внутренним выравниванием (рис. 49, *а)* присоединяют к трубопроводам с помощью накидных гаек. Вентиль монтируют в горизонтальном Положении капиллярной трубкой вверх, а регулировочным винтом вниз. Допускается отклонение оси штуцеров вентилей от горизонтали не более чем на 40—50°.

Термоэлемент прикрепляют к верхней части всасывающего трубопровода. Место крепления предварительно зачищают наждачной бумагой, а патрон притягивают хомутом к всасывающему трубопроводу на расстоянии 180—200 . мм от батарей.

Терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием j (рис. 49, *б).* монтируют вне охлаждаемого объекта на кронштейне или щитах. На щите терморегулирующего вентиля монтируют фильтр или фильтр-осушитель и соленоидный вентиль. Перед терморегулирующим вентилем и за ним монтируют запорные вентили, что позволяет отключать узел ТРВ от системы.

Уравнительную трубку врезают за термоэлементом, т. е. ближе к компрессору. Такое расположение трубки связано с тем, что через сальниковые неплотности возможна утечка жидкого хладагента в урав-

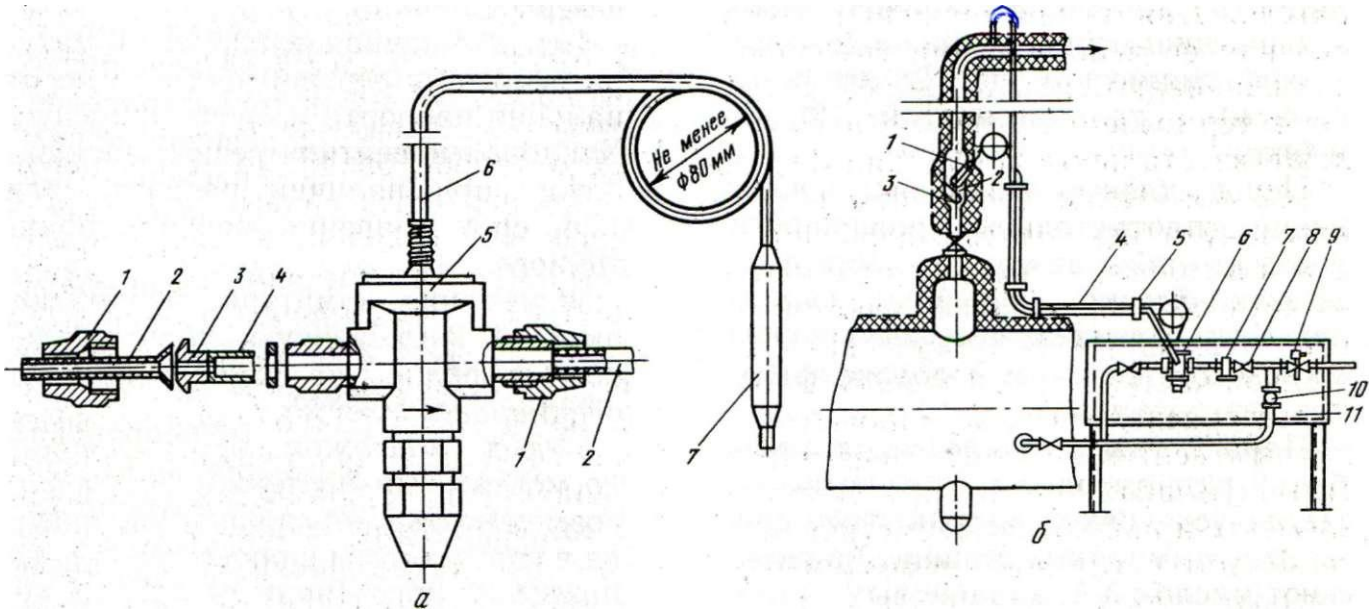


Рис. 49. Терморегулирующие вентили:

а — с внутренним выравниванием: / — накидная гайка; 2 — медный трубопровод; *3*—конусная медная шайба на входном штуцере ТРВ; *4* — сетчатый фильтр; *5* — корпус вентиля; *6* — капиллярная трубка; 7 — термочувствительный баллон; *б* — с внешним выравниванием: / — термобаллон прибора; *2* — бочонок трубки; *3* — термометровая гильза; *4* — капиллярная трубка; *5* — уравнительная трубка; *6* — ТРВ; 7— фильтр; *8* — запорный вентиль; *9* — соленоидный вентиль; *10*—ручной регулирующий вентиль; // — щит прибора

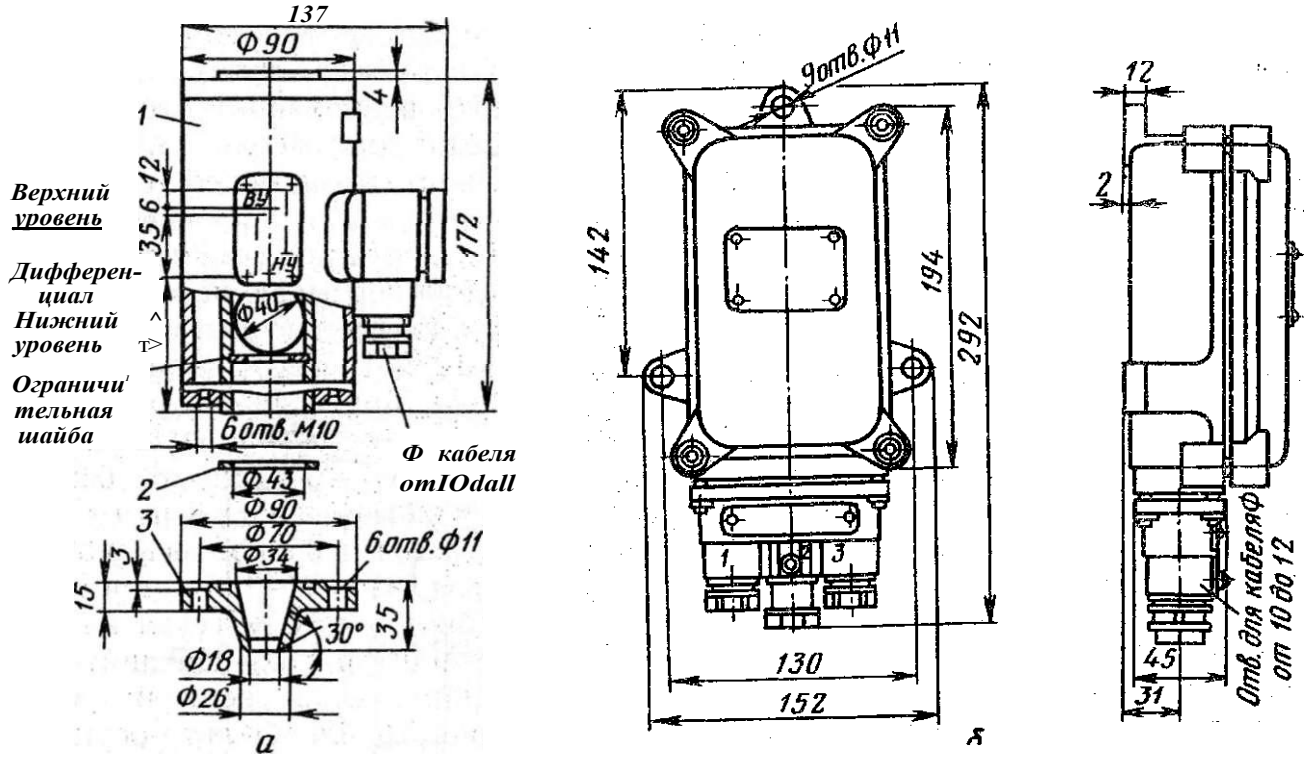


Рис. 50. Реле уровня жидкости ПРУ-5:

а — датчик ПРУ-5; б — блок усилителя ПРУ-5; /— датчик; *2* — фторопластовая уплотнительная прокладка; *3* — присоединительный фланец

нительную трубку. Если расположить уравнительную трубку перед термочувствительным баллоном, то температура будет искажена и появится эффект влажного хода даже при недостаточном заполнении испарителя. Для предотвращения этого явления во всасывающий трубопровод вваривают гильзу, а в нее вставляют термоэлемент. Гильзу изготовляют из стальной трубы диаметром 18Х2 мм. Чтобы улучшить теплопередачу и исключить конденсацию влаги в гильзе, ее заполняют смесью из двух объемных частей алюминиевой пудры (ПАК-3 или ПАК-4) и одной части смазки ЦИАТИМ-201. Гильзу располагают за паровым запорным вентилем, чтобы предотвратить повышение давления в силовом элементе и нарушение герметичности ее. Рядом с гильзой термоэлемента врезают гильзу термометра.

Для предотвращения загрязнения и попадания масла в уравнительную трубку ее врезают в верхнюю часть горизонтального участка всасывающего трубопровода в виде вертикальной петли, направленной вверх. Для отключения прибора при ремонте или демонтаже устанавливают запорный вентиль с D_y, равным 6 мм. Трубопроводы присоединяют к штуцерам терморегулирующего вентиля и к системе холодильной установки с помощью накидных гаек.

Капиллярная трубка при прокладке не должна резко изгибаться и касаться холодных частей всасывающего трубопровода. Ее закрепляют с помощью деревянных или пластмассовых колодок и сворачивают в кольцо, диаметр которого составляет не менее 80 мм.

Реле уровня жидкости. Эти приборы предназначены для предупредительной и аварийной автоматической сигнализации об уровне жидкого хладагента в аппаратах холодильной установки. Реле уровня в комплекте с исполнительными механизмами и соленоидными вентилями используются также для регулирования уровня холодильного агента. В настоящее время применяют реле ПРУ-5, ПРУ-5М.

Реле состоит из поплавкового индуктивного датчика (рис. 50, *а)* и

блока полупроводникового усилителя (рис. 50,6). Датчики устанавливают на аппаратах в вертикальном положении и соединяют с ним жидкостным и уравнительным трубопроводами. Расположение датчиков ПРУ-5 у аппаратов показано на рис. 51. Согласно правилам техники безопасности при использовании ПРУ-5 для контроля аварийного уровня жидкого аммиака в отделителях жидкости, защитных ресиверах, промежуточных сосудах необходимо монтировать два параллельно работающих реле, датчики которых размещают на расстоянии 50 мм друг от друга. При достижении в этих аппаратах аварийных уровней жидкости датчики реле через исполнительные контакты реле производят

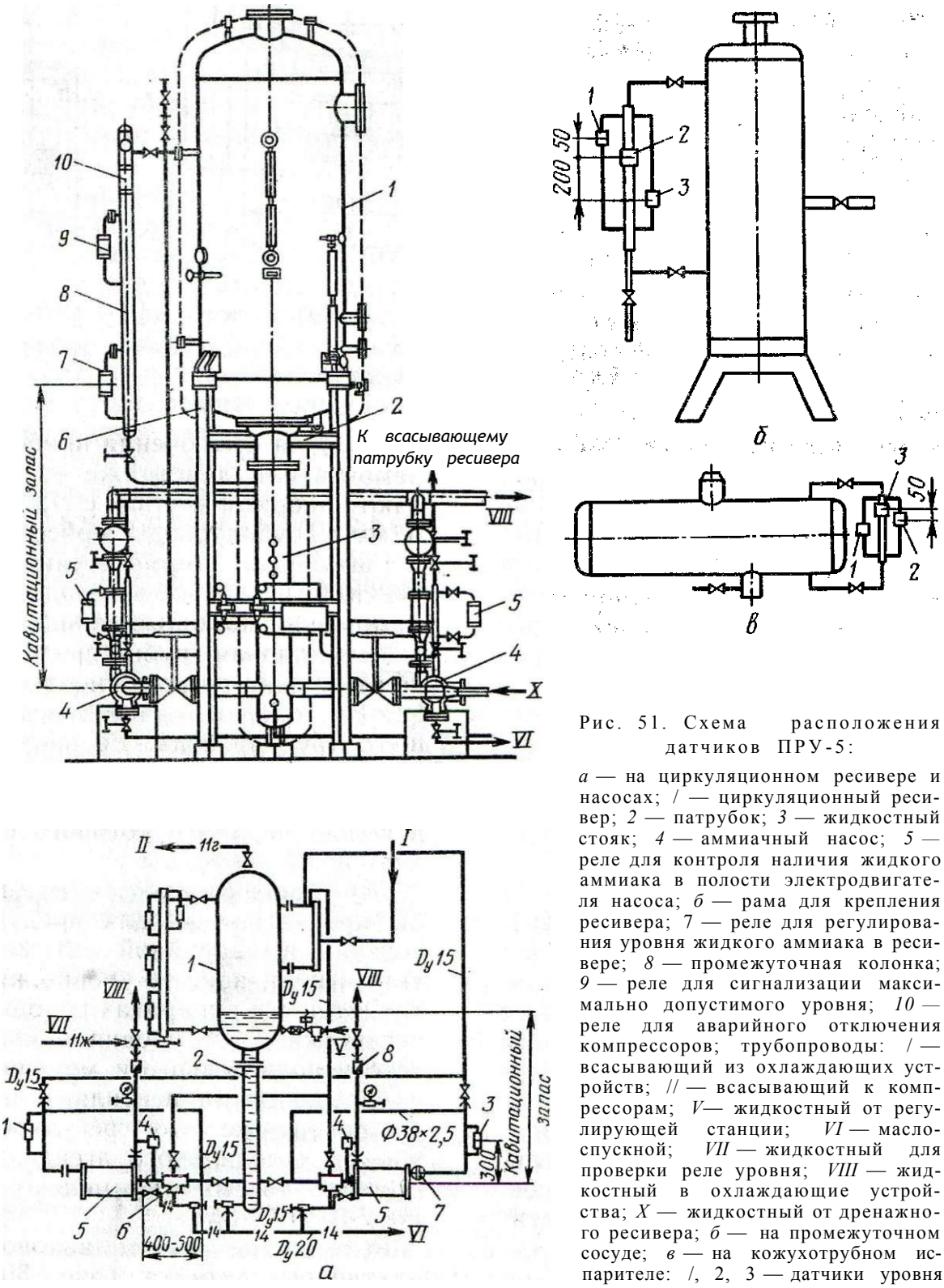


Рис. 51. Схема расположения датчиков ПРУ-5:

а — на циркуляционном ресивере и насосах; / — циркуляционный ресивер; *2* — патрубок; *3* — жидкостный стояк; *4* — аммиачный насос; *5* — реле для контроля наличия жидкого аммиака в полости электродвигателя насоса; *б* — рама для крепления ресивера; 7 — реле для регулирования уровня жидкого аммиака в ресивере; *8* — промежуточная колонка; *9* — реле для сигнализации максимально допустимого уровня; *10* — реле для аварийного отключения компрессоров; трубопроводы: / — всасывающий из охлаждающих устройств; // — всасывающий к компрессорам; *V*— жидкостный от регулирующей станции; *VI* — маслоспускной; *VII* — жидкостный для проверки реле уровня; *VIII* — жидкостный в охлаждающие устройства; *X* — жидкостный от дренажного ресивера; *б* — на промежуточном сосуде; *в* — на кожухотрубном испарителе: /, 2, 3 — датчики уровня

аварийное отключение компрессоров. В случаях, когда у одного аппарата нужно установить два или три датчика, к аппарату с помощью урав'нительных парового и жидкостного трубопроводов диаметром 25 мм с запорными вентилями подсоединяют колонку диаметром 70—100 мм. Как показано на рис. 51, в нижнюю часть колонки для продувки и прочистки колонки вваривают бобышки с резьбовыми пробками или устанавливают запорные вентили. Для предотвращения замасливания камеры датчиков монтируют нижний патрубок с небольшим уклоном в сторону сосуда.

В качестве примера рассмотрен монтаж реле уровня ПРУ-5 на вертикальном циркуляционном ресивере типа РДВ в системе непосредственного охлаждения. На ресивере установлено пяль реле уровня. Нижнее реле уровня ПРУ-5 воздействует на соленоидный вентиль, который открывает проход хладагенту от регулирующей станции и поддерживает заполнение в пределах 30 % объема (на 600 мм выше образующей ресивера). Второе реле размещают выше рабочего уровня на 300 мм, при превышении этого уровня реле подает световую или звуковую сигнализацию.

На отметке, соответствующей 80 % заполнения, монтируют два реле уровня по высоте (одно из них ниже другого на 50 мм), которые отключают все компрессоры, соединенные с циркуляционным ресивером, при достижении заданного уровня.

Реле давления. Эти приборы предназначены для сигнализации и автоматического двухпозиционного регулирования давления в холодильных установках. Перед монтажом приборы осматривают, проверяют наличие накидных гаек и заглушек на штуцерах. Отверстия штуцеров прочищают мягкой латунной или медной проволокой. При снятой крышке проверяют исправность рычагов, отсутствие ржавчины и засорений. Наиболее распространены реле давления РД-3-01, РД-4А, РД-5.

Реле давления РД-3-01 (рис. 52, *а)* предназначается для хладоновых машин; его монтируют непосредственно на самих агрегатах или на щитах регулирующих станций. Сильфонные блоки этого реле имеют штуцера и гайки присоединения медных трубок диаметром 6 мм *(D_y =* = 3 мм). Штуцер имеет резьбу М12Х1. Имеется клеммная колодка с двумя рабочими клеммами и клеммой для заземления. Прибор настраивают, вращая регулировочные винты до совмещения указательных стрелок с серединами рисок, соответствующих давлению срабатывания.

Реле давления РД-4А-01 и РД-4А-02 используют в аммиачных машинах (реле РД-4А-01 для систем с высокими давлениями и РД-4А-02 для систем с низкими давлениями). Сильфонные блоки этого реле снабжены штуцерами с резьбой для присоединения накидных гаек и стальных трубопроводов диаметром 6 мм с ниппелями и прокладками. Штуцера имеют резьбу М16Х1,6. Для заземления предназначен винт М5. Прибор монтируют в вертикальном положении таким образом, чтобы винты для настройки прибора были расположены на его верхней стенке и закрыты крышкой, которая крепится к корпусу шестью винтами М4. Прибор настраивают с помощью отвертки или ключа. Винты контрят шайбой.

Реле давления РД-5М применяется для защиты водяных и рассольных насосов от нарушения режима работы в холодильных установках. Реле монтируют непосредственно на трубопроводе диаметром 1/2", подводящем рабочую среду. Положение прибора любое, но лучше вертикальное. Для присоединения кабеля надо вывернуть штуцер и удалить заглушку, снять шайбу и прокладку. Схема присоединения кабеля указана на кронштейне. Плотность и надежность соединения обеспечиваются натягом штуцера.

Рис. 52. Реле:

а —давления типа РД-3-01, РД-4А-01; *б* — контроля смазки типа РКС-7А-0J; *в* — протока воды типа РП-67: *1* — трубопровод; *2* — контактная группа; *3* — контрольная шайба; *4* — сливная водопроводная линия; *5* — сливная воронка

Настраивают прибор следующим образом: подают давление, близкое к заданному, поворачивают ходовой винт, изменяющий натяжение пружины до положения переключения. Затем давление снижают на **0,01—0,20** МПа менее заданного и медленно повышают до нормального. При этом ходовым винтом корректируют момент переключения контактов так, чтобы он соответствовал заданному значению давления.

Реле контроля смазки РКС-7А-01. Этот прибор, показанный на рис. **52,** б, предназначен для контроля за работой систем смазки компрессоров. Перед монтажом проверяют состояние контактов и зазор между ними, который должен быть в пределах **1,2—1,5** мм. Корпус крепят к щиту с переходной панелью или без нее. В зависимости от места крепления сверлят отверстия диаметром **4** или **4,5** мм. Расстояния между ними устанавливают согласно паспорту. Рабочее положение прибора вертикальное, клеммной колодкой вниз. При этом положении прибора вибрация должна отсутствовать.

Сильфоны соединяют с контролируемой средой с помощью трубок диаметром **6X1** мм, концы которых снабжены ниппелями с накидными гайками. К сильфону со знаком «плюс» подводят трубку от системы с более высоким давлением, к сильфону со знаком «минус»'—с более низким давлением. Трубки закрепляют крепежными скобами.

Для подключения электрического кабеля имеется клеммная колодка на три клеммы с сальниковым вводом. Винт для заземления корпуса расположен на боковой стенке. Правильность выполнения соединений и величину сопротивления определяют мегомметром. Для настройки прибора служит винт, расположенный на боковой стенке, для фиксации настройки предназначен стопор, укрепленный на крышке прибора. Исправность прибора необходимо периодически проверять. Для этого прикрывают вентиль на нагнетательной стороне и замеряют давление, при котором срабатывает прибор.

Контактная группа должна срабатывать без дребезжания исполнительного механизма.

После монтажа проверяют герме^ тичность подсоединения прибора и его сильфонов галоидной лампой при наличии фреона или мыльной эмульсии. Проверяют соответствие показа-

ний шкалы прибора срабатыванию контактов.

Реле протока РП-67. Реле протока (рис. 52, *в)* применяют для предотвращения аварии, которая может произойти в случае прекращения протока воды через рубашки цилиндров компрессора.

Реле протока присоединяют к сливной водопроводной линии после компрессора. Между реле протока и канализационным трубопроводом устанавливают сливную воронку и делают разрыв трубопровода для контроля наличия воды и проверки расхода ее.

Устанавливать запорную арматуру перед реле запрещается, так как это может привести к ложному замыканию контактов.

Перед установкой р*еле проверяют срабатывание контактной группы, прикрывая отверстия для воды со стороны входа ее в рубашку компрессора специальной насадкой. При этом должен быть слышен характерный щелчок замыкания контактов микропереключателя реле. Расход воды, проходящей через прибор, определяют с помощью мерной емкости и секундомера. Минимально допустимый расход воды 0,2—0,3 м^3/ч. При меньшем расходе и длительной работе компрессора могут возникнуть опасный нагрев цилиндров и повышение температуры нагнетания. По окончании регулировки положение насадки фиксируют контргайкой. ".'"

В заключение монтажа проверяют-, будет . ли отключаться компрессор и включаться аварийная сигнализация в случае выключения подачи воды. -

Полупроводниковые реле температур. К полупроводниковым реле температур относятся двуХпозиционные температурные ПТР и ПТР-2М, трехпозиционное реле ПТР-3, прибор для пропорционального регулирования ПТР-П. Эти приборы изображены на рис. 53, *а.* В качестве датчиков применяют термисторы, а для усиления сигнала — транзисторы с электромагнитными реле.

В реле разности температур ПТРД-2 (рис. 53, *б)* в качестве датчиков используют стандартные термометры сопротивления.

В зависимости от назначения различают датчики камерные и погружные.

Камерный датчик имеет основание, с помощью которого крепится к стене. Термистор защищен перфорированным кожухом. Датчики располагают в. таком месте, где средняя температура воздуха характерна для всего охлаждаемого помещения, т. е. на колоннах или стенах, по возможности в центральных проходах на 2/3 высоты от пола. На датчики не должны оказывать влияние тепловые потоки через двери, от осветительных приборов, вентиляционных каналов. Для защиты от повреждения датчики ограждают, но так, чтобы не было препятствий теплообмену с воздухом. ••<

Погружной датчик имеет штуцер с сальниковым уплотнением, с помощью которого он крепится на трубопроводе. Для установки датчика делают расширитель, к которому приваривают патрубки того же диаметра, что и диаметр основного трубопровода. Датчик устанавливают наклонно к оси потока жидкости. Защитный чехол укрепляют в резьбовой бобышке. Измерительные провода крепят у мест установки датчика. Для уменьшения теплопритока из окружающей среды место установки изолируют вместе с трубопроводом. Погружной датчик для агрессивных сред отличается материалом погружной части, которая изготовлена из коррозионно-стойкой стали, и уплотнением стальной головки с сальниковым выводом для проводов. Погружные датчики выпускают со следующими глубинами погружения: 170, 220, 320, 420 и 770 мм.

Усилитель монтируют на щите в машинном отделении или на стене. При этом необходимо убедиться; что номер датчика соответствует номеру термосистемы. Соединительные линии монтируют методом экранирования

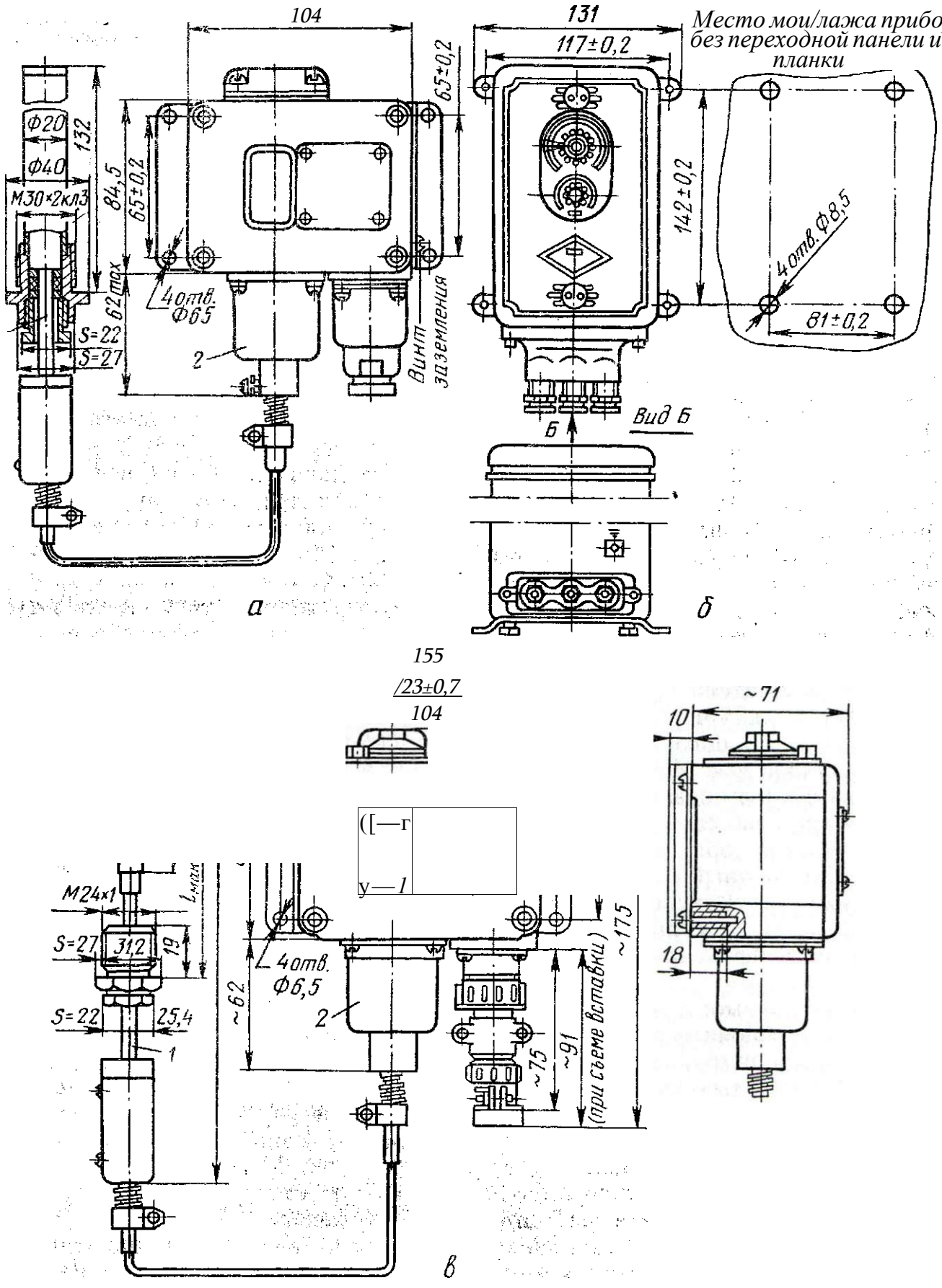


Рис. 53. Реле температуры:

типа ПТР-2М; *б* — гипа ПТРД-2; о — типа ТР-1 Б и ТР-2Б; / — датчик прибора; *2-* • корпус прибора

двух- или трехжильным кабелем. Можно вести монтаж с помощью кабеля, проложенного в заземленной трубе. Нельзя прокладывать кабель в одном экране с проводами питания управления и исполнительных механизмов.

Исправность приборов проверяют вручную, вращая рукоятку задатчика температуры.

Монтаж соединительных линий ПТРД-2 производят двухжильным экранированным кабелем. Экран заземляют. Перед началом настройки прибор выдерживают во включенном состоянии в течение 15—20 мин. На концах линий вместо термометров сопротивления включают образцовые катушки с сопротивлением 100 ±0,06 Ом. Винт установки дифференциала поворачивают против часовой стрелки до упора. Задатчики перепада температур устанавливают в положение 0 °С.

Вращая компенсатор линии, добиваются, чтобы лампа горела как в плюсовом, так и в минусовом положении тумблера, а затем присоединяют термометры сопротивления.

Для проверки прибора вращают задатчик температуры, при этом выходное реле должно срабатывать.

Реле температур **ТР-1Б и ТР-2Б** (рис. 53, в). Они предназначены для двухпозиционного регулирования температуры воздуха в холодильных камерах и температуры хладоносителей. Перед монтажом проверяют контактную группу, исправность термочувствительного элемента, состояние регулировочных пружин приборов.

Прибор монтируют на щитах или кронштейнах с помощью винтов М4. Чувствительный элемент на горизонтальных трубах диаметром не менее 50 мм устанавливают наклонно к оси трубы (рис. 54, *а)* рабочим концом навстречу потоку. Допускается установка датчика перпендикулярно оси трубы (рис. 54, *б)* при условии, что средняя часть чувствительного элемента находится на оси

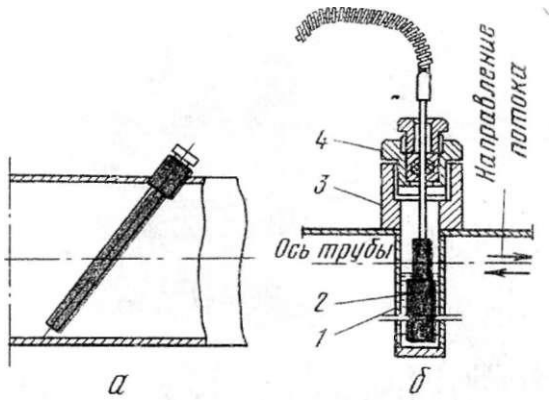


Рис. 54. Монтаж чувствительного элемента реле температуры:

а — наклонно к оси трубы; *б* — перпендикулярно оси трубы; *1* — защитная гильза; *2* — термобаллон; *3* — бобышка; *4* — сальник

трубы. На вертикальных трубопроводах с восходящим потоком чувствительный элемент устанавливают наклонно под углом 30° навстречу потоку. Если диаметр трубопровода менее 50 мм, то в него вваривают расширитель. Если контролируется температура воды, то термобаллон можно помещать в поток при условии герметичности между ним и бобышкой. Если устанавливают защитную гильзу, то ее ввертывают в бобышку, при этом внутренний диаметр ее должен быть на 2—3 мм больше диаметра термобаллона.

Капилляр крепят к неподвижным частям установки хомутиками через каждые 500 мм. Радиус изгиба капилляра должен быть не менее 40 мм. Электрический кабель присоединяют к прибору с помощью штепсельного разъема. Винт для заземления находится рядом.

По температурной шкале устанавливают температуру отключения прибора, по дифференциальной — температуру замыкания контактов. По термометру проверяют правильность срабатывания прибора. По окончании настройки прибора устанавливают стопор.

Реле температуры ТР-2А-06ТМ (двухпозиционное дистанционное) предназначено для контроля температуры нагнетания хладагента и защиты компрессора от опасного режима работы. До начала монта-

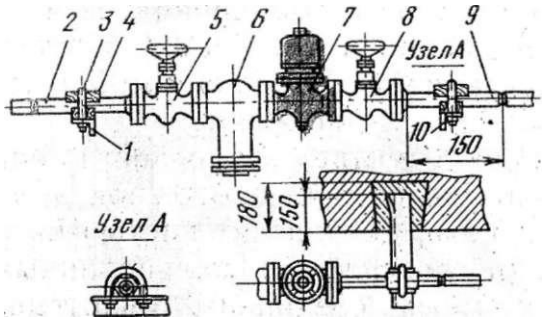


Рис. 55. Узел монтажа СВМ соленоидного вентиля трубопровода:
1, 10 — кронштейны; *2, 9* — отрезки труб; *3* — хомут; *4* —деревянная колодка; *5* — запорный вентиль; *6* — фильтр; 7 — корпус магнитного вентиля; *8* — регулирующий вентиль

жа проверяют исправность прибора. Для этого устанавливают указатель температурной шкалы на 60 °С, помещают термобаллон в сосуд с веретенным маслом, температура которого равна 70 °С. Если прибор исправный, то контакты разомкнутся, а сигнальная лампочка, подключенная к контактам, погаснет. Затем устанавливают указатель шкалы на допустимую температуру нагнетания, а масло нагревают на 5 °С выше этой температуры. При этом контакты также должны разомкнуться.

Корпус реле монтируют с переходной панелью и без нее. Рабочее положение прибора вертикальное, сильфонным блоком вниз. Для присоединения кабеля имеется три клеммы. На боковой стенке расположен винт заземления;

Термочувствительный баллон прибора крепят около нагнетательного вентиля компрессора: на вертикальных компрессорах на расстоянии 200—250 мм выше вентиля; на горизонтальных и оппозитных компрессорах между цилиндром и нагнетательным вентилем. Если термочувствительный баллон помещен в защитный чехол со штуцерным соединением, то в трубопровод вваривают бобышку с резьбой' М30Х2. Если термочувствительный патрон поступает без защитного чехла, то в трубопровод вваривают термометровую гильзу из трубы диаметром 25Х2 мм, длиной 150 мм. На выступающей части ее должна быть бобышка с резьбой М24Х1-

Соленоидные вентили (СВМ). Эти приборы относятся к группе исполнительных механизмов. Соленоидные вентили выпускают для аммиака, хладонов, воды и рассола. Перед монтажом промывают все детали соленоидных вентилей в керосине, проверяют легкость перемещения клапана и сопротивление изоляции катушек, которое должно быть не менее 1 Ом-м.

Соленоидные вентили монтируют на горизонтальных участках трубопроводов электромагнитом вверх, как показано на рис. 55. После вентиля не должно быть участков трубопровода, поднимающихся вверх. Для надежной очистки среды сетку обертывают тканью.

Вентили малых размеров (D_y = — 10ч-15 мм) можно крепить непосредственно на трубопроводах. Вентили больших размеров (O_y = = 25-=-40 мм) монтируют на кронштейнах из угловой стали. Предварительно на прокладках собирают узел, состоящий из соленоидного вентиля с фильтром, двух запорных вентилей, контрфланцев с приваренными к ним патрубками длиной 150—200 мм. Узел устанавливают горизонтально на деревянных подкладках кронштейнов и закрепляют хомутами, приваривают патрубки к трубопроводам, проверяют на герметичность воздухом под давлением 0,2 МПа.

Глава 4

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ И ПУСК УСТАНОВОК

§ 15. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ

Аммиачные установки. Испытания систем начинают с продувки для удаления окалины, песка, сварочного грата и других загрязнений. Продувка системы ведется сжатым воздухом. В установках с разветвленной системой трубопроводов продувку целесообразно выполнять по частям. В системе создается дав-

ление не более 0,6 МПа. В нижней части каждого продуваемого участка устанавливают пробковый кран. При его резком открытии воздух, всходя с большой скоростью, выносит все загрязнения. Операцию, по продувке повторяют несколько раз. Степень очистки продуваемого участка проверяют с помощью куска марли, скатанной в шар, смоченной маслом. В конце продувки при небольшом избыточном давлении шар подносят к струе воздуха. Если марля остается чистой, продувку заканчивают.

После продувки всей системы составляют акт на проведенные работы.

Для продувки системы воздухом и последующих испытаний используют воздушные компрессоры. Применять в этих целях аммиачные компрессоры холодильных установок запрещено.

Перед испытанием систем проводят подготовительную работу. В установках с разветвленной сетью испытания проводят по участкам, которые отделяют от общей системы металлическими заглушками с «хвостовиками», выступающими за пределы фланцев на 30—40 мм/

Приборы КИПиА, компрессоры и предохранительные клапаны защищают с помощью заглушек. Крышки со всех кожухотрубных аппаратов снимают.

Вентили, через которые система заполняется воздухом, выносят э безопасное место. Туда же выносят контрольные манометры, по которым замеряют давление воздуха. В этих целях применяют манометры класса не ниже 1,5 со шкалой 0—2,5 МПа, с диаметром корпуса не менее 1.50 мм.

Аммиачные системы испытывают на прочность, плотность и вакуумную плотность.

При испытаниях на прочность давление на стороне нагнетания 1,8 МПа, на стороне всасывания 1,2 МПа, при испытаниях на плотность—соответственно. 1,5 и 1,0 МПа. При испытаниях на вакуумную плотность остаточное давление составляет 5,4 кПа (40 мм рт. ст.).

Давление в системе поднимают поэтапно с осмотром аппаратов и трубопроводов при 0,3 и 0,6 давления испытания. Во время осмотра подъем давления прекращают.

При осмотре неплотности определяют с помощью мыльной эмульсии, которую наносят кистью на поверхность сварных, вальцованных и разъемных соединений испытываемой системы. Появление пузырей указывает на места неплотностей. Мыльная эмульсия представляет собой раствор 300—400 г хозяйственного мыла в 10—12 л воды с добавлением небольшого количества технического глицерина.

Отмечают места неплотностей и устраняют дефекты при атмосферном давлении, т. е. после выпуска воздуха из системы.

После устранения всех неплотностей давление в системе поднимают до давления испытания на прочность. Систему выдерживают под давлением 5 мин. Система считается выдержавшей испытания на прочность, если по контрольному манометру не будет отмечено падения давления. Затем давление в системе снижают до давления испытания на плотность и выдерживается под ним не менее 18 ч. Падение давления в системе при /=const не допускается. Контроль за давлением ведется по манометру с записью в журнал каждый час.

Возможно изменение давления в системе за счет изменения температуры окружающего воздуха, которое определяется по формуле

$$p = 100\left(1 - \frac{P_{кон} \wedge_{нач>}}{V \quad P_{нач}' {}_{кон}/}\right),$$

где p — падение давления, % пробного; $р_{„_{..}}$ и $р_{кон}$ — абсолютное и начальное давления в начале и в конце испытаний, Па; $Г_{„_{..}}$ и $Т_{кои}$ — абсолютная температура воздуха в начале и в конце испытания, К-

Система считается выдержавшей испытания, если давление по манометру не упало, а во всех соединениях не обнаружено утечек. В случае неудовлетворительных результатов проверяют повторно герметичность всех соединений, а затем всей системы.

При удовлетворительных испытаниях на плотность из системы выпускают воздух и с помощью вакуумнасоса система вакуумируется до остаточного давления 5,4 кПа (40 мм рт. ст.). Под вакуумом система испытывается 18 ч. В первые 6 ч допускается повышение давления в системе не более 50% остаточного. В последующие 12 ч повышение давления не допускается. После испытания систем составляют акт на выполненные работы.

Хладоновые установки. Системы хладоновых установок продувают азотом с точкой росы не выше —50°С или воздухом, предварительно осушенным и подогретым до 80° С. Порядок продувки и подготовки системы к испытаниям такой же, как и при испытании аммиачных установок.

Системы хладоновых установок испытывают только на плотность, причем давление испытания зависит от вида применяемого хладона.

Хладон-12	
на стороне нагнетания, МПа	1,6
на стороне всасывания, МПа	1,0
Хладон-22	
на стороне нагнетания, МПа	2,0
на стороне всасывания, МПа	1,6

Порядок испытания на плотность и вакуумную плотность такой же, как и при испытании аммиачных установок.

Водяные и рассольные трубопроводы. Водяные и рассольные трубопроводы и соответствующие полости аппаратов, насосов и арматуры подвергают гидравлическим испытаниям.

Перед испытаниями систему заполняют водой. Воздух из системы при заполнении водой удаляют через воздухоспускные краники, дренажные вентили и штуцера для присоединения манометров до тех пор, пока из воздушных краников не пойдет вода.

После заполнения осматривают всю систему для обнаружения неплотностей в сварных швах, фланцах, сальниках. При обнаружении неплотностей во фланцах и ealьниках их устраняют подтягиванием гаек. Если это не помогает, то заменяют прокладку или набивку. Неплотности в сварных соединениях устраняют после спуска воды, подваривая дефектный шов или вырезая кусок дефектной части трубы и вваривая новый.

После устранения утечек, обнаруженных при заполнении, систему вновь заполняют водой и повторно осматривают для обнаружения самых ничтожных утечек воды. При отсутствии утечек давление в системе с помощью гидравлического пресса повышают до рабочего и еще раз осматривают систему для обнаружения утечек. При отсутствии неплотностей давление в системе повышают до пробного (0,6 МПа) и выдерживают под ним 5 мин. Затем давление снижается до 0,35 — 0,4 МПа. При этом давлении проводится осмотр системы с обстукиванием сварных швов молотком массой не более 1,5 кг.

Система считается выдержавшей испытания, если по контрольному манометру не было отмечено падения давления, а в сварных швах, фланцах и сальниках не обнаружено течи, потения, слезок.

При температурах ниже 0 °С используют вместо воды раствор хлористого кальция концентрацией, обеспечивающей замерзание раствора ниже температуры окружающего воздуха.

После проведения гидравлических испытаний систему трубопроводов промывают водой до полного удаления из них песка, окалины и других загрязнений. После промывки воду из системы спускают через спускные и дренажные вентили.

§ 16. ЗАПОЛНЕНИЕ СИСТЕМ ХЛАДАГЕНТОМ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

В настоящее время на холодильных предприятиях с умеренно низкими температурами в качестве хладагента наиболее часто применяют аммиак. На холодильном транспорте и в малых холодильных установках

преобладают хладон-12 и хладон-22.

Все хладагенты, поступающие на предприятия, должны иметь сертификат, удостоверяющий соответствие хладагента ГОСТу. Заполнение систем хладагентом, на который отсутствует сертификат, не разрешается.

Расчет количества аммиака для заполнения системы. Количество аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется проектом с учетом заполнения аппаратов холодильной установки согласно требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации аммиачных установок. Степень заполнения аппаратов (в % от объма) приведена ниже.

Испарители	
кожухотрубные и вертикально трубные	80
змеевиковые и листотрубные (панельные) (независимо от наличия отделителей жидкости)	50
Батареи холодильных камер	
с верхней подачей аммиака	30
с нижней » »	70
Воздухоохладители	
с верхней подачей аммиака	50
с нижней » »	70
Конденсаторы кожухотрубные с ресиверной частью кожуха (обечайки)	Полный объем ресиверной части
Конденсаторы других типов	80 % объема сборников жидкого аммиака
Отделители жидкости	0
Ресиверы	
линейные	50
циркуляционные вертикальные и горизонтальные	
с жидкостными стояками	15
без жидкостных стояков	30
дренажные	0
защитные	0
Переохладители, трубопроводы жидкого аммиака	100
Промежуточные сосуды в установках двухступенчатого сжатия	
вертикальные	30
горизонтальные	50
Маслоотделители барботажного типа	30
Морозильные аппараты непосредственного охлаждения	80
Трубопроводы совмещенного отсоса паров и слива жидкого аммиака	30

Общая масса аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется по формуле

$$т = Ур\text{-}1000,$$

где m — общая масса аммиака, кг; V — общий" объем аппаратов и трубопроводов установки, заполняемых аммиаком, м3. плотность аммиака, равная 570 кг/м^3

Подготовка системы к заполнению хладагентом и смазкой проводится после окончания испытаний и устранения всех недоделок, выявленных в процессе испытаний. Система перед заполнением хладагентом и маслом вакуумируется до остаточного давления 5,3 кПа.

Заполнение системы аммиаком. Систему заполняют аммиаком из баллонов или цистерн.

Заправка системы аммиаком является работой повышенной опасности. Весь персонал, занятый на заправке, должен пройти внеочередной инструктаж по правилам безопасности под расписку.

Подготовка цистерны и системы к сливу аммиака. Цистерны для перевозки аммиака имеют светло-серую окраску. Вдоль цистерны наносят желтые полосы с надписями черной краской: «Аммиак», «Ядовито», «Сжиженный газ». В настоящее время для перевозки аммиака используют железнодорожные цистерны, рассчитанные на давление 2,0 МПа, в также автомобильные цистерны вместимостью 4,6 м^3, рассчитанные на давление 1,6 МПа.

К месту установки прокладывают два трубопровода из стальных бесшовных труб — жидкостный Ж и газовый *Г* (рис. 56). Жидкостный трубопровод изготовляют из труб диаметром 57Х3,5 мм, газовый — из труб диаметром 38Х2 мм.

После прибытия цистерны начальник компрессорного цеха проверяет наличие пломб на защитном колпаке и манометре, состояние внешнего кожуха цистерны, крышки лаза с расположенными на ней вентилями и предохранительными клапанами, отсутствие утечек аммиака из цистерны. При обнаружении неисправностей цистерны или ее арматуры и при отсутствии четкой надписи и соот-

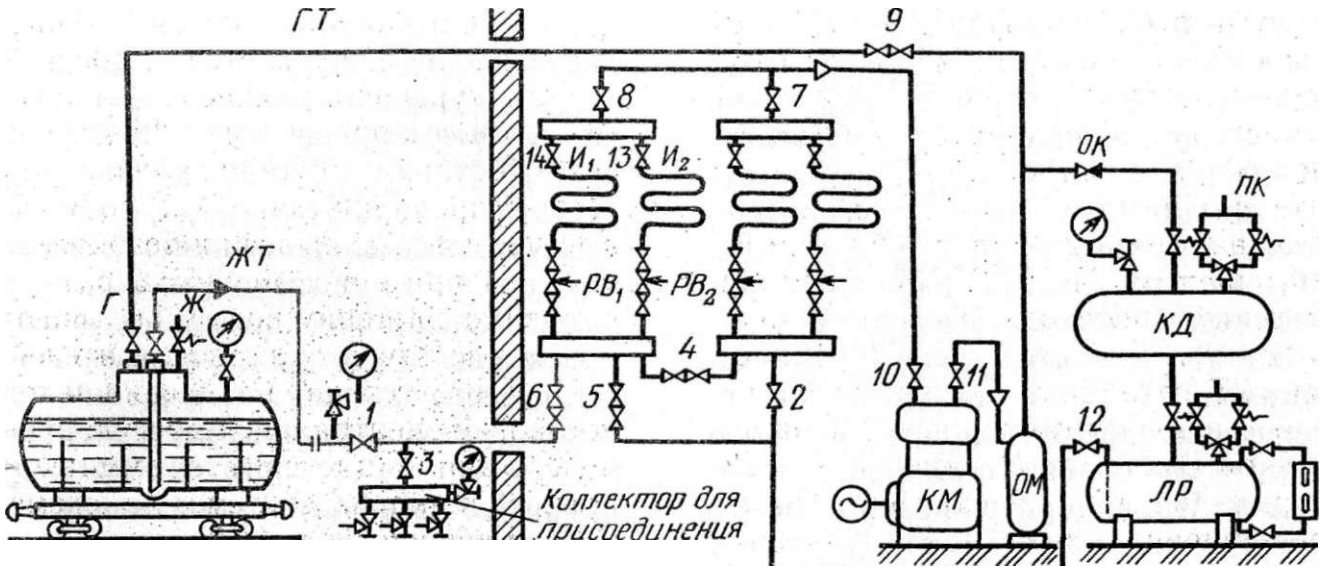


Рис. 56. Схема слива аммиака из цистерны:

Г — запорный вентиль на газовой магистрали; *Ж* — запорный вентиль на жидкостной магистрали; *ГТ* — газовый трубопровод; *ЖТ* • жидкостный трубопровод; *Hi.* Я₂ — испарители; *РВ\, РВъ* — регулирующие вентили; *КМ* ^- Компрессор; *ОМ* — маслоотделитель; *КД*—конденсатор; *ЛР* — линейный ресивер; *ОК*— обратный клапан; — запорные вентили в схеме холодильной установки

ветствующеи стандарту окраски сливать из них аммиак запрещается.

В этом случае администрация предприятия обязана немедленно составить акт и сообщить об этом заводу-наполнителю и вышестоящей организации. Завод-наполнитель после получения сообщения дает указания по использованию цистерны.

Железнодорожную цистерну устанавливают на подъездных путях в безопасном месте, исключающем возможность наезда на нее другого транспорта. Колеса цистерны на рельсовом пути закрепляют специальными башмаками, цистерну ограждают переносными сигналами и устанавливают за ней техническое наблюдение. Если железнодорожные пути не имеют стрелочных переводов, на расстоянии трех метров от цистерны устанавливают запорный предохранительный брус с сигнализацией. При установке автомобильной цистерны следует обеспечить ее неподвижность, заземление и ограждение.

Цистерну от представителя железной дороги принимает начальник или механик компрессорного цеха по накладным и сертификату (удостоверение качества) на аммиак. Перед началом слива представитель дороги осматривает ходовую часть цистерны и дает письменное заключение о возможности слива аммиака. Начальник (или механик) компрессорного цеха после проверки цистерны и документов отмечает номер цистерны и ее состояние в книге для регистрации слива и делает заключение о возможности слива.

Главный инженер предприятия обязан убедиться в правильности присоединения цистерны к системе и дать письменное разрешение на слив аммиака. \

До слива и в перерывах между сливами вентили *6* (см. рис. 56) на жидкостном трубопроводе от цистерны опломбированы. При каждом снятии и установке пломб начальник или механик компрессорного цеха составляет акт при участии дежурной смены машинного отделения и делает запись в книгу для регистрации слива.

Слив аммиака изцистерны. Перед первоначальным заполнением аммиаком систему хладагента вакууМируют до устойчивого остаточного давления 13,3 КПа (100 мм рт. ст.). При пополнении системы хладагент сливают в часть испарительной системы *И* (см. рис. 56), в которой предварительно создан вакуум. Для этого после Достижения

вакуума в *И* закрывают вентиль *14* и открывают вентили *Ж, 1, 6, РВ*. Под действием разности давлений в цистерне и испарительной части системы #i аммиак переходит в испарители. При этом давление в цистерне незначительно падает, а в части *И* повышается. После выравнивания давлений переход аммиака прекращается и жидкостный трубопровод *ЖТ* оттаивает. Во время слива в *И* вакуумируют часть испарительной системы *Иг* (вентиль *РВг* закрыт, вентиль *13* открыт). После прекращения слива в *И* переключают вентили частей испарительной системы. Закрывают регулирующий вентиль *РВ* части *И*, вентиль *13,* открывают регулирующий вентиль *РВъ* части $Я_2$ и постепенно открывают вентиль • *14,* через который парообразный аммиак отсасывают и конденсируют в конденсаторе. Во время слива вентили *5* закрыты. Переключение цистерны на части испарительной системы (батареи камер, испарители, циркуляционные ресиверы и т. п.), в которых предварительно создан вакуум, производят до полного освобождения цистерны от аммиака. Окончание полного слива определяют по падению давления в цистерне и оттаиванию жидкостного трубопровода. Запрещается оставлять цистерну присоединенной к системе, если слив аммиака не производится.

В случае перерыва при сливе аммиака жидкостный трубопровод *ЖТ* отсоединяют от цистерны. В зимнее время при температуре наружного воздуха — 20 °С избыточное давление аммиака в цистерне составит всего лишь 0,19 МПа, поэтому его слив будет затруднен. В этом случае приоткрывают вентили *Г* и *9* и создают в цистерне давление на 0,15-0,2 МПа выше давления насыщенных паров.

Работы по присоединению и отсоединению цистерны проводят машинисты холодильной установки иля слесари не ниже шестого разряда, а слив аммиака — только машинисты установки. Во время слива присутствие посторонних людей вблизи цистерны не допускается. Работа с огнем и курение в районе слива категорически запрещаются. В случае возникновения пожара вблизи цистерны предпринимают все возможные меры для ее вывоза в безопасное место, а при невозможности вывоза поливают цистерну водой, вызывают пожарную команду и газоспасателей.

При отсутствии на холодильной установке центральной регулирующей станции цистерну с аммиаком присоединяют к системе по схеме, изображенной на рис. 57.

При хранении на предприятии аммиака в ресиверах, специально предназначенных для этой цели, слив аммиака осуществляют последовательно в каждый ресивер в следующем порядке: присоединяют сливной жидкостный трубопровод хранилища к цистерне; открывают вентиль удаления паров из ресивера и понижают в нем давление до давления кипения в испарительной системе (отсасывание паров производят через отделитель жидкости); открывают сливной вентиль цистерны и вентиль приема жидкости в ресивер, по указателю уровня наблюдают за степенью заполнения ресивера аммиаком; после заполнения ресивера закрывают вентили на трубопроводах удаления паров и приема жидкости, а также вентиль на трубопроводе слива аммиака из цистерны.

Заполнение системы аммиаком из баллонов. Каждую партию баллонов с аммиаком снабжают паспортом качества завода-наполнителя с указанием данных анализа. В случае отсутствия паспорта или при отступлении от требований ГОСТ 6221—75 заполнение системы аммиаком не допускается.

Перед присоединением к системе необходимо проверить окраску и надписи на баллонах и убедиться, что в баллоне находится аммиак. Для этого приоткрывают вентиль баллона и подносят к струе индикаторную бумагу, которая под воздействием аммиака изменит свой цвет с белого на красный.

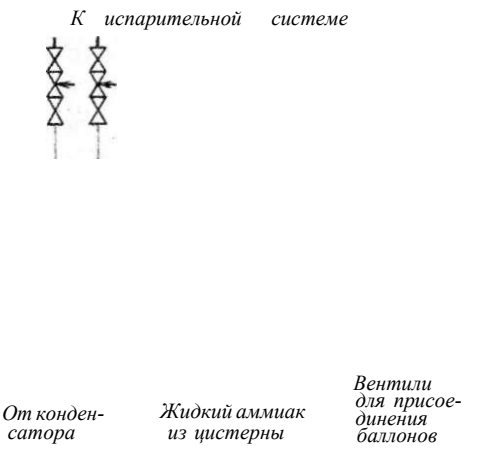


Рис. 57. Схема присоединения аммиачной цистерны при отсутствии центральной регулирующей станции

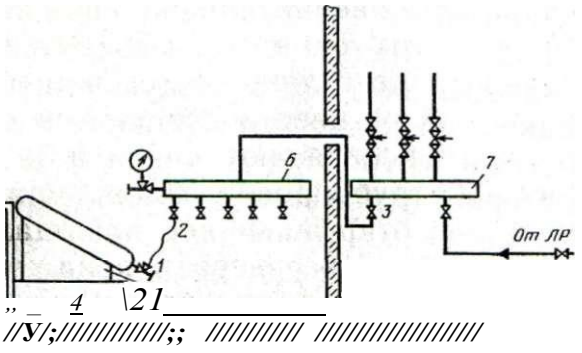


Рис. 58. Схема заправки системы аммиаком из баллонов:

1—3 — запорные вентили на трубопроводах; *4* — весы; 5 — подставка; *6* — заправочный коллектор; 7 — регулирующая станция

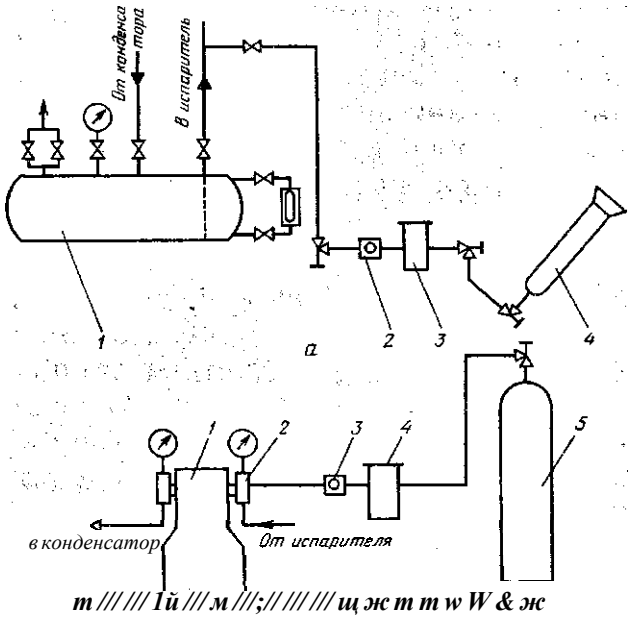


Рис. 59. Схема заправки хладоном машин:

а — на средних и крупных установках: *2* — индикатор влажности; *3* — фильтр-осушитель; *4* — баллон; / — линейный ресивер; б — на малых холодильных машинах: *1* — компрессор; *2* — тройник всасывающего вентиля; *3* — индикатор влажности; *4* — фильтр-осушитель; *5* — баллон

Если вентиль на баллоне не открывается, такой баллон считают неисправным; ремонтировать вентили заполненных баллонов запрещается. На штуцер неисправного вентиля ставят заглушку, на баллоне делают надпись «Неисправный, с аммиаком» и отправляют на завод-наполнитель для ремонта.

Предварительно взвешенные баллоны устанавливают на подставку наклонно, вентилем вниз (рис. 58). Заполнение аммиаком производят при работающем компрессоре и охлаждаемом конденсаторе. Баллоны с аммиаком присоединяют к заправочному коллектору стальными трубками, испытанными на давление 2 МПа.

Последовательность заполнения системы аммиаком из баллонов такая же, как и при сливе аммиака из цистерны.

Об опорожнении баллонов свидетельствуют падение давления в них и оттаивание нижней части баллонов и наполнительных труб. После опорожнения на коллекторе и баллоне закрывают вентили, баллоны отсоединяют от наполнительной трубки, на штуцера вентилей устанавливают заглушки, а затем на баллоны навора чивают колпаки.

Заполнение системы хладоном и маслом. Заправка хладоновых установок средней и крупной производительности ведется через коллектор (рис. 59, а). На жидкостной линии между коллектором и испарителем устанавливают фильтр-осушитель. Малые хладоновые агрегаты заправляют через трехходовой вентиль на всасывающей стороне компрессора (рис. 59, *б*).

Для хладоновых установок Правилами техники безопасности на фреоновых холодильных установках нормы заполнения аппаратов и трубопроводов холодильным агентом и маслом не установлены, поэтому при заполнении следует руководствоваться указаниями завода-изготовителя и практическими соображениями.

Уровень заполнения межтрубного пространства в хладоновых кожухотрубных испарителях принимают бо-

лее низким, чем в аммиачных, так как при кипении хладонов происходит вспенивание жидкости из-за наличия в нем растворенного масла. Оптимальный уровень зависит от тепловой нагрузки и разности температур в аппарате. В диапазоне разности температур 5—10°С ориентировочно принимают степень заполнения равной 70—80 %.

Хладоновые конденсаторы с ресиверной частью могут быть заполнены жидким хладоном в полном объеме ресиверной части. Линейные ресиверы заполняют не более чем на 80%. Заполнение испарителей змеевикового типа можно принять равным 30%.

Перед заправкой систему вакуумируют. К наполнительной трубке подсоединяют сосуд с маслом и перепускают масло в испарительную систему, при этом нельзя допускать попадания воздуха в систему.

После окончания заправки системы маслом начинают зарядку системы хладоном. Баллон через наполнительную трубку подключают к коллектору или трехходовому вентилю компрессора и заполняют систему парами хладона. При достижении давления в системе 0,2—0,3 МПа перепускают в систему жидкий хладон (баллон располагают наклонно, вентилем вниз). При повышении давления в системе выше 0,4 МПа перекрывают вентиль на баллоне и прекращают зарядку, пока компрессор не понизит давление в испарителе до 0,2—0,3 МПа, затем продолжают зарядку системы.

В течение всего периода зарядки системы хладоном все соединения периодически проверяют на утечку хладона с помощью галлоидных ламп или электронных течеискателей. Утечки немедленно устраняют.

На заполнение системы хладагентом монтажной организацией составляется с участием заказчика акт по установленной форме.

Заполнение рассольной системы хладоносителем. В качестве теплоносителя в рассольных системах охлаждения чаще всего применяют раствор хлористого кальция с минимальной температурой замерзания — 55 °С. Применение раствора хлористого натрия весьма ограничено из-за его высокой корродирующей способности. Заполнение системы теплоносителем осуществляется до заполнения холодильной установки холодильным агентом.

Промышленностью выпускается кальцинированный и плавленый хлористый кальций (табл. 5).

Таблица 5

Компонент	Массовая доля, %			
	в кальцинированном $CaCl_2$		в плавленом $CaCl_2$	
	I сорт	if сорт	I сорт	II сорт
Хлористый кальций, не менее	96	90	76	67
Хлористый магний, не более	0,5	0,6	0,3	0,5
Нерастворимый осадок	0,2	0,6	0,2	0,5

Примечание. Кроме выше перечисленных веществ хлористый кальций содержит хлориды, железо, сульфаты.

Концентрация рассола должна быть такова, чтобы температура замерзания его была ниже на 8—10 °С температуры кипения хладагента в испарителе.

Количество хлористого кальция, необходимого для получения раствора требуемой концентрации, зависит от объема рассольной системы и температуры замерзания раствора.

Объем рассольной системы в общем случае определяют по формуле

$$V_{р.с} = V_и + V_б + V_{тр},$$

где $V_{р.с}$ — объем рассольной системы, м³; $V_и$, $V_б$ — объем испарителей и батарей (из каталога или проекта), м³; $V_{тр}$ — объем системы трубопроводов, м³.

Объем трубопроводов определяется как сумма объемов трубопроводов каждого диаметра по формуле

$$V_{тр} = \pi D_{вн}^2 L/4,$$

где $D_{вн}$ — внутренний диаметр трубопровода, м; l — длина трубопровода, м.

Массу рассола определяют по формуле

$$/tip = V\ р\ cPр,$$

где $m_{ч}$ — масса рассола, кг; $р_{р}$ — плотность рассола, кг/м³.

Массу соли, необходимую для получения раствора заданной концентрации, рассчитывают по формуле

100

где $m_{с}$ — необходимая масса соли, кг; 1,1 — коэффициент, учитывающий потери соли при ее растворении; $К$ — массовая доля соли в растворе, %; $р_{р}$ — плотность рассола, кг/м³.

Раствор получают в баке для разведения рассола. В баке размещается металлическая сетка (на расстоянии 400—560 мм от верхнего края), на которую насыпают фильтрующий слой кокса, а на него — слой соли. Бак заполняют водой, и с помощью насоса вода прокачивается через соль, растворяя ее. При необходимости вода подогревается с помощью термонагревательных элементов, вмонтированных в бак. После получения раствора требуемой концентрации (замер производится ареометром при температуре 15 °С) его закачивают в систему до полного ее заполнения.

Для уменьшения корродирующего действия раствора СаСЬ на трубопроводы и аппараты в него добавляют бихромат натрия в количестве 1,6 кг на каждый кубометр раствора и на каждые 10 кг бихромата натрия добавляется 2,7 кг едкого натра. Концентрация водородных ионов в растворе должна быть в пределах pH 7—8,5.

При работе с бихроматом натрия и едким натром необходимо строго соблюдать правила безопасности.

§ 17. ПУСК И СДАЧА УСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед пуском и сдачей холодильных установок в эксплуатацию монтажная организация передает заказчику всю заводскую документацию на оборудование и акты испытаний сосудов и трубопроводов в соответствии с нормами и правилами Госгортехнадзора для заполнения паспортов на сосуды, работающие под давлением.

Одновременно заказчику передается один экземпляр рабочих чертежей с исправлениями и дополнениями, сделанными в ходе монтажа, а также исполнительную схему трубопроводов; акты на скрытые работы; изготовление фундаментов, продувку аппаратов и трубопроводов, заполнение системы холодильным агентом и хладоносителем, тарирование предохранительных клапанов, замеры сопротивлений электрический цепей, заземления.

Сдаточные испытания, проводимые после монтажа, должны подтвердить работоспособность смонтированной установки, соответствие ее проекту и требованиям производства.

Отдельные части холодильных установок при сдаче в эксплуатацию испытывают вначале без нагрузки.

Компрессоры испытывают в работе без заполнения хладагентом, с открытым байпасом, а при его отсутствии разъединяют фланец за нагнетательным вентилем. Проверяют работу системы смазки, наблюдают за нагревом трущихся частей компрессора и следят за тем, чтобы уровень вибрации не превышал установленных значений.

Насосы первоначально прокручивают вхолостую, а затем под нагрузкой; при этом определяется напор, развиваемый насосом, и расход.

Расход может быть определен по объему заполнения резервуаров либо с помощью расходомеров.

При испытаниях вентиляторов проверяют правильность сочленения валов вентиляторов и электродвигателей, наличие ограждений, уровень вибрации, производительность. Производительность вентиляторов определяют замером скоростей в нескольких точках сечения воздуховода.

По окончании испытаний без нагрузок холодильную установку выводят на рабочий режим и проводят теплотехнические испытания.

В процессе теплотехнических испытаний холодильной установки фиксируют следующие параметры: температуры и давление хладагента в узловых точках цикла, температуры, давления масла, воды, рассола и воздуха; параметры, определяющие расходы холодильного агента, воды, рассола и воздуха; мощность, потребляемую из сети электродвигателями, параметры, характеризующие состояние воздуха в охлаждаемых помещениях холодильных установок.

После проведения испытаний и получения положительных результатов составляют акт по установленной форме о передаче установки в эксплуатацию.

аздел

ЭКСПЛУАТАЦ

Глава 5
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

§ 18. ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основная задача эксплуатации холодильных установок — обеспечение безопасной и надежной работы оборудования для поддержания заданных температурных и влажностных режимов в охлаждаемых объектах при минимальной себестоимости вырабатываемого искусственного холода.

Эксплуатация холодильных установок включает их пуск, остановку, регулирование температурного режима, надзор за безопасным и исправным действием всех машин и аппаратов. На автоматизированных установках эти работы по заданной программе выполняют системы автоматического контроля и управления.

Для экономной и безопасной эксплуатации холодильной установки необходимы соблюдение оптимального режима ее работы, обеспеченность установки контрольно-измерительными приборами, приборами автоматической защиты и регулирования, правильное заполнение системы хладагентом и поддержание его оптимального уровня, поддержание необходимой концентрации рассольной системы, содержание в чистоте теплопередающих поверхностей, своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов и осмотров, ведение журнала холодильной установки и составление технической отчетности.

В работе по эксплуатации обслуживающий персонал руководствуется технической документацией и инструкциями, с содержанием которых обслуживающий персонал должен быть своевременно ознакомлен.

В машинных отделениях на видном месте должны быть вывешены: схемы трубопроводов хладагента, рассольных и водяных, с пронумерованными в них и соответственно в натуре запорной арматурой и приборами автоматики; инструкции по устройству и безопасной эксплуатации холодильных установок; инструкции по обслуживанию машин и аппаратов (сосудов); инструкции по эксплуатации холодильной системы (охлаждающих устройств); инструкции по обслуживанию контрольно-измерительных приборов и автоматики; инструкции по оказанию доврачебной помощи при несчастных случаях; инструкции по действиям персонала при ликвидации прорыва хладагента и возникновения аварийной ситуации; инструкция по пожарной безопасности; инструкция по охране труда; годовые и месячные графики ППО и ППР; указатели места нахождения средств индивидуальной защиты; номера телефонов скорой помощи, пожарной команды; номера телефонов и адрес организации, обслуживающей автоматизированную холодильную установку.

§ 19. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время на предприятиях торговли и общественного питания находится в эксплуатации большое количество автоматизированных хладоновых холодильных установок

производительностью до 52 кВт, предназначенных для поддержания оптимальных температур при хранении продуктов питания, реализуемых в торговой сети, и обеспечения работы предприятий общественного питания.

Технический надзор за их работой, обслуживание и монтаж возложены на специализированные тресты, подчиненные министерствам торговли союзных республик. В подчинении трестов находятся специализированные комбинаты холодильного оборудования и областные ремонтно-монтажные комбинаты. На них возложена непосредственная работа по обслуживанию, ремонту и монтажу всего холодильного и торгово-технологического оборудования, находящегося в эксплуатации на предприятиях торговли и общественного питания.

Для холодильного оборудования установлено два вида технического обслуживания: при использовании и регламентированное.

Техническое обслуживание при использовании. Включает в себя работы, связанные с пуском и остановкой оборудования, поддержанием его в надлежащем санитарном состоянии.

Этот вид обслуживания выполняет персонал предприятий торговли и общественного питания.

Регламентированное техническое обслуживание оборудования. Предусматривает выполнение всех работ с периодичностью и в объеме, установленными эксплуатационной документацией независимо от технического состояния оборудования в момент начала технического обслуживания.

Этот вид обслуживания выполняется работниками ремонтно-монтажных комбинатов.

Виды работ по техническому обслуживанию холодильного оборудования и сроки их выполнения определяются годовым графиком. Разработка графиков осуществляется ремонтным предприятием до начала планируемого года. Графики утверждаются главным инженером ремонтного предприятия и согласовываются с предприятиями, заключившими между собой договор на обслуживание.

Графики технического обслуживания и ремонта холодильного оборудования должны предусматривать техническое обслуживание холодильного оборудования, кроме обслуживания при использовании; текущий ремонт оборудования; капитальный ремонт оборудования.

Исходными данными для разработки графиков технического обслуживания и ремонта холодильного оборудования являются:

структура ремонтного цикла холодильного оборудования, установленная эксплуатационной документацией;

графики санитарных дней предприятий торговли и общественного питания;

техническое состояние оборудования;

обеспеченность ремонтных предприятий технологической оснасткой, ремонтной документацией, запасными частями и материалами.

Предприятие, заключившее договор на комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, должно иметь выписку из графика выполнения этих работ на год.

Неисправности, возникающие при эксплуатации холодильного оборудования, устраняются в следующем порядке: оборудование немедленно отключается от электросети и принимаются меры, исключающие допуск работников предприятия к эксплуатации оборудования и его включения; вызывается слесарь ремонтного предприятия, обслуживающего оборудование, ремонтное предприятие регистрирует вызов в журнале учета отказов оборудования и в срок до 24 ч (с момента поступления вызова) в населенном пункте, где расположено ремонтное предприятие, и в течение двух суток во всех других случаях принимает необходимые меры по устранению неисправностей.

Глава 6
ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

§ 20. РЕЖИМ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Режим работы холодильной установки характеризуется температурами: кипения *to,* конденсации $t_к$, переохлаждения жидкого хладагента перед регулирующим вентилем $t_{,,,}$ перегрева пара на всасывании в компрессор $/_{вс}$ и нагнетания $t_н$.

При регулировании работы холодильной установки стремятся поддерживать оптимальный режим ее работы, под которым понимается не только наиболее экономичный режим, но и безопасный. Поскольку холодильные установки эксплуатируются в различных условиях и включают оборудование разных типов, то для каждой установки должен быть свой оптимальный режим. Обслуживающий персонал должен знать значения рекомендуемых параметров, приведенных в технической документации по эксплуатации.

Температура кипения. Значение температуры кипения устанавливают в зависимости от температурного режима охлаждаемого объекта. Перепад температур между воздухом охлаждаемого объекта и температурой кипения (средней температурой хладоносителя) равен 7—10 °С в зависимости от площади охлаждающих батарей.

В испарителях для охлаждения жидкостей средняя разность температур между охлаждаемой жидкостью и кипящим хладагентом составляет 4—6 °С.

В процессе эксплуатации температурный напор зависит в основном от состояния теплопередающей поверхности, уровня заполнения испарительной системы хладагентом и соответствия между производительностью компрессоров и испарительной системой. На рис. 60 приведена зависимость холодопроизводительности и потребляемой мощности в зависимости от температуры кипения для компрессора II-1 10.

Температура конденсации. Разность между температурой конденсации и средней температурой воды, поступающей на конденсатор и отходящей из него, принимается равной 2—3 °С. Нагрев воздуха в воздушных конденсаторах принимается равным 5—6 °С, а температурный перепад — в пределах 6—9 °С.

Температура конденсации определяется главным образом температурой й количеством охлаждающей воды (воздуха), состоянием теплопередающей поверхности и соотношением между производительностью конденсатора и включенных компрессоров.

Температура нагнетания (температура конца сжатия пара в компрессоре) зависит от температуры конденсации и степени повышения давления в компрессоре *(р,/ро).*

Температура переохлаждения. Жидкий хладагент может охлаждаться ниже температуры конденсации в самих конденсаторах, переохладителях, регенеративных теплообменниках и промежуточных сосудах. С понижением температуры жидкого хладагента перед поступлением в дросселирующее устройство увеличивается холодопроизводитель-

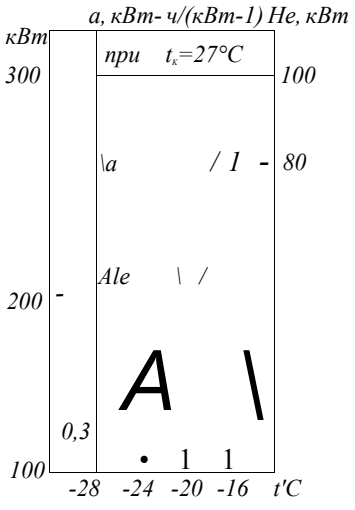


Рис. 60. Характеристика работы компрессора П220-7 в зависимости от температуры кипения

ность холодильной установки, Для аммиака это увеличение составляет примерно 0,4 % на каждый градус снижения температуры жидкости.

Перегрев пара, всасываемого в компрессор. Разность между температурой кипения и температурой пара, поступающего в компрессор, зависит от уровня заполнения испарительной системы жидким хладагентом.

Наличие перегрева необходимо для обеспечения безопасной работы компрессора, так как работа компрессора «влажным ходом» может привести к гидравлическим удару и аварии.

Перегрев пара на всасывании в компрессор принимается равным: для аммиачных одноступенчатых и высокой ступени двухступенчатых холодильных установок (компрессоров) 5—10 °С; для низкой ступени аммиачных двухступенчатых установок 10—20 °С; для хладоновых установок с регенеративными теплообменниками от 15 до 30 °С.

Влажный ход происходит при попадании в компрессор влажного пара. Если объем жидкого хладагента превышает объем мертвого пространства компрессора, то возникает опасность гидравлического удара.

Основные признаки влажного хода: отсутствие перегрева всасываемого пара; понижение температуры нагнетания; изменение тональности звука работающего компрессора (звонкий звук работы клапанов переходит в глухой, и в цилиндрах появляются стуки); обмерзание поверхностей цилиндров и картера компрессора.

Основными причинами возникновения влажного хода являются: переполнение испарительной системы жидким холодильным агентом; вскипание жидкого хладагента в затопленных испарителях при резком снижении в них давления или резком повышении тепловой нагрузки: конденсация пара во всасывающем трубопроводе.

§ 21. ОСНОВНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В процессе эксплуатации холодильных установок возможны отклонения от оптимального режима, что увеличивает эксплуатационные расходы и может привести к созданию аварийной ситуации.

Повышенная температура нагнетания. При эксплуатации компрессоров принято считать, что если действительная температура нагнетания выше теоретической на 12—15 °С, то компрессор работает не в оптимальном режиме. Наиболее распространенными причинами повышения температуры нагнетания являются: повышенная температура конденсации; недостаточное количество хладагента в системе; значительный износ цилиндра компрессора, вызывающий пропуск сжимаемого пара через поршневые кольца; неплотность нагнетательных клапанов; недостаточная подача воды в охлаждающую рубашку компрессора или отложения «водяного» камня на ее стенках; недостаточная смазка цилиндров компрессора и повышенный нагрев стенок цилиндра вследствие этого.

В соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок температура нагнетания современных компрессоров не должна превышать 160 °С (если заводской инструкцией не предусмотрено иное значение), а горизонтальных тихоходных компрессоров старых марок — 135 °С.

Пониженная температура кипения. Основными причинами понижения температуры кипения являются: недостаточное заполнение испарительной системы хладагентом; заполнение части испарительной системы маслом; образование на поверхности батарей большого слоя инея (снеговой шубы) или льда (на рабочей поверхности испарителя для охлаждения жидких теплоносителей),

уменьшение скорости движения воздуха в воздухоохладителях или хладоносителя в испарителях для охлаждения жидкостей, несоответствие тепловой нагрузки и холодопроизводительности компрессоров (тепловая нагрузка на испарительную систему ниже холодопроизводительности включенных компрессоров).

Работа при пониженной температуре кипения приводит к увеличению удельного расхода электроэнергии и повышению температуры нагнетания. Понижение температуры кипения на 1 °С увеличивает удельный расход электроэнергии примерно на 2--3 %.

Повышенная температура кипения. Чаще всего повышение температуры кипения происходит вследствие переполнения испарительной системы жидким хладагентом, уменьшения тепловой нагрузки на испаритель, увеличения по сравнению с холодопроизводительностью компрессора тепловой нагрузки на испарительную систему, снижения холодопроизводительности компрессора.

Повышенная температура конденсации. Наиболее частые причины: загрязнение теплопередающей поверхности конденсаторов; недостаточная подача воды или воздуха в конденсатор; малая теплопередающая поверхность конденсатора; уменьшение скорости движения охлаждающей среды; наличие воздуха и других неконденсирующихся газов в системе; заполнение части объема конденсатора жидким холодильным агентом.

Повышение температуры конден*сации*—вызыва£х ^величение удельного расхода электроэнергии (на 1 °С в среднем на 2,0—2.5 %) и повышение температуры нагнетания.

Работа при повышенной температуре конденсации, особенно в летний период, не позволяет получить-1Ш£-четные температуры **R** объектах 75"х71аждеиия из-за понижения холодопроизводительности кОмпрес-*~сора~~ ~~" "~~*

§ 22. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА В ИСПАРИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ

Подача хладагента в испарительную систему холодильной установки может осуществляться ручным регулирующим вентилем при ручном режиме работы или автоматическими приборами в автоматизированных установках.

Количество жидкого хладагента, подаваемого в испарительную систему, при неизменной тепловой нагрузке должно быть постоянным. Увеличение подачи хладагента в систему при тех же условиях приводит к повышению давления температуры кипения, увеличению уровня хладагента в аппарате; компрессор начинает работать влажным ходом, и может произойти гидравлический удар.

Недостаточная подача жидкого хладагента в испарительную систему при постоянной тепловой нагрузке приводит к уменьшению давления и температуры кипения, и в компрессор засасывается перегретый пар, т. е. возрастает перегрев на всасывании. Повышение перегрева всасываемого пара в этом случае приводит к возрастанию температуры нагнетания, а следовательно, к опасному режиму работы компрессора и перерасходу электроэнергии.

Снижение тепловой нагрузки при постоянной (по массе) подаче хладагента может привести к влажному ходу из-за снижения количества выкипающего хладагента и переполнения испарителя, резкое повышение нагрузки — к влажному ходу из-за бурного вскипания и выброса хладагента. (Эсо^енно (Эгшс^ внезапное повышение тепловой на-*Трузкй.* В неавтоматизированных установках, не имеющих защитных ресиверов, перед подключением к работающему компрессору дополнительной тепловой нагрузки (холодильной камеры после оттаивания или ремонта) прикрывают подачу жидкости в испарительную систему, закрывают всасывающий вентиль

компрессора и постепенно открывают последний только после подключения дополнительной нагрузки. Для предотвращения возможности влажного хода при резком повышении тепловой нагрузки администрация предприятия устанавливает порядок извещения дежурных машинистов холодильной установки о времени загрузки продукции в камеры холодильной обработки и хранения.

При ручном регулировании подачи жидкого хладагента необходимо постоянно контролировать перегрев пара на всасывании в компрессор, давление и температуру кипения в испарителе, температуру нагнетания. При уменьшении перегрева на всасывании и температуры нагнетания следует прикрыть регулирующий вентиль, при увеличении перегрева на всасывании и температуры нагнетания (если она не вызвана другими причинами) — приоткрыть регулирующий вентиль.

Особенно сложно осуществляется ручное регулирование подачи жидкого хладагента в многообъектных безнасосных испарительных системах. Переполнение даже одного из параллельно включенных испарителей приводит к влажному ходу компрессоров. В этом случае рекомендуется применение дифференциальных логометров для контроля за перегревом на всасывании из каждого испарителя.

Изменение величины перегрева пара, всасываемого в компрессор, происходит не сразу после изменения степени открытия регулирующего вентиля, поэтому открытие и закрытие регулирующего вентиля при нормальной работе осуществляют постепенно, изменяя положение маховика вентиля на 'Д—'U оборота с выдержкой по времени 15—20 мин. При признаках недостаточной подачи жидкого хладагента неоднократное открытие регулирующего вентиля в течение нескольких минут может привести к внезапному влажному ходу.

Автоматическое регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему и автоматическая защита холодильных установок облегчают эксплуатацию, но не освобождают обслуживающий персонал от постоянного контроля за параметрами работы холодильной установки, так как отказ или неисправность приборов автоматики могут привести к аварийному или опасному режиму работы.

Глава 7

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

' § 23. ОБЩИЕ ОБЯЗАННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

При исполнении своих обязанностей обслуживающий персонал холодильных установок должен постоянно помнить, что от их действий зависит здоровье и безопасность не только обслуживающего персонала, но и людей, работающих рядом с установкой в других производственных цехах.

В обязанности обслуживающего персонала входят: обслуживание всего холодильного оборудования, расположенного в машинном и аппаратном отделениях, а также в производственных цехах, связанных с производством или потреблением холода; обеспечение заданного температурного режима в охлаждаемых помещениях; своевременное и правильное ведение суточного журналаJ работы машинного отделения; тщательная проверка состояния всего обслуживаемого оборудования при приемке и сдаче смены; соблюдение правил безопасной эксплуатации, пожарной безопасности, охраны труда и внутреннего трудового распорядка на предприятии; принятие мер по предотвращению (и ликвидации) аварий, пожаров и оказание первой помощи пострадавшим, своевременное сообщение о пожаре или несчастном случае администрации; содержание оборудования и помещений в чистоте; экономное расходование электроэнергии, воды, запасных частей и вспомогательных материалов.

§ 24. ПУСК И ОСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Пуску холодильной установки предшествует ряд операций по подготовке систем и компрессоров в соответствии с инструкцией по эксплуатации данной установки.

При подготовке к пуску по суточному журналу выясняют причину последней остановки установки. Если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей оборудования, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей.

Подготовка к работе систем холодильной установки. При подготовке систем к работе проверяют состояние трубопроводов, запорной арматуры, приборов автоматической защиты и управления. Проверяют герметичность системы хладагента и наличие в ней достаточного количества хладагента, открывают вентили на нагнетательном, жидкостном и всасывающем трубопроводах в соответствии со схемой установки и инструкцией по эксплуатации. Всасывающие и нагнетательные вентили на компрессорах и регулирующие вентили оставляют закрытыми.

На аммиачных холодильных установках часть вентилей пломбируют в открытом положении. К ним относятся: запорные вентили нагнетательных магистралей, сливных труб отделителей жидкости, жидкостных трубопроводов между конденсаторами и линейными ресиверами и регулирующей станцией, жидкостных и паровых уравнительных линий, уравнительных колонок с реле уровня. При подготовке к пуску необходимо убедиться в сохранности пломб на этих вентилях.

Все вентили, сообщающие компрессоры, аппараты и участки системы с приборами контроля, управления и защиты (манометрами, реле давления, реле уровня и др.), должны быть открыты.

Подготовка к пуску вспомогательных систем состоит из подачи воды на конденсаторы (или пуск вентиляторов в конденсаторах с воздушным охлаждением), пуска вентиляторов на градирнях, подачи воды на охлаждающие рубашки компрессоров.

Подготовка к пуску испарителей и систем теплоносителей. Основными операциями являются: пуск мешалок открытых испарителей; включение рассольных насосов; проверка циркуляции рассола в системе охлаждения; проверка положения шиберов воздушных каналов для циркуляции и подачи наружного воздуха в камеры, включение вентиляторов.

Подготовка к пуску отделителей жидкости и циркуляционных ресиверов. Основными операциями являются: проверка уровня жидкого хладагента, подготовка к работе и пуск циркуляционных насосов хладагента, проверка положения вентилей на распределительных коллекторах жидкого хладагента.

Подготовка к пуску компрессоров. При подготовке к пуску выясняют по суточному журналу причину последней остановки компрессора. Если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей. После вьшужденной остановки компрессора, а' также после ршонта^ и профилактики^холодильного^ оборудования пуск проводится только после письмеТ^оТо разрешения механика установкйТ^

Перед пуском проводят дренаж всасывающих и нагнетательных трубопроводов для удаления возможного скопления жидкого аммиака, проверяют исправность и дату последней проверки приборов контроля и защитной автоматики. Убеждаются в надежности крепления и исправном состоянии компрессора, наличии необходимых ограждений, плотности сальника, отсутствии посторонних предметов, мешающих пуску. Проверяют наличие масла в системе смазки, открытие запорных вентилей на маслопроводах у компрессоров с разветвленной системой смазки. Подготавливают разгрузоч-

ные устройства к пуску, проверяют открытие вентилей к манометрам и мановакуумметрам. Проворачивают вал компрессора вручную не менее чем на один оборот для проверки свободного перемещения движущихся частей.

Проверяют подачу воды в охлаждающую рубашку компрессора и устанавливают переключатель пульта (щита) управления в необходимое положение. Пуск компрессоров при положении переключателя пульта (щита) управления «местный режим» не допускается, так как при этом отключены приборы защитной автоматики.

Пуск **и** остановка компрессоров одноступенчатого сжатия. Ручной пуск поршневых компрессоров средней и крупной производительности проводится с помощью разгрузочных устройств, уменьшающих необходимый пусковой момент электродвигателя.

Пуск поршневого компрессора, снабженного ручным байпасом (рис. 61), осуществляют при закрытых нагнетательном Я и всасывающем *В* вентилях и открытом байпасе *Б*. После достижения электродвигателем нормальной частоты вращения открывают нагнетательный вентиль Я и закрывают байпас *Б*. Только после, этого постепенно открывают всасывающий вентиль *В*. В качестве автоматического устройства разгрузки применяют соленоидный вентиль *СВ,* устанавливаемый на байпасном трубопроводе, и обратный

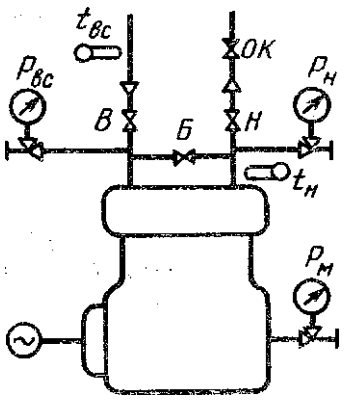


Рис. 61. Компрессор с ручным байпасом

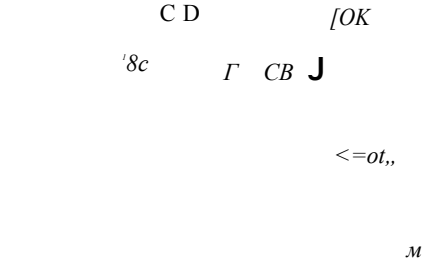


Рис. 62. Компрессор с соленоидным вентилем в качестве автоматического байпаса

клапан *ОК* на нагнетательном трубопроводе (рис. 62). Открытие *СВ* на байпасном трубопроводе происходит при остановке компрессора, а закрывается он через 10—15 с после пуска с помощью реле времени.

Поршневые компрессоры, имеющие отжим пластин всасывающих клапанов, а также поршневые и ротационные компрессоры без разгрузочных устройств пускают с открытыми нагнетательными и закрытыми всасывающими вентилями.

Винтовые компрессоры пускают с открытыми нагнетательными и закрытыми всасывающими вентилями, с установкой регулятора производительности в минимальное положение.

После включения электродвигателя контролируют показания манометров на масляном насосе, на нагнетательной стороне компрессора и показания амперметра.

В случае превышения допустимых значений силы тока или давления нагнетания, при отсутствии давления в системе смазки, а также при появлении стуков компрессор немедленно останавливают для выявления причин ненормальной работы. При нормальной работе компрессора постепенно открывают всасывающий вентиль, контролируя перегрев пара, всасываемого в компрессор, и температуру нагнетаемого пара.

Пуск компрессора с закрытым

всасывающим вентилем и его медленное открытие после того, как двигатель разовьет нормальную частоту вращения, исключают возможность возникновения гидравлического удара, который может произойти вследствие скопления жидкого хладагента или масла во всасывающем трубопроводе, а также в связи с возможным вскипанием жидкого хладагента в затопленных испарителях при резком понижении в них давления. Всасывающий вентиль следует открывать так, чтобы давление всасывания в компрессоре не превышало величины, близкой к рабочему давлению кипения. Процесс понижения давления в испарительной системе происходит медленно, но уменьшается вероятность работы компрессора влажным ходом.

При достижении в испарительной системе давления, соответствующего рабочей температуре кипения, полностью открывают всасывающий вентиль компрессора и приоткрывают на минимальный проход регулирующий вентиль.

Перед остановкой компрессоров следует принять меры для облегчения и безопасности их последующего пуска. При ручном режиме работы во избежание влажного хода компрессора во время его последующего пуска вначале закрывают регулирующий вентиль на линии подачи жидкого хладагента в испарительную часть системы и останавливают насос хладагента в циркуляционной схеме. Компрессор продолжает работать и отсасывать пар из испарителя в течение 5—10 мин при закрытом регулирующем вентиле для понижения уровня хладагента.

Затем закрывают запорный всасывающий вентиль у компрессора, понижают давление в картере поршневого компрессора до 0,02—0,03 МПа и выключают электродвигатель.

При выключении ротационного компрессора необходимо обеспечить поддержание в нем давления не выше атмосферного, так как в присутствии аммиака набухание рабочих пластин может привести к их поломке или разрыву крышек компрессора при его последующем пуске.

После прекращения вращения вала закрывают нагнетательный вентиль компрессора.

Автоматический пуск и остановка компрессора при нормальном режиме его работы производятся от датчиков, реагирующих на изменение температуры или давления кипения. В этом случае всасывающий и нагнетательный вентили постоянно открыты.

На компрессорах, работающих в автоматическом режиме, на видных местах вывешивают таблички «ОСТОРОЖНО! ПУСКАЕТСЯ АВТОМАТИЧЕСКИ».

Пуск и остановка компрессоров двухступенчатого сжатия и двухступенчатых агрегатов. Системы и компрессоры установки двухступенчатого сжатия подготавливают к пуску аналогично системам и компрессорам одноступенчатого сжатия. Особенностью пуска установки двухступенчатого сжатия является то, что сначала пускают компрессор (цилиндр у компрессора двухступенчатого сжатия) высокой ступени, а затем компрессор (цилиндр) низкой ступени.

Пуск компрессора низкой ступени раньше компрессора высокой ступени является грубой ошибкой. При этом в промежуточном сосуде создается опасное давление, так как компрессор $КМ_{...с}$ нагнетает пары в промежуточный сосуд, а неработающий компрессор $/СМ_{..}с$ не отсасывает их (рис. 63).

При достижении в промежуточном сосуде давления, равного рабочему, приоткрывают регулирующий вентиль $РВ_{пс}$, не допуская переполнения хладагентом промежуточного сосуда и влажного хода у компрессора (цилиндра) высокой ступени. Регулирующий вентиль испарительной системы $РВ_{,,}$ приоткрывают при понижении давления кипения до заданного. Открытие $РВ_{и}$ регулируют таким образом, чтобы не было

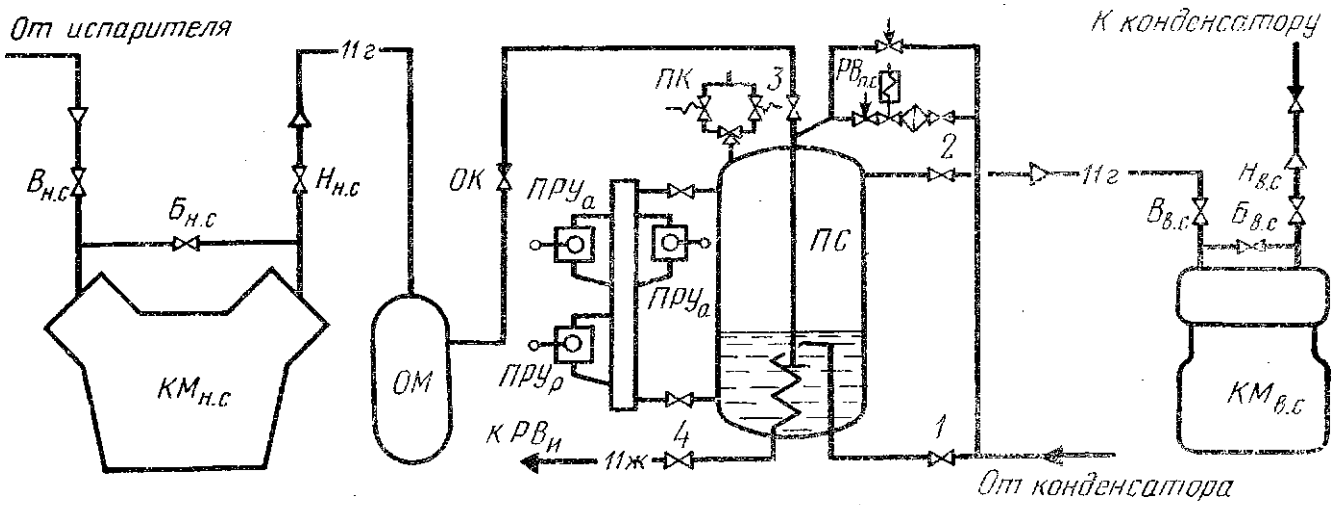


Рис. 63. Схема двухступенчатого холодильного агрегата

влажного хода у компрессора низкой ступени.

При остановке установки двухступенчатого сжатия закрывают регулирующие вентили промежуточного сосуда $РВ_{п.с}$ и испарителя $РВ_к$, отсасывают хладагент из аппаратов в течение 5—10 мин, закрывают сначала всасывающий вентиль компрессора низкой ступени $В_{н.с}$, а затем всасывающий вентиль компрессора высокой ступени $Б_{в.с}$ и отключают компрессоры. Дальнейшие операции проводят, как и при остановке компрессоров одноступенчатого сжатия.

Остановка холодильной установки. После остановки компрессоров отключают электродвигатели прочего холодильного оборудования, закрывают необходимые запорные вентили и записывают в суточный журнал работы причину остановки.

§ 25. ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПРЕССОРОВ

Обслуживание заключается в постоянном надзоре за. состоянием компрессоров и обеспечении наиболее выгодных и безопасных режимов работы.

При обслуживании компрессоров обслуживающий персонал ведет постоянное наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов, установленных на компрессоре. При обнаружении отклонений от оптимальных параметров необходимо установить причины и принять меры к их устранению.

Поршневые компрессоры. При их обслуживании могут встретиться следующие неисправности.

Стуки в сопрягаемых деталях. При исправном состоянии кривошипно-шатунного механизма, клапанов и поршневой группы работа компрессора сопровождается несильными ритмичными стуками. При появлении резких, дребезжащих или неритмичных стуков обслуживающий персонал должен принять меры к их устранению. Основными причинами появления стуков являются: увеличение зазоров между трущимися деталями (шейка вала — шатунный подшипник, палец поршня — втулка верхней головки шатуна и др.), поломка деталей (чаще всего пластин всасывающего или нагнетательного клапана или поршневых колец), влажный ход компрессора, мало линейное вредное пространство.

Повышенный нагрев трущихся частей. По степени нагрева можно судить о правильности изготовления и сборки, правильности поступления смазки, исправности поршневых колец.

Нагрев трущихся частей в общем случае допускается до 50—60 °С. Измеряют температуру нагрева термометрами различных типов или на ощупь, руководствуясь тем, что рука длительное время может вы-

держивать температуру около 50 °С.

Основными причинами повышенного нагрева являются: недостаточное поступление смазки к трущимся частям, применение масла с пониженной вязкостью, неправильная сборка сопрягаемых деталей (например, сильная затяжка подшипника), пропуски через поршневые кольца.

При эксплуатации компрессоров серии П (П110, П220) необходимо учитывать, что применяемые в них поршневые кольца с фторопластовой вставкой обладают высокой износостойкостью, но при работе с повышенной температурой нагнетания трущихся частей может привести к их быстрому выходу из строя, в связи с чем очень важно при их эксплуатации соблюдение температурного режима.

Во всех случаях, когда контролируемые параметры достигают предельных значений, а также при возникновении посторонних шумов и стуков компрессор любой марки должен быть остановлен. Выяснение причин неполадок и их устранение производят после остановки компрессора.

Винтовые компрессоры. В настоящее время в холодильной технике все более широкое применение находят винтовые компрессоры (рис. 64). Эти компрессоры проще в эксплуатации, более надежны, чем поршневые, имеют бесступенчатое регулирование производительности в пределах от 10 до 100 %. Применяются в качестве компрессора низкого давления в двухступенчатых машинах (АД-130, АД-260) и самостоятельного одноступенчатого агрегата.

Установленная на винтовых компрессорах система автоматического управления и регулирования обеспечивает работу агрегата в трех режимах: местном, полуавтоматическом и автоматическом.

Местный режим предназначен для кратковременной работы при вспомогательных операциях: пуске маслонасоса для прогрева масла, если

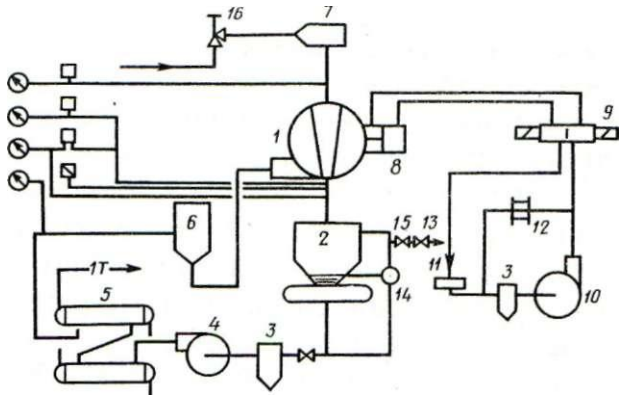


Рис. 64. Схема холодильной установки с винтовым компрессорным агрегатом:

1 — винтовой компрессор; *2* — маслоотделитель; *3* — масляный фильтр; *4* — масляный насос; *5* — масляный холодильник; *6* — фильтр тонкой очистки; 7—газовый фильтр; *8*—гидравлический цилиндр регулятора производительности; *9* — золотниковое распределительное устройство; *10* — масляный насос; *11* — масляная емкость; *12* — предохранительный клапан; *13* — запорный нагнетательный вентиль; *14* — маслоуказательное стекло; *15* — обратный клапан; *16* — запорный всасывающий вентиль

его температура ниже 15 °С, холостой обкатке компрессора. Постоянная работа на местном режиме категорически запрещена.

Перед пуском винтового агрегата необходимо: осмотреть агрегат и убедиться в отсутствии посторонних предметов; проверить уровень масла по указателю уровня на сепараторе; проверить температуру масла, при температуре масла ниже 15 °С его надо подогреть; регулятор производительности перевести в положение минимальной производительности.

Пуск компрессора осуществляется с открытым нагнетательным вентилем. Всасывающий вентиль открывается сразу после пуска таким образом, чтобы давление во всасывающей полости компрессора находилось в допустимых пределах (например, для агрегата А350-7-2 не более 0,14 МПа).

Автоматический пуск агрегата осуществляется с открытыми всасывающим и нагнетательным вентилями. Регулятор производительности должен находиться в положении «min». Увеличение производительности после пуска происходит автоматически.

Обслуживание винтовых компрессоров сводится к контролю за показаниями контрольно-измерительных приборов, смене фильтрующих элементов и масла. Причем могут применяться масла только тех марок, которые рекомендованы заводом-изготовителем. Для отечественных винтовых компрессоров используется масло марок ХА-30 и ХС-40. Температура масла, подаваемого в компрессор, должна находиться в пределах 25—45 °С.

При эксплуатации винтовых компрессоров системе смазки необходимо уделять особое внимание, так как загрязнение масла может привести к повышенному износу винтов, нарушению плотности их зацепления и в итоге к потере холодопроизводительности. *JXaBJit^*
подачей его в компрессор должно на 0,3—0,5 МПа превышать давление нагнетания компрессора.

Винтовые компрессоры менее чувствительны к влажному ходу, однако влажный ход и для них является нежелательным. При большом количестве жидкого хладагента, поступающего в компрессор, возможны заклинивание роторов и как результат разрушение подшипников.

В хладоновых винтовых компрессорах при влажном ходе происходят вспенивание масла в маслосборнике и срыв работы масляного насоса. Реле контроля смазки в этом случае автоматически остановит агрегат.

Ротационные компрессоры. Компрессоры типа АК-РАБ применяют в качестве ступени низкого давления в двухступенчатых холодильных установках (типа АД-90). Компрессор рассчитан на температуру кипения —25°С-=——45°С при отношении давления нагнетания и всасывания не более 8.

Основное внимание при эксплуатации ротационных компрессоров необходимо уделять рабочим пластинам, изготовленным из асботекстолита.

При стоянке компрессора мельчайшие поры пластин заполняются жидким аммиаком, что приводит к разбуханию пластин. Скорость разбухания зависит от давления и температуры аммиака: чем выше давление и ниже температура, тем быстрее разбухают пластины. В результате увеличиваются геометрические размеры пластин и может произойти заклинивание пластин между крышками цилиндра или в пазах ротора.

Чтобы избежать заклинивания пластин, необходимо выполнять следующие правила: при стоянке компрессора поддерживать в цилиндре давление, близкое к атмосферному; на 1—2 ч в сутки производить запуск компрессора.

При длительной стоянке пластины должны быть вынуты из ротора и храниться в герметичной упаковке в сухом виде.

При эксплуатации ротационного компрессора необходимо учитывать, что попадание жидкого аммиака в цилиндр не приводит к аварийной ситуации, но пластины из асботекстолита под его воздействием становятся хрупкими и даже могут разрушиться.

§ 26. ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Основная задача обслуживания теплообменных аппаратов — обеспечение высокоэффективного теплообмена при строгом выполнении норм безопасности, в связи с чем контролируются: уровень жидкого хладагента, температуры обеих сред на входе и выходе. Показатели работы всех аппаратов регистрируют в журнале каждые 2 ч.

Контроль за уровнем жидкого хладагента в аппаратах осуществляется обслуживающим персоналом непрерывно (визуально или посредством приборов).

Конденсаторы всех типов, кроме имеющих ресиверную часть, не должны содержать жидкого хладагента, так как в этом случае сокращаются размеры активной теплопередающей поверхности. По мере перехода в жидкое состояние

хладагент должен отводиться в линейный ресивер. Конденсаторы с ресиверной частью могут содержать жидкий хладагент для переохлаждения в количестве 15—20 % полезного объема корпуса. Так, в горизонтальных кожухотрубных конденсаторах жидкость не должна закрывать более двух рядов нижних трубок.

В линейном ресивере уровень жидкого хладагента колеблется в зависимости от заполнения им батарей, воздухоохладителей, испарителей и других аппаратов установки. Количество хладагента в действующих приборах испарительной системы изменяется в результате неточности регулирования его подачи, а также в зависимости от интенсивности процесса кипения. В затопленных испарителях и приборах охлаждения камер по мере интенсификации процесса кипения (например, при поступлении в камеры теплых грузов или включении дополнительного компрессора) возрастает объем парожидкостной смеси хладагента. Это может вызывать временное переполнение испарителя и привести к гидравлическому удару — с учётом этого обстоятельства переключение аппаратов испарительной системы, связанное с интенсификацией их работы, выполняют с большой осторожностью, предварительно прикрыв регулирующий вентиль. В момент отключения аппаратов уровень жидкого хладагента в них может оказаться значительно больше нормы, поэтому перед отключением рекомендуется удалять его путем выдавливания в жидком виде в дренажный ресивер или отсасывании пара. При правильном заполнении системы уровень жидкого хладагента должен быть виден в указательном стекле ресивера при любом режиме работы установки. Недостаточное количество хладагента в ресивере может привести к тому, что в регулирующий вентиль будет поступать пар вместо жидкости; в результате переполнения ресивера возможно заполнение жидким хладагентом конденсатора, что сокращает размеры активной теплопередающей поверхности последнего и ухудшает режим работы установки. Переполненные ресиверы нельзя отделять запорной арматурой от других элементов системы, так как изменение температуры может вызвать разрыв этих ресиверов.

Правильность циркуляции теплоносителей в теплообменных аппаратах проверяют следующим образом: в вертикальных кожухотрубных конденсаторах проверяют положение колпачков для равномерного распределения воды, стекающей по внутренней поверхности труб; в оросительных конденсаторах — распределение воды по секциям и равномерность орошения всей поверхности секций; в открытых испарителях — правильность циркуляции рассола и работу мешалок; в мокрых воздухоохладителях — работу форсунок и т. п. Периодичность осмотров определяется конструкцией аппаратов.

В кожухотрубных горизонтальных конденсаторах и испарителях нарушение циркуляции теплоносителя и выключение отдельных теплообменных труб происходят вследствие разрыва или неправильной установки прокладок под торцевыми крышками, или скопления под крышками воздуха.

Повседневно при осмотрах аппаратов проверяют толщину снеговой шубы на приборах охлаждения, степень загрязнения секций вертикально-трубных испарителей в открытых баках, интенсивность образования водяного камня на трубах оросительных и вертикальных кожухотрубных конденсаторов.

Периодически (один раз в 2 мес) проверяют толщину водяного камня на закрытых теплопередающих поверхностях конденсаторов и переохладителей, для чего вскрывают крышки или отсоединяют калачи этих аппаратов.

Загрязнённость аппаратов смазкой, уносимой в систему из компрессоров, проверяют путем пробного выпуска смазки. Контроль за общим количеством смазки, находящейся

в системе, осуществляют по специальному журналу, в который заносят сведения о расходе смазки и выпуске ее из аппаратов. На основании обобщения опыта эксплуатации установки разрабатывают календарные графики выпуска смазки из каждого аппарата, которые вывешивают в машинном зале для обслуживающего персонала.

Общая проверка качества работы теплообменных аппаратов осуществляется путем сопоставления фактических разностей температур между средами с расчетными. Увеличение фактической разности температур относительно расчетной свидетельствует о наличии неисправностей.

Защита аппаратов и трубопроводов от разрушения при замерзании теплоносителя в зимнее время осуществляется путем своевременного удаления последнего. Для удаления воды из трубопроводов, аппаратов и резервуаров предусматриваются спускные краны или резьбовые пробки.

Обслуживание рассольных систем заключается в уходе за приборами охлаждения, трубопроводами, центробежными насосами. Основной неисправностью рассольных систем является самопроизвольное прекращение циркуляции рассола в отдельных приборах или участках системы. Это явление может возникать по причинам, указанным ниже.

Не отрегулировано задвижками поступление рассола в приборы или участки системы. Все приборы охлаждения подключаются к магистральным трубопроводам трубами внутренним диаметром 50 мм, скорость движения рассола в которых незначительна. В зависимости от расстояния до центробежного насоса и длины шлангов батарей гидравлическое сопротивление отдельных участков оказывается неодинаковым; соответственно прекращают работу участки системы с наибольшим гидравлическим сопротивлением. Подача рассола регулируется задвижками на коллекторах или приборах охлаждения таким образом, чтобы достичь одинакового гидравлического сопротивления на всех параллельных действующих участках. Контроль осуществляется по интенсивности обмерзания трубопроводов и приборов охлаждения.

Скопление воздуха в магистральных или разводящих трубопроводах. Воздушные пробки создают в системе значительные гидравлические сопротивления, которые при параллельном включении приборов насосы не преодолевают. Поэтому магистральные и разводящие трубопроводы укладывают с подъемом 0,005 по ходу рассола, а в самых высоких точках трубопроводов монтируют устройства для выпуска воздуха — краны.

Снижение производительности рассольного насоса и соответственно падение давления в нагнетательном трубопроводе.

Засорение осадками коррозии и другими загрязнениями разводящих трубопроводов. Это явление наблюдается преимущественно в слабодействующих участках трубопроводов, где находящиеся во взвешенном состоянии частицы загрязнений могут отстаиваться.

Засорение заборных фильтров. В мокрых воздухоохладителях равномерность орошения фарфоровых колец и состояние фильтров проверяют ежедневно. Уровень рассола в баках открытых испарителей должен быть на 100 мм выше поверхности испарительных секций.

Во избежание замерзания рассола ежедневно проверяют его плотность по ареометру при 15 °С. Плотность должна соответствовать температуре замерзания для открытых испарителей, которая на 5 °С, а для закрытых — на 8 °С ниже рабочей температуры кипения.

Обслуживание градирен и охлаждающих прудов заключается в проверке работы и очистке водо-

распределительных устройств, форсунок, сопел и фильтров. При обслуживании градирен необходимо следить за правильной циркуляцией воздуха.

§ 27. ОБСЛУЖИВАНИЕ НАСОСОВ

В холодильных установках насосы применяют в схемах охлаждения конденсатора и компрессоров, а также для циркуляции хладоносителя в рассольных системах охлаждения (в основном центробежные насосы консольного типа, обозначаемые буквой К) и для подачи хладагента в систему охлаждения (герметичные насосы).

Особенность работы центробежных насосов всех видов состоит в том, что пуск их в работу может быть осуществлен после заполнения жидкостью полостей рабочего колеса и корпуса. Заметим, что насосы для жидкого хладагента устойчиво работают только при обеспечении подпора на стороне всасывания столба жидкого аммиака высотой не менее 1,5 м.

Высота всасывания у большинства центробежных насосов составляет 5—6 м. Наиболее целесообразно размещать насосы ниже уровня воды в резервуаре. При размещении насосов выше уровня воды в резервуаре (рис. 65) на всасывающем трубопроводе монтируется обратный клапан.

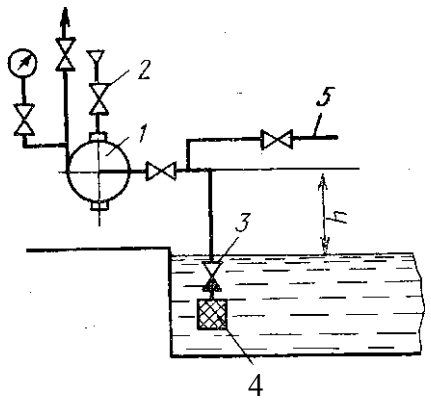


Рис. 65. Схема установки насоса выше уровня жидкости: *1* — насос; *2* — заливная воронка; *3* — обратный клапан; *4* — фильтр; *5*—водопровод

Центробежные насосы запускают с закрытой нагнетательной задвижкой и открытой всасывающей. После того как двигатель разовьет полную частоту вращения, медленно открывают нагнетательную задвижку во избежание гидравлического удара в нагнетательном трубопроводе или разрыва струи во всасывающем. Повышение давления контролируется по манометру. Перед остановкой насоса сначала закрывают задвижку на нагнетательном трубопроводе.

Уменьшение производительности насосов и снижение создаваемого напора могут происходить по следующим причинам: увеличение зазоров между уплотнительными кольцами рабочего колеса и корпуса вследствие их износа или неправильной сборки; разрушение лопастей рабочего колеса вследствие коррозии; смещение отверстий рабочего колеса относительно сборного канала улитки вследствие неправильной сборки; разрывы струи всасываемой жидкости в результате подсоса воздуха через неплотности всасывающего трубопровода или сальника вала (стрелка манометра резко колеблется); засорение отверстий рабочего колеса предметами, попадающими в жидкость из-за плохого состояния заборных фильтров.

Производительность насосов проверя-ют расходомером или по степени обеспечения потребителей нагнетаемой жидкостью. Повышение температуры корпусов водяных насосов или оттаивание инея на корпусах рассольных насосов свидетельствует о значительном снижении их производительности.

Повышенный расход электроэнергии может быть следствием большого гидравлического сопротивления в трубопроводах и соответственно увеличения количества нагнетаемой жидкости, а также наличия механических неисправностей: перекоса или сильной затяжки нажимной втулки сальника, трения рабочего колеса о корпус, перекоса или параллельного смещения осей валов насоса и двигателя и др.

§ 28. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ, АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Приборы и средства управления и защиты, установленные на холодильных установках, делят на две группы: работающие непрерывно и срабатывающие при аварийных оежимах.

К первой группе относятся регуляторы уровня, измерительные и сигнализирующие приборы и др. Их работу контролируют по периодическому срабатыванию. Профилактическая проверка осуществляется в соответствии с графиком планово-предупредительных осмотров. Приборы регулирования и измерения температуры (типа «Амур», ПТР, ТРДК и др.) проверяют 2 раза в год, приборы регулирования и измерения уровня жидкости в аппаратах (ПРУ-5, ПРУД, ТРВ, СВМ и др.) проверяют один раз в 2 мес.

Ко второй группе относятся приборы противоаварийной защиты и предупредительной сигнализации. Эти приборы срабатывают только при возникновении опасных режимов. При нормальной работе холодильных установок дать заключение об исправности этих приборов трудно. Периодическая проверка срабатывания приборов защиты производится в определенные сроки.- Световая сигнализация реле уровня на отделителях жидкости, промежуточных сосудах, испарителях и циркуляционных ресиверах проверяется ежедневно, в дневную смену. Срабатывание этих приборов проверяют каждые 10 дней, остальных приборов защиты (РКС, РД, ТР, РП)— один раз в месяц.

Проверку срабатывания приборов защиты и контроль правильности их настройки выполняют на работающем оборудовании с использованием контрольно-измерительных приборов, которые установлены на нем. Для обеспечения безопасности нельзя допускать переполнения испарительной системы жидким холодильным агентом.

Проверку на срабатывание остальных приборов защиты осуществляют согласно инструкций заводов-изготовителей с учетом особенностей данной холодильной установки.

Результаты проверки срабатывания средств автоматизации и защиты регистрируют в специальном журнале. Проведение работ должно контролироваться администрацией предприятия (начальником цеха, механиком, главным инженером).

§ 29. ОТТАИВАНИЕ БАТАРЕЙ И ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Нерегулярное оттаивание охлаждающих батарей приводит к чрезмерному нарастанию на них снега и льда, что может вызвать нарушение герметичности батарей и трубопроводов. Кроме того, из-за понижения температуры кипения, вызванного нарастанием снега и льда, происходит перерасход электроэнергии.

Для выполнения оттаивания перекрывают вентиль подачи жидкого агента в батарею / и вентиль удаления паров *3* (рис. 66). Подключают дренажный ресивер *ДР* к всасывающему трубопроводу, открыв вентиль *7,* и понижают в нем давление до давления всасывания, после чего вентиль 7 закрывают. Вентиль 7

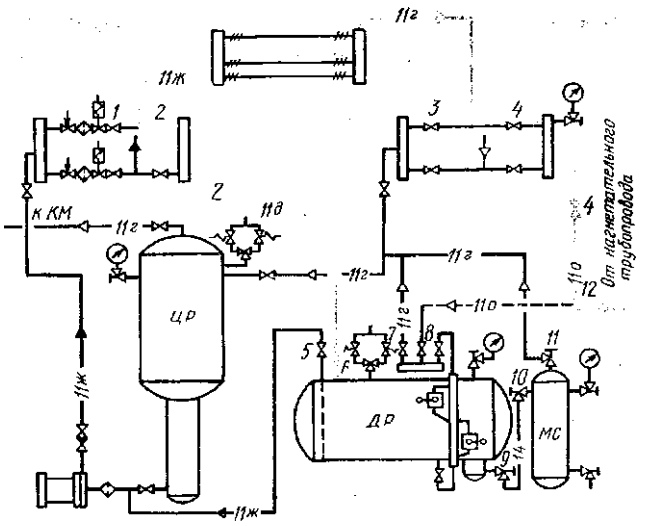


Рис. 66. Оттаивание батарей горячими парами аммиака:

/—12 — запорные вентили; *ЦР*—циркуляционный ресивер; *ДР* — дренажный ресивер; *МС* — маслосборник

открывают осторожно из-за возможного наличия в ресивере жидкого холодильного аммиака. При наличии в дренажном ресивере значительного количества жидкого аммиака его следует предварительно перепустить в испарительную систему. Оставшийся в батареях жидкий аммиак сливают в дренажный ресивер. Для этого открывают вентили *2* и *6*.

При невозможности слива жидкого аммиака из батареи самотеком открывают вентили *12* и *4* и выдавливают жидкий аммиак в ресивер. При этом давление в батарее не должно превышать 1 МПа, так как превышение указанной величины давления может привести к нарушению плотности батареи. После выдавливания аммиака вентили *4* закрывают и осторожно открывают вентиль 7 для понижения давления в ресивере. Вентиль 7 открывают медленно, так как в ресивере находится жидкий аммиак. После понижения давления в дренажном ресивере до давления всасывания вентиль *7* закрывают. Затем закрывают вентиль *6,* отсоединяя батарею от дренажного ресивера, и подают в освобожденную от жидкого аммиака батарею горячие пары аммиака, открыв вентили *4*. Подача горячего пара в батареи продолжается до тех пор, пока шуба не будет удалена полностью и наружные поверхности батарей не станут сухими. Одновременно с оттаиванием из батарей удаляется масло. Для полного удаления масла необходимы хороший прогрев батарей и достаточная продолжительность оттаивания.

Отдавая теплоту при оттаивании, горячие пары аммиака конденсируются, поэтому при отсутствии автоматических устройств на дренажной линии периодически в процессе оттаивания открывают вентиль *6* для выпуска из батарей конденсата. Для ускорения процесса оттаивания производят обметание поверхностей батарей. При обметании запрещается наносить удары по батареям.

После оттаивания батарей закрывают вентили *4,* медленно открывают вентиль *6* и после понижения давления в батареях открывают вентиль / на жидкостном трубопроводе. Перепуск жидкого аммиака из дренажного ресивера в испарительную систему производят только после оттаивания масла и выпуска его в маслосборник. После отстоя масла понижают давление в маслосборнике *МС,* открывая вентиль *11*. Когда давление в маслосборнике понизится, вентиль *11* закрывают и открывают вентили *9* и *10*. Выпустив масло из ресивера в маслосборник, вентили *9* и *10* закрывают.

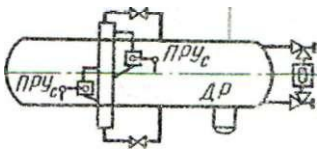
В приведенной схеме жидкий аммиак из ресивера удаляют насосом хладагента при открытом вентиле *5* (в безнасосных системах перепуск жидкого аммиака производят открытием вентилей *5 и 8 и* вентиля у регулирующей станции).

После освобождения ресивера от жидкого аммиака вентили *5* и *8* закрывают и понижают давление в ресивере до давления всасывания открытием вентиля 7. При достижении в ресивере давления всасывания вентиль 7 закрывают, затем закрывают вентили *2* и *12*.

Оттаивание воздухоохладителей производят аналогично оттаиванию батарей с предварительным отключением вентиляторов.

В том случае, если на дренажной линии предусмотрено автоматическое устройство, исключающее прорыв пара высокого давления из охлаждающих приборов, дренажный ресивер в течение всего времени оттаивания находится под низким давлением, что достигается непрерывным удалением из него пара в испарительную систему.

Рис. 67. Схема автоматизации дренажного ресиВеоа



jj o

H

II II IIII

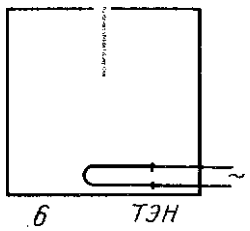


Рис. 68. Схема оттаивания рассольных батарей:

/ коллектор подачи • холодного рассола; *2* — коллектор подачи горячего рассола; *3* - коллектор возврата холодного рассола; *4* — коллектор возврата горячего рассола; *5* насос подачи горячего рассола; *б* — бак для подогрева рассола; 7 — бак для разведения рассола; *8* — насос холодного рассола

Р качестве автоматических устройств используют регулятор уровня высокого давления ПРУДВ или реле уровня ПРУ-5, управляющее соленоидным вентилем. На дренажном ресивере предусматривают реле уровня, сигнализирующее нижний и верхний предельный уровни жидкого хладагента (рис. 67). Реле ПРУДВ пропускает в ресивер только жидкий хладагент, предотвращая повышение давления в дренажном ресивере вследствие попадания паров высокого давления.

Оттаивание снеговой шубы с рассольных батарей производят подогретым рассолом. Для подогрева рассола в бак устанавливают термонагревательные элементы или в схеме предусматривают бойлер, в котором рассол подогревают паром или горячей водой. Схема оттаивания батарей дана на рис. 68. Циркуляция теплого рассола осуществляется рабочим насосом. На крупных холодильных установках с разветвленной сетью для системы оттаивания монтируют отдельные насосы. Циркуляция подогретого рассола продолжается до тех пор. пока поверхность батарей не станет СУХОЙ.

§ 30. ВЫПУСК МАСЛА ИЗ СИСТЕМЫ

Количество масла, уносимого из компрессора в систему, зависит от режима работы компрессора и его технического состояния. Наличие масла в теплообменных аппаратах ухудшает теплопередачу в них. Наиболее совершенные маслоотделители отделяют не более 80—90 % масла, уносимого из компрессора. Поэтому масло необходимо периодически удалять из аппаратов.

При постоянной работе холодильных установок периодичность выпуска масла из аппаратов следующая: из маслоотделителей каждые 5 дней; из промежуточных сосудов через 6 дней; из конденсаторов, линейных ресиверов, отделителей жидкости один раз в месяц; из охлаждающих приборов непосредственного охлаждения при каждом снятии снеговой шубы горячими парами холодильного агента.

Выпуск масла из аппаратов осуществляется только через маслосборники. Схема включения в систему холодильной установки представлена на рис. 69.

Для удаления масла необходимо: понизить давление

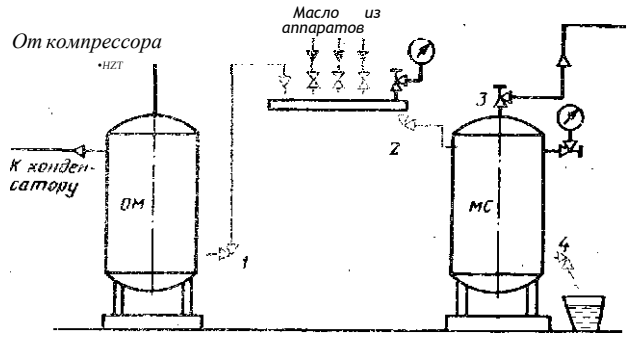


Рис. 69. Схема включения маслособирателя: *ОМ* — маслоотделитель; *МС* — маслособиратель; /4-4 — вентили

в маслособирателе до давления кипения хладагента; открыть вентили спуска масла из аппаратов и вентили заполнения маслособирателя и перепустить масло из аппарата в маслособиратель; отсосать из маслособирателя поступивший вместе с маслом аммиак через линию отсоса паров; удалить масло из маслособирателя в специальную емкость.

Наличие жидкого аммиака в маслособирателе определяют по обмерзанию корпуса при понижении в нем давления.

Выпуск масла из аппаратов, минуя маслособиратель, проводят на малых холодильных установках и при аварийном ремонте. Предварительно в несколько приемов отсасывают хладагент, находящийся в аппарате.. Масло из аппарата выпускают только в том случае, если давление в аппарате, близкое к атмосферному, не изменилось в течение 2—3 ч.

В хладоновых холодильных установках масло циркулирует вместе с хладоном. Замена смазки в них обычно проводится при среднем ремонте. Масло из аппаратов удаляют после многократного отсасывания хладона из него.

§ 31. ДОЗАРЯДКА МАСЛОМ И ХЛАДАГЕНТАМИ

Для смазки холодильных машин применяют специальные масла (табл. 6).

Все холодильные масла при выпуске с заводов-изготовителей снабжаются паспортом. Применять масло, не имеющее паспорта качества, не разрешается.

При работе часть смазки уносится из компрессора в систему. В связи с этим уровень масла в картере поршневого компрессора, в маслосборнике и маслоотделителе винтового и ротационного компрессоров понижается.

Причины повышенного уноса масла из поршневого компрессора: переполнение картера маслом, износ поршневой группы, плохая работа маслосъемных колец, высокое давление в системе смазки, вспенивание масла в картере" из-за попадания жидкого хладагента в картер, чрезмерно высокая температура нагнетания, неплотности в системе смазки.

В процессе эксплуатации масло загрязняется продуктами износа компрессоров, улетучиваются легкие фракции и увеличивается содержание смолистых веществ. Одним из основных признаков ухудшения качества масла является его потемне-

Таблица 6

Холодильный агент	Марка масла	Кинематическая вязкость при 50 °С, 10^{-6} м²/с	Кислотное число, мг КОН на 1 г	Температура, °С	
				вспышки в открытом тигле	застывания
Аммиак	ХА	S 1,5—15,5	0,10	160	- 4 0
	ХА-23	22—24	0,07	175	- 3 8
	ХА-30	28—32	0,07	185	- 3 8
	ХА-34	33—35	0,07	180	- 3 4
R12	ХФ-12-18	28	0,03	160	- 4 0
	ХФ-22-24	24,5—28,4	0,05	125	- 5 5
R22	ХФ-22С 16	16	0,35	225	- 5 8

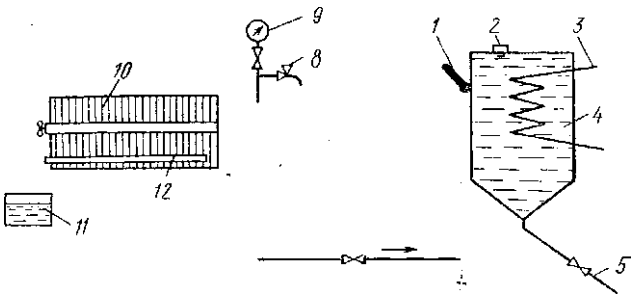


Рис. 70. Схема установки регенерации масла: / — термометр; *2* — отверстие для заливки масла; *3* — змеевик для подогрева масла; *4* — отстойник; 5 — спуск загрязнений; *6* — электродвигатель; 7 — шестеренчатый насос; *8* — пробный кран; *9* — (мнометр; *10*—фильтр-пресс; // — приемная емкость; *12* — сливной желоб

ние. В связи с дефицитностью масел при заполнении картера маслом к свежему разрешается добавлять до 35—40 % отработавшего масла, подвергнутого регенерации. Схема установки регенерации масла представлена на рис. 70.

Для отстаивания примесей масло подогревают до 70—80 °С. Масло при этом обезвоживается, снижается его вязкость, что способствует выпадению взвешенных в масле частиц. Фильтрация осуществляется при принудительном протекании масла через фильтр-пресс, между пластинами которого заложено фильтрующее сукно.

Добавление масла в систему. Для добавления масла в компрессоры средней и крупной производительности целесообразно использовать централизованную систему. Эта система не только облегчает труд обслуживающего персонала, но и обеспечивает чистоту масла, подаваемого в компрессор. Заполняют картер через угловой вентиль с помощью шестеренчатого насоса. Контроль осуществляют визуально по смотровому стеклу.

При отсутствии центральной системы смазки заправка картеров маслом осуществляется вручную через наполнительный вентиль. На штуцере вентиля закрепляют шланг, свободный конец которого опускают в емкость с маслом. Прикрывают всасывающий вентиль компрессора, а когда давление в картере становится ниже атмосферного, открывают наполнительный вентиль. При этом необходимо следить, чтобы свободный конец не оголился и не произошел подсос воздуха в картер компрессора. Картеры мелких хладоновых установок заполняют маслом через тройник всасывающего вентиля.

Масла должны храниться в закрытой таре, исключающей попадания загрязнений и влаги. При хранении хладонового масла в открытой таре оно способно поглощать до 1 % влаги по массе.

Добавление хладагента в систему. Недостаток хладагента в системе обнаруживают по отклонениям от оптимального режима: понижается температура кипения с одновременным возрастанием разности температур между температурой кипения и температурой всасывания; при значительном недостатке понижается и температура конденсации. В линейном ресивере постоянно держится низкий уровень жидкого хладагента, при прохождении хладагента через регулирующий вентиль улавливается характерный шелестящий звук движения пара.

Порядок пополнения системы хладагентом изложен далее.

§ 32. УДАЛЕНИЕ ИЗ СИСТЕМЫ ВОЗДУХА И ВЛАГИ

Удаление воздуха из систем. В системы холодильных установок воздух попадает главным образом во время монтажа и ремонта, а также при вскрытии компрессора и аппаратов для осмотра. При работе испарительной системы с давлением ниже атмосферного возможен подсос воздуха через неплотности. Наличие его в системе холодильной установки заметно ухудшает работу холодильных установок из-за повышения давления конденсации, что снижает холодопроизводительность компрессора, увеличивает удельный расход электроэнергии.

Давление в конденсаторе склады-

вается из парциальных давлении заполняющих его газов (хладагента, воздуха и др.), т. е. $p_к = p_а + p_в$. Парциальное давление хладагента зависит от температуры среды, охлаждающей конденсатор, а парциальное давление воздуха возрастает с увеличением его массы в системе.

Второй причиной повышения давления конденсации при наличии воздуха в системе является то, что у теплопередающей поверхности образуется прослойка из неконденсирующихся газов, затрудняющая теплопередачу, что и приводит к повышению давления конденсации.

Простейший, но и самый неэкономичный способ удаления воздуха из системы заключается в том, что при остановленном компрессоре через конденсатор в течение 2—3 ч пропускают воду, а затем через воздухоспускной клапан удаляют воздух через сосуд с водой. Но при этом способе теряется большое количество хладагента и расходуется вода.

Аммиачные и хладоновые холодильные установки средней и большой производительности снабжаются воздухоотделителями.

Автоматические отделители воздуха типа АВ-4 (рис. 71) конструкции ВНИКТИхолодпрома устойчиво работает при температурах кипеьия ниже — 20 °С. При более высоких температурах кипения используют двухтрубный воздухоотделитель типа «труба в трубе» (рис. 72). Принцип их работы подробно изложен в курсе «Холодильно-компрессорные машины и установки». Выпуск воздуха производится в сосуд, с водой.

9 **Удаление влаги из систем** хладоновых **установок.** Влага, попадающая в хладоновую систему в связи с нерастворимостью в хладонах, при отрицательных температурах замерзает и закупоривает фильтры перед ТРВ, СВ, а также сами дросселирующие органы. Для сушки хладонов на жидкостном трубопроводе устанавливают фильтр-осушитель, заполненный силика-

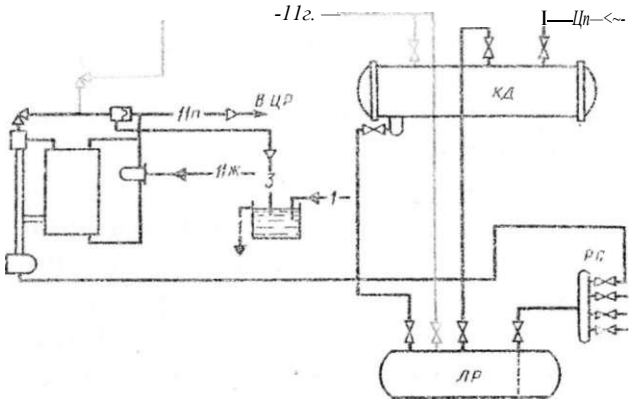


Рис. 71. Схема включения воздухоотделителя АВ-4

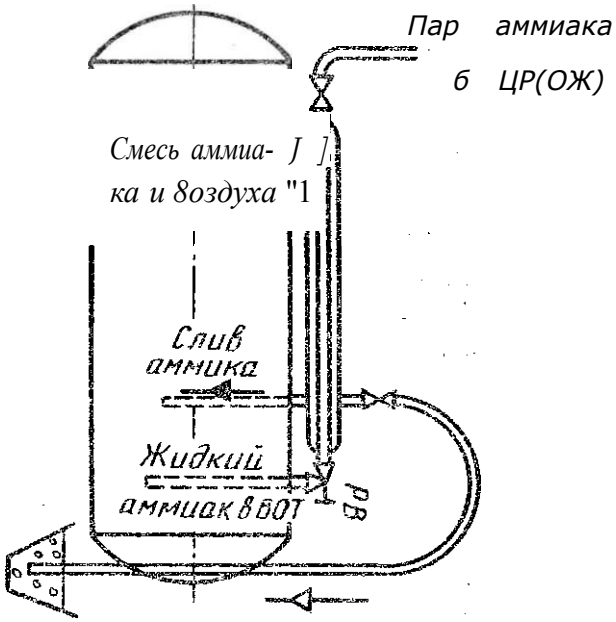


Рис. 72. Схема включения воздухоотделителя типа «труба в трубе»

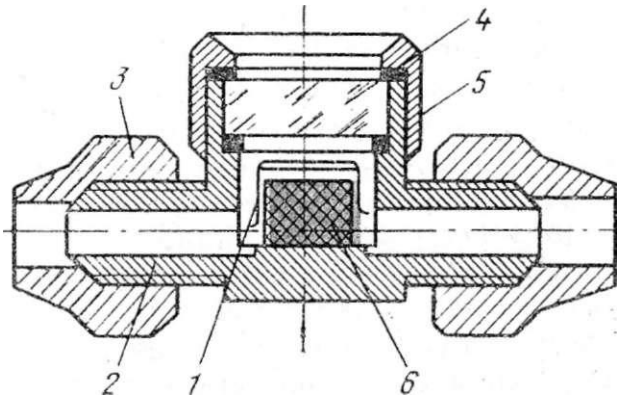


Рис. 73. Индикатор влажности:

1 — влагочувствитсльный элемент; *2* — корпус; *3, 5* — накидные гайки; *4* — смотровое стекло; *6* — капроновый вкладыш

гелем марки ШСМ или цеолитом марки А-2К.Т. При прохождении жидкого хладона через адсорбент влага, содержащаяся в хладоне, поглощается.

Применение силикагеля в качестве адсорбента не всегда дает хорошие результаты, так как его эффективность заметно снижается при повышении температуры, что отрицательно сказывается при работе установок в южных районах.

Цеолиты обладают повышенной влагоемкостью (18 % по массе) и прочностью, поэтому их применение предпочтительнее.

Для определения наличия влаги в системе (а также при необходимости смены адсорбента в фильтре-осушителе на жидкостном трубопроводе) в хладоновых холодильных установках используют индикатор влажности типа ИВ-7 (рис. 73). Принцип его действия основан на изменении окраски солей кобальта в зависимости от степени гидратации. При наличии излишнего количества влаги в системе цвет индикатора из синего постепенно переходит в голубой, а затем в розовый, что и служит сигналом о наличии влаги в системе.

Насыщенные влагой адсорбенты подвергают регенерации. Силикагель регенерирует продувкой через него воздуха температурой около 200 °С в течение б—8 ч. Цеолиты регенерируют также продувкой воздухом температурой 400—450 °С.

§ 33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УТЕЧЕК ХЛАДАГЕНТА

Утечки хладагента приводят к росту эксплуатационных расходов и, кроме того, небезопасны для обслуживающего персонала.

Определение мест утечки аммиака. Для определения мест утечки аммиака применяют обмыливание и проверку с помощью индикаторной бумаги высокой и средней чувствительности.

Индикаторную бумагу высокой чувствительности изготовляют путем погружения полосок фильтровальной бумаги в раствор, состоящий из 100 см° спирта-ректификата, 20 см³ глицерина и 0,2 г фенолрота. Бумагу, пропитанную раствором, высушивают и хранят в герметичной упаковке. По мере надобности используют отдельные полоски для определения мест утечки аммиака. При наличии в воздухе аммиака полоска краснеет. Для приготовления индикаторной бумаги средней чувствительности полоски пропитывают 1 %-ным раствором фенолфталеина в спирте-ректификате.

Серьезное внимание следует уделять проверке плотности конденсаторов и испарителей. В процессе эксплуатации могут появляться неплотности в местах развальцовки труб в трубных решетках, а также свищи и трещины труб. При этом необходимо учитывать, что рассольные и водяные насосы создают давление воды или рассола 0,3—0,5 МПа. В конденсаторах при низком давлении конденсации и особенно в испарителях в этих случаях происходит проникновение воды (рассола) в хладагент. Известны случаи, когда при невнимательном отношении обслуживающего персонала к своим обязанностям трещины труб в конденсаторе приводили к потере всего хладагента, снижению давления в системе хладагента и проникновению в нее большого количества воды. На аммиачных холодильных установках плотность конденсаторов и испарителей проверяют не реже одного раза в месяц путем определения наличия аммиака в охлаждающей воде или рассоле. Пробу воды для анализа отбирают через 4—б ч после остановки накосов.

Присутствие аммиака в воде или рассоле определяют с помощью реактива Несслера. Для проведения анализа в колбу берут 250 см³ рассола или циркуляционной воды из конденсатора. Если рассол кислый, в него добавляют едкий натр или гашеную известь. Колбу соединяют по паровой части с сосудом, охлаж-

/"\даемым водой, и нагревают. При ртом пар кипящей жидкости конденсируется в охлаждаемом сосуде и /образует отгонную часть. К 5 см³ отгонной части добавляют 1,2 см³ реактива Несслера. При концентра- I ции аммиака в исследуемой жидкости выше 0,01 % выпадает красно-бурый осадок. Реактив Несслера следует хранить в хорошо закупоренном сосуде, защищая его от действия аммиака.

Если реактив Несслера отсутствует, то можно воспользоваться индикаторной бумагой высокой чувствительности, которая окрасится в красный цвет, если ее опустить в исследуемую жидкость (при этом 1вода и рассол не должны быть кислыми, а в рассол не должна добавляться щелочь) или поднести к струе пара, получаемого при кипячении исследуемой жидкости,

в Определение мест утечки хладона. Для определения мест утечки в хладоновых холодильных установках применяют следующие основные способы: обмыливание; с помощью галоидных ламп и галоидных течеискателей. Наиболее простой и надежный, но трудоемкий способ — обмыливание проверяемых мест мыльным раствором с добавлением глицерина. Место утечки обнаруживают по появлению пузырьков. Место утечки хладона можно определить по появлению масляных пятен и подтеков. Проверяемые места предварительно очищают от масла растворителем. Однако при сложной конфигурации узла и наличии большого количества уплотнений проверка длительна и малоэффективна.

Наиболее часто определение мест утечки хладона осуществляют с помощью пропановых галоидных ламп (рис. 74). Метод проверки основан на изменении цвета пламени сгораемого топлива. При отсутствии в воздухе паров хладона пламя отрегулированной лампы имеет светло-голубой цвет.

Струя топлива, вытекающая из сопла лампы, создает разрежение в инжекционной камере, в которую

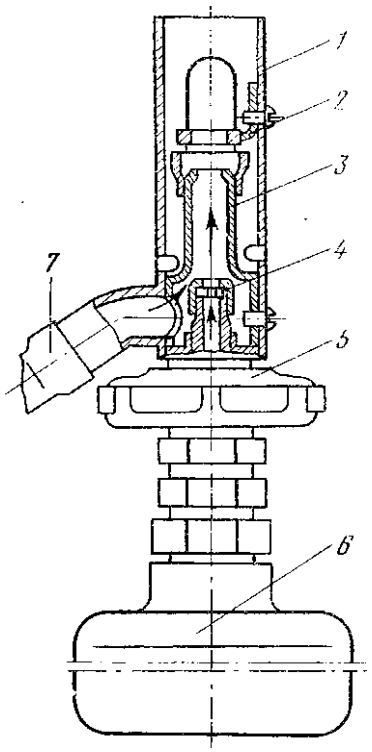


Рис. 74. Пропановая галоидная .лампа: / — корпус горелки; 2 — красно-медная насадка: *3* — инжектор; *4* — сопло; *5* — маховик вентиля; *6* — баллон; 7 — шланг

через резиновый шланг подсасывается воздух. Смесь топлива и воздуха поступает через инжектор в корпус горелки и сгорает, нагревая до темно-красного цвета медную насадку. Если в воздухе, поступающем вместе с топливом в корпус горелки, имеется пар хладона, то при температуре 600—700 °С хладон разлагается с образованием хлористого и фтористого водорода. В присутствии раскаленной меди эти газы окрашивают пламя в зеленоватый цвет и увеличивают его высоту. При концентрации хладона в воздухе около 0,1 % по объему цвет пламени становится темно-зеленым, при концентрации около 1 %— зелено-синим. Более высокие концентрации хладона вызывают ярко-голубой цвет пламени и приводят к временной потере чувствительности лампы к низким концентрациям. При значительной утечке выделяется дым и пламя гаснет. Порог чувствительности пропановой галоидной лампы 5—7 г в год.

Более точным способом является определение мест утечек с помощью

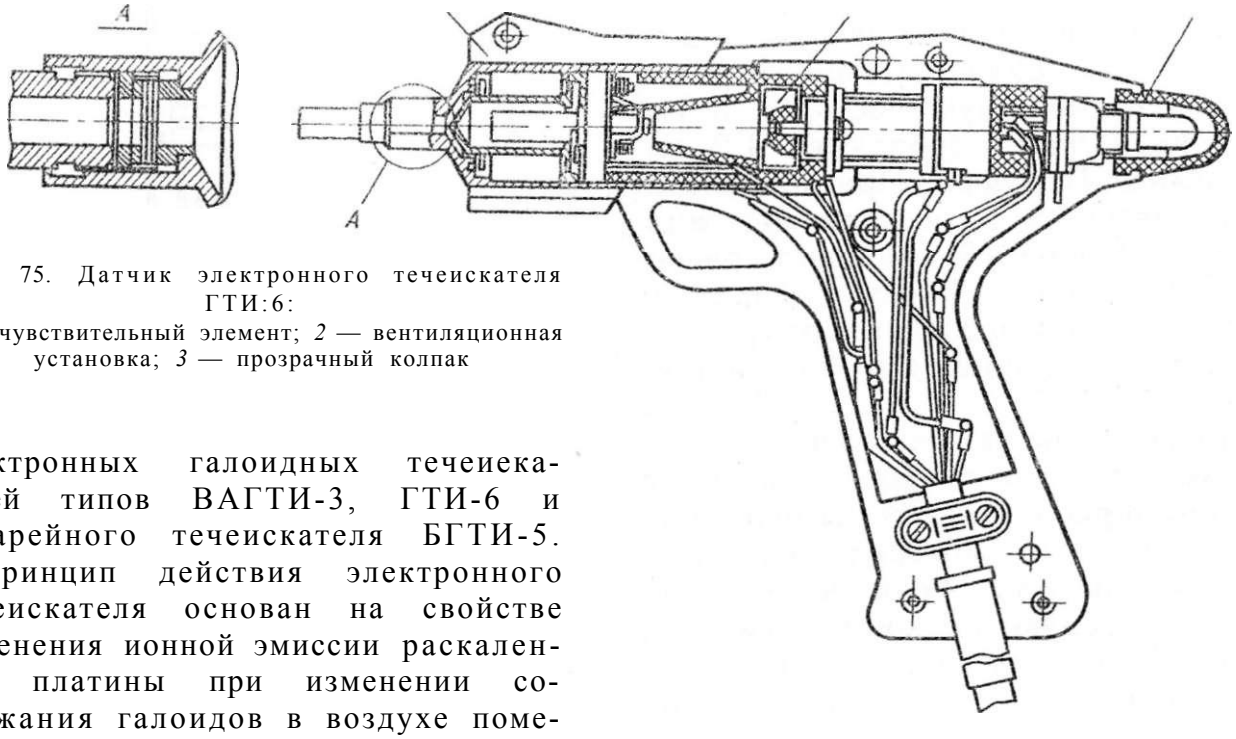


Рис. 75. Датчик электронного течеискателя ГТИ:6:
/ чувствительный элемент; *2* — вентиляционная установка; *3* — прозрачный колпак

электронных галоидных течеиекателей типов ВАГТИ-3, ГТИ-6 и батарейного течеискателя БГТИ-5.

Принцип действия электронного течеискателя основан на свойстве изменения ионной эмиссии раскаленной платины при изменении содержания галоидов в воздухе помещения. Через платиновые электроды атмосферного датчика течеискателя (рис. 75), нагретые до 800—900 °С, вентилятором прогоняется воздух, забираемый в месте предполагаемой утечки хладона. При прохождении воздуха с паром хладона в межэлектродном пространстве датчика возрастает ионная эмиссия с поверхности платины и в цепи миллиамперметра увеличивается ток. Токовый сигнал усиливается в усилителе и поступает в индикатор, который обеспечивает световую индикацию сигнала неоновой лампой и акустическую сигнализацию громкоговорителем. При наличии утечки хладона отклоняется стрелка амперметра и загорается неоновая лампа, а в громкоговорителе прослушиваются щелчки определенной частоты, которая зависит от концентрации хладона в воздухе.

Электронные течеискатели являются надежными приборами для определения мест утечки хладона. Для поддержания постоянной герметичности хладоновых систем на средних и крупных установках необходим еженедельный полный контроль плотности соединений установок. Электронный течеискатель облегчает контроль плотности соединений, так как в отличие от галоидной лампы не требует постоянного внимания и имеет высокую чувствительность. Максимальная чувствительность прибора ГТИ-6 к утечкам хладона 0,2 г в год. Чувствительность прибора можно уменьшить, установив тумблер на регистрирующем блоке в соответствующее положение.

При определении мест утечки хладона галоидными лампами и течеискателями помещение предварительно вентилируют, во время проверки в помещении не должно быть сильных потоков воздуха.

С помощью стационарных газоанализаторов контролируют состав воздуха в машинных, аппаратных и производственных помещениях, а также в камерах замораживания и хранения. Принцип действия газоанализатора основан на сравнении поглощения инфракрасного излучения в камерах с анализируемым и эталонным газами.

§ 34. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И УЧЕТ

Суточный журнал. Учет работы холодильного оборудования производится путем систематических записей в суточном журнале работы машинного отделения. Форма типового суточного журнала приводится в приложении.

на быть более 3 м. Если потребуется подъем выше 3 м, то необходимо монтировать вторую петлю, но следует учитывать, что холодопроизводительность установки от этого понижается.

В хладоновых холодильных машинах производительностью до 4 кВт трубопроводы выполняют в основном из красно-медных труб, обычно поставляемых в комплекте с машиной. Соединение трубопроводов с компрессором, аппаратами, приборами и между собой производится с помощью накидных гаек, прижимающих отбортованный конец трубки к штуцеру.

Если расстояние между компрессорным агрегатом и камерой окажется таким, что трубок, поставляемых с агрегатом, не хватает, то разрешается добавлять до 50 % труб того же размера и качества. Перед применением новые трубы отжигают, промывают бензином и высушивают при 120 °С в течение 24 ч.

При необходимости концы трубок соединяют пайкой с применением припоя Пср-45 с флюсом 209 или с помощью медно-фосфорного припоя МФ-3.

Если агрегаты устанавливают на виброизоляционных фундаментах, то вблизи компрессора обязательно предусматривают компенсаторы хладоновых трубопроводов — всасывающего и жидкостного. Компенсаторы изготовляют в виде 2—3 витков трубопровода в горизонтальной плоскости с уклоном по направлению движения хладона в них.

Терморегулирующие вентили рекомендуется располагать в камерах. При этом термочувствительный патрон должен быть прикреплен к всасывающему трубопроводу после испарительных батарей, на расстоянии не более чем 1,5 м от корпуса терморегулирующего вентиля. Допускается расположение терморегулирующего вентиля и за пределами камер, но при этом необходимо изолировать место крепления термочувствительного патрона и трубку между вентилем и камерой. Термочувствительный патрон можно прикреплять и к вертикальным участкам всасывающего трубопровода; в этом случае конец патрона должен быть обращен книзу.

Вакуумирование испарительной системы холодильных агрегатов, поступающих на монтаж заряженными хладоном, производится при закрытых запорных вентилях — жидкостном и нагнетательном. При этом пары хладона выбрасываются компрессором наружу через тройник нагнетательного вентиля с надетой на него резиновой трубкой. При этом всасывающий вентиль компрессора и проходные отверстия у ТРВ полностью открывают. Чтобы масло, содержащееся в удаляемом воздухе, не разбрызгивалось и не загрязняло машину и помещение, свободный конец резиновой трубки помещают в стеклянную банку. Если во время вакуумирования системы через резиновую трубку будет выходить воздух, это будет свидетельствовать о неплотности вакуумируемой системы. Неплотности устраняют, уплотняя все соединения до тех пор, пока не прекратится выход воздуха из резиновой трубки.

После отсасывания воздуха в течение 30 мин открывают на 2—3 с жидкостный вентиль агрегата и продувают систему парами хладона, перепускаемыми из конденсатора, вновь вакуумируют систему в течение 30 мин, еще на 2—3 с открывают жидкостный вентиль и продувают систему парами хладона. Вакуумирование прекращают, резиновую трубку со штуцера нагнетательного вентиля снимают, а на этот тройник ставят манометр.

На тройник всасывающего вентиля устанавливают мановакуумметр и, открывая жидкостный вентиль, создают в испарительной системе избыточное давление, равное давлению насыщенных паров при окружающей температуре. При этом давлении галоидной горелкой или галоидным течеискателем проверяют герметичность всех соединений. В

местах, где обнаруживают утечки хладона, подтягивают накидные гайки и заменяют прокладки. Эти операции проводят только после отсасывания хладона из системы до избыточного давления 0,01 — 0,02 МПа. После устранения неплотностей в соединениях вновь создают давление в системе, повторно проверяют соединения и продувают систему парами хладона.

~ Некоторые холодильные агрегаты поступают на монтаж не заряженными хладоном. В этом случае их заполняют хладоном при монтаже. Перед вакуумированием этих агрегатов к тройнику всасывающего вентиля подсоединяют баллон с хладоном, установленный вентилем вверх. Вакуумирование осуществляют при открытых всасывающем и жидкостном вентилях и закрытом нагнетательном вентиле с надетой на него резиновой трубкой. При достижении в системе остаточного давления 40—100 Па закрывают всасывающий вентиль, приоткрывают вентиль на баллоне с хладоном и продувают компрессор парами хладона. С тройника нагнетательного вентиля снимают резиновую трубку, штуцер закрывают заглушкой, а нагнетательный вентиль - открывают. Открывают вентиль баллона и перепускают хладон во всю систему, создавая избыточное давление 0,05 МПа. Отпустив накидную гайку на штуцере всасывающего вентиля, продувают систему. Продувку повторяют два-три раза. Затем вновь проверяют герметичность соединений и оставляют систему под давлением на сутки. Система считается проверенной на герметичность и готовой к заполнению хладоном, если ни в одном из соединений не обнаружены утечки и давление не снизилось за время испытания.

Систему заполняют хладоном через всасывающий вентиль. Баллон устанавливают вентилем вниз и с помощью медной трубки• присоединяют вентиль баллона к одному штуцеру всасывающего запорного вентиля, а мановакуумметр — к другому. На тройнике нагнетательного вентиля устанавливают манометр. Испарительную систему заполняют хладоном через цеолитовый осушитель при неработающем компрессоре. После того как в испарительной системе установится избыточное давление 0,4 МПа при зарядке хладоном-12 и 0,6 МПа при зарядке хладоном-22, вентиль на баллоне закрывают и включают компрессор в работу на отсос паров из испарительной системы; при этом все вентили машины открывают, кроме запорного жидкостного вентиля у ресивера.

При снижении избыточного давления паров в испарителе до нуля останавливают компрессор и, открывая вентиль на баллоне, добавляют в испаритель следующую дозу хладона. Зарядку системы хладоном производят за два-три раза. При этом следует подавать воду в кожухотрубные конденсаторы или включать вентилятор у секционных конденсаторов воздушного охлаждения. Количество заряжаемого хладона должно строго соответствовать количеству, указанному в инструкциях. По правилам охраны труда зарядку следует проводить в защитных очках. После заполнения системы хладоном приступают к пусконаладочным работам. Обеспечивают подачу на конденсаторы воды или воздуха и пускают компрессор в работу при полностью открытых запорных вентилях компрессора, ресивера и при частично открытых ТРВ. После достижения проектных температур в камерах настраивают приборы автоматики (реле давления, температуры и др.). Требуемые параметры на приборах выставляют в зависимости от применяемого холодильного агента и температуры в охлаждаемом объекте и приступают к пробной работе холодильной установки.

В первые минуты и часы работы установки следят за тем, чтобы уровень масла в компрессоре был не ниже 2/3 высоты смотрового стекла (нормальный уровень). Если уровень

масла снижается, то останавливают компрессор и выясняют причину остановки.

Если испарительная система включает большое количество испарителей, разрешается дополнительно зарядить компрессор небольшим количеством сухого масла (половина дозы зарядки), проверенного в лаборатории и хранящегося в герметичном сосуде.

Дополнительную зарядку компрессора маслом проводят через отверстие с пробкой в картере при закрытых всасывающем и нагнетательном вентилях компрессора после снижения давления паров в картере до 0,01 МПа.

При монтаже и испытании установок могут быть обнаружены неисправности и неполадки в работе машин. В пусковой период основными неполадками являются засорение фильтров (терморегулирующего вентиля, жидкостного и грязевого на всасывающей стороне), замерзание влаги в терморегулирующем вентиле и утечка хладона.

При устранении неполадок приходится вскрывать систему для замены фильтров, установки осушителя и пр. При этом во всех случаях давление на вскрываемых участках должно быть снижено до 0,01—0,02 МПа, а сам вскрываемый участок должен быть перекрыт с двух сторон. Вместо засоренного фильтра немедленно устанавливают новый. Если требуется промыть фильтр, открытые трубки на это время должны быть заглушены пробками. Участки трубопроводов и аппараты, температура которых ниже температуры окружающей среды, нельзя вскрывать, так как на них немедленно будет конденсироваться и выпадать влага из воздуха. Все места разъемов тщательно вытирают.

После устранения всех неполадок, обеспечения возврата масла и устранения замерзания влаги приступают к предварительному регулированию приборов автоматики. Окончательное регулирование проводят при обеспечении проектного режима работы установки и проектных температур в камерах.

§ 6. МОНТАЖ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 4—20 КВт

Технические условия на поставку оборудования. Холодильные машины производительностью от 4 до 20 кВт поставляются заводами-изготовителями в виде компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующего агрегатов со щитами управления и сигнализации в полностью собранном виде. Внутренние полости машин и аппаратов после промывки и осушки испытывают на герметичность и заполняют сухим инертным газом. Поставляют агрегаты с закрытыми запорными вентилями и запломбированными штуцерами.

После прибытия оборудования на место монтажа проверяют его комплектность, состояние, наличие запасных частей, инструмента и сопроводительной документации. Затем все части машины очищают от наружной защитной смазки. Агрегаты устанавливают на фундаменты, выверяют по уровню или отвесу и закрепляют болтами. Навешивают и закрепляют охлаждающие приборы (батареи и воздухоохладители). Устанавливают и закрепляют вспомогательные аппараты, приборы автоматики и прочее оборудование, поставляемое отдельно. Изготовляют, подгоняют по месту и монтируют жидкостные, газовые, манометровые и вспомогательные трубопроводы. Устанавливают щиты управления и сигнализации. Монтируют электропровод к компрессору. Подключают к щитам приборы автоматики.

При монтаже холодильных установок с разветвленной системой непосредственного охлаждения камер необходимо учитывать высокую текучесть хладонов и поэтому сборку (сварку) всех соединений производить строго по техническим условиям.

По окончании монтажа систему испытывают на плотность. Хладоновую систему проверяют на плотность избыточным давлением, вакуумированием и хладоном.

Испытание на плотность избыточным давлением. Эти испытания проводят азотом или сухим воздухом (осушенным до температуры точки росы − 50 °С). Перед испытаниями снимают предохранительные клапаны и на их место ставят заглушки. Затем открывают запорные вентили, в том числе и соленоидные, снимают крышки с конденсаторов и испарителей. Баллоны подключают к системе через редуктор.

Испытания начинают с заполнения системы азотом (воздухом) до давления 1 МПа. Систему выдерживают при этом давлении и проверяют, нет ли утечек газа через неплотности. Если обнаружены крупные утечки (слышен характерный звук выходящего газа), заполнение системы азотом прекращают, сбрасывают давление, устраняют неисправность и вновь заполняют систему азотом, постепенно повышая давление до 1 МПа.

Для контроля утечек сварные, штуцерные, ниппельные, фланцевые соединения и трубные решетки обмыливают. Место течи отмечают мелом. После завершения осмотра сбрасывают давление. Для устранения течи подтягивают гайки, заменяют прокладки, делают переборотовку концов медных труб, подварку сварных швов, подвальцовку труб. Применять чеканку для устранения утечек в сварных швах запрещается. После устранения неисправностей испытания и осмотр повторяют.

При отсутствии видимых утечек систему оставляют под давлением на 24 ч. Контрольную отметку давления производят через 6 ч. В последующие 18 ч падения давления не допускается (за исключением изменения давления, связанного с изменением температуры окружающей среды). При удовлетворительных результатах испытания на плотность сбрасывают давление и систему подвергают испытаниям на вакуумную плотность.

Испытание на вакуумную плотность. Такие испытания проводят вакуумированием системы вакуум-насосом до остаточного давления 1,3 кПа. После этого продолжают вакуумирование системы еще в течение 3—4 ч для испарения и удаления водяных паров. Систему оставляют под вакуумом на 24 ч. Давление за это время не должно повыситься более чем на 1,3 КПа. Если давление все же повысится более чем на 1,3 кПа, то повторяют испытания на плотность, устраняют утечки и вновь проводят испытания на вакуумную плотность. После завершения испытаний на вакуумную плотность проводят испытания на плотность хладоном.

Испытание на плотность хладоном. Эти испытания проводят, заполняя систему газообразным хладоном от баллона, установленного вентилем вверх. Температура в помещении должна быть не ниже 15—20 °С. Заполнение системы продолжают до тех пор, пока давление в ней не повысится до 0,3 МПа. По окончании заполнения системы баллон отсоединяют, перекрыв соответствующие вентили.

Все соединения, сальники, сварные швы, предохранительные клапаны и вентили проверяют на отсутствие утечек хладона с помощью галлоидных ламп или электронных течеискателей. При обнаружении неплотностей в соединениях разрешается лишь незначительное подтягивание болтов или накидных гаек и сальников в целях устранения течи.

Если устранить течь хладона под давлением невозможно, то сбрасывают давление из предварительно отключенного вентилями участка системы, а если это невозможно, то откачивают хладон до атмосферного давления в баллоны. После устранения течи цикл испытаний повторяют. Систему выдерживают под давлением хладона в течение 24 ч. Во все время испытаний контролиру-

ют давление хладона в системе и температуру окружающей среды. Падение давления не допускается, за исключением изменения давления, вызванного понижением температуры окружающей среды. После проверки на герметичность систему холодильной установки заправляют маслом и хладоном.

Заправка маслом и хладоном. Количество масла и хладона, заправляемого в систему холодильной установки, указано в инструкции завода-изготовителя или в проекте на холодильную установку.

Масло заправляют в систему через испаритель, предварительно отвакуумированный. Вакуумирование осуществляют следующим образом: открывают всасывающий и нагнетательный вентили компрессора, закрывают жидкостный вентиль на конденсаторе и отсасывают хладон из испарителя до тех пор, пока в нем не установится давление ниже атмосферного. Заправку маслом осуществляют через манометровый (или грязеспускной) вентиль испарителя. Маслозаправочный трубопровод опускают под уровень масла и при заправке следят за тем, чтобы при опорожнении емкости с маслом или ее смене не произошло подсоса воздуха в систему.

Зарядку системы хладонами проводят из баллонов. При давлении в системе ниже 0,30 МПа зарядку системы начинают паром хладона от баллонов, установленных вентилем вверх. При давлении в испарительной системе выше 0,35 МПа зарядку осуществляют жидким хладоном из баллонов, установленных вентилем вниз. При зарядке системы баллоны устанавливают на специальной подставке на платформу весов.

В тот момент, когда давление в системе становится выше 0,5 МПа, включают компрессор и отсасывают хладон из испарительной системы. По окончании заправки системы маслом и хладоном включают холодильную установку для проверки работоспособности всех систем.

Перед пуском установки проводится настройка приборов автоматического управления и защиты по данным проекта или инструкции завода-изготовителя. После настройки всех приборов и получения в охлаждаемых помещениях- расчетных температур установка должна проработать не менее трех суток под наблюдением представителей монтажной организации. Если результаты сдаточных испытаний положительные, составляют акт о передаче холодильной установки в эксплуатацию.

§ 7. МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ, МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Приемка оборудования в монтаж. Принимая оборудование в монтаж, его распаковывают, осматривают и проверяют на соответствие проекту, комплектность и исправность. При отсутствии видимых дефектов оборудование считают исправным. Если оборудование исправно, то составляют приемо-передаточный акт и передают оборудование монтажной организации.

В акте приводится подробный перечень оборудования, дата нос тупления на склад заказчика, подтверждается его комплектность и дается заключение о пригодности оборудования для монтажа.

Если в ходе приемки оборудования в монтаж обнаруживают дефекты конструктивного или производственного характера, то предъявляют рекламацию заводу-изготовителю.

Ревизия оборудования. Ее назначение определить исправность оборудования, поступающего в монтаж. Перед ревизией оборудование распаковывают, очищают от пыли и грязи и раеконсервировывают. В зависимости от сроков и условий хранения ревизия может быть полной и неполной. Если при хранении были нарушены технические условия заво; да-изготовителя или оборулование будет монтироваться после 6 мес хранения на складе, то проводят полную

ревизию, т. е. разборку всех деталей и узлов, их промывку, проверку.

Если нарушений при хранении не было и оборудование хранится менее 6 мес, то проводят неполную ревизию, при которой проверяют состояние основных узлов.

Компрессоры, насосы, вентиляторы и другое оборудование, поступающее в монтаж в собранном виде, подвергают ревизии после установки на фундамент. Оборудование, поступающее заполненным паром азота или хладона, ревизии не подлежит, так же как и машины, поступающие в монтаж с опломбированными вентилями.

Консервирующая смазка удаляется с поверхности оборудования с помощью растворителей (керосин, уайт-спирит, соляровое масло). Разрешается удаление смазки и механическим путем с помощью скребков из дерева, алюминия или меди. После удаления смазки поверхности оборудования протирают тряпками. К ревизии приступают после того, как завершены отделочные работы и выполнены чистые полы, застеклены окна и навешены двери.

При ревизии машин необходимо обратить внимание на состояние рабочих поверхностей цилиндров, поршней, поршневых пальцев, шеек валов, подшипников, клапанов, сальников, роторов.

При обнаружении коррозии, рисок или задиров их устраняют шабровкой, шлифовкой или притиркой. Подлежат промывке масляные фильтры и маслопроводы.

Сборку узлов и деталей необходимо вести в строгой последовательности, в соответствии с документацией завода-изготовителя. Обязательно подлежат проверке зазоры в подшипниках, величина линейного вредного пространства в цилиндрах, плотность клапанов и сальников.

Ревизию вертикальных компрессоров со сроком хранения менее 6 мес разрешается проводить и без вскрытия компрессоров, но практика показывает, что ревизию механизма движения и клапанов необходимо проводить и в этом случае, так как возможно их повреждение при транспортировке.

Ревизия без вскрытия оборудования входит в обязанности монтажной организации. Ревизия оборудования с его вскрытием при хранении более 6 мес входит в обязанности заказчика или за дополнительную оплату проводится монтажной организацией.

Установка и выверка машин на фундаменте. Перед установкой оборудования фундамент предварительно подготавливают. В фундаментах с заделанными болтами уточняют толщину подкладок под оборудование, с тем чтобы после навинчивания гаек на болты и их затяжки высота выступающей части болта была не более 5—6 мм.

В фундаментах с анкерными плитами заводят в колодцы анкерные болты и закрепляют их в плитах. К резьбовой части болта прикрепляют мягкую проволоку. С ее помощью при установке оборудования на фундамент заводят в отверстия анкерные болты.

В фундаментах с гнездами для болтов в бетоне одновременно с установкой оборудования заводят в гнезда болты и с помощью гаек удерживают на раме. Закладную часть болта размещают в гнезде фундамента и заливают бетоном. Окончательная выверка оборудования проводится после затвердения бетона.

Установочные базы. После подготовки фундаментов приступают к установке оборудования на фундаменты в соответствии с проектом, используя для этого установочные базы. Их разделяют на опорные и поверочные.

Опорными называют базы, которые служат опорами при установке оборудования на фундамент. К ним относятся поверхности рам, станин и др.

Поверочные базы — это те поверхности оборудования, которые могут использоваться для выверки

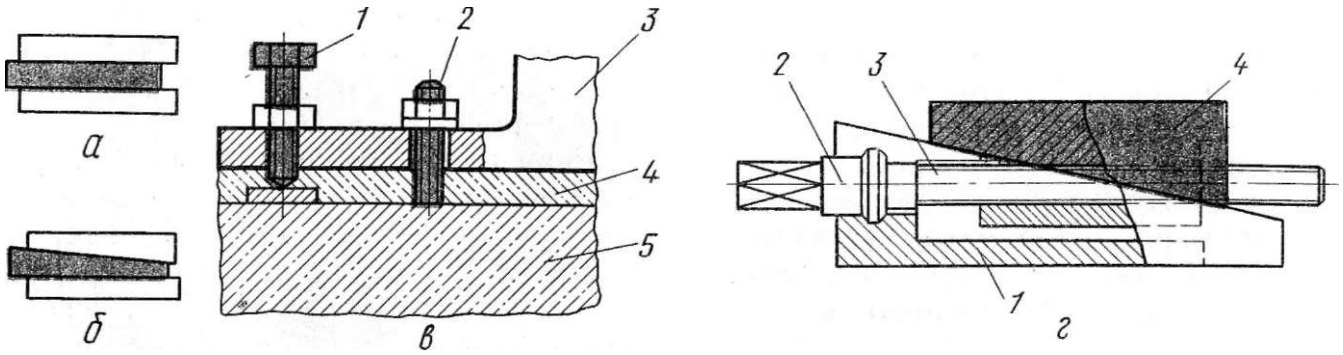


Рис. 12. Приспособления для выверки и регулировки положения оборудования:

а—пакет металлических плоских пластинок; б—пакет клиновых подкладок; *в*—рама с регулировочным винтом: / — регулировочный винт; *2* — фундаментный болт; *3*— подливка фундамента; *4* — фундамент; 5 — рама компрессора; *г* — регулируемое клиновое устройство: / — плоская подкладка; 2 — клиновая подкладка; *3* — втулка резьбовая; *4* — регулировочный винт

его положения. При монтаже компрессорных установок поверочными базами могут служить специально подготовленные площадки для установки уровней с приспособлениями. Кроме того, в качестве поверочных баз могут быть использованы плоскости разъема корпусов, поверхности валов, специальные приливы на станинах. Общее требование для поверочных баз: поверхность их не должна деформироваться и подвергаться износу. Контрольная линейка или уровень должны плотно прилегать к поверхности по всей длине контакта с поверочной базой.

Выверка оборудования на горизонтальность. Точность изготовления фундаментов значительно ниже точности сборки оборудования, поэтому установку и выверку положения оборудования проводят не непосредственно на фундаменте, а на специальных металлических подкладках. С их помощью регулируют зазор между рамой и фундаментом. Площадь подкладок выбирают, исходя из удельной нагрузки на бетон, но не более 2,4 МПа. По форме металлические подкладки могут быть плоскими и клиновыми (рис. *12, а, б).*

Плоские подкладки набирают'пакетами из двух — четырех стальных пластин толщиной 5—15 мм. Размеры пластин в плане определяют в зависимости от размеров и массы оборудования. При необходимости точной регулировки применяют металлическую фольгу толщиной 0,1—0,5 мм. Клиновые подкладки изготовляют из стали или чугуна с поверхностями, обработанными под уклоном 1:10 или 1 : 20.

В местах размещения подкладок с бетона удаляют все неровности и притирают подкладки к бетону до полного контакта с бетоном и расположения всех подкладок в одной горизонтальной плоскости. Подкладки располагают, как правило, по обе стороны фундаментных болтов на возможно близком расстоянии от них. При монтаже машин небольшой массы допускается размещать подкладки с одной стороны фундаментного болта. Общее число подкладок в пакете — не более четырех.

Общая высота подкладок определяется толщиной слоя подливки бетона под раму оборудования,которая зависит от ширины рамы. Для рам шириной около 1 м и более толщина подливки 60—70 мм, для машин с узкой рамой — около 30 мм.

Для точной и быстрой регулировки положения устанавливаемого оборудования применяют резьбовые или клиновые устройства (рис. 12, *в, г).*

Резьбовые устройства (регулировочные винты) заводы — изготовители оборудования поставляют вместе с оборудованием. Принцип работы регулировочных винтов виден из рисунка.

Клиновые устройства состоят из верхней и нижней клиновых сталь-

ных или чугунных пластин, снабженных винтом и резьбовой втулкой. Клиновые устройства размещают под рамой устанавливаемого оборудования. После регулировки осуществляют подливку рам вместе с клиновым устройством. Клиновые устройства больших размеров перед подливкой окружают опалубкой; после затвердения бетона подливки их убирают, а освободившееся место заполняют бетоном.

Горизонтальность оборудования проверяют с помощью уровней, уложенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на поверочные базы оборудования. Значения допуска на негоризонтальность для машин различного типа (в мм на 1000 мм длины рамы) приведены ниже.

	Вдоль оси вала	Поперек оси вала
Вертикальные U-образные и винтовые компрессоры	0,1—0,2	0,3—0,4
Насосы и вентиляторы	0,2—0,3	0,3—0,4

Выверка оборудования на вертикальность. Вертикальность устанавливаемого оборудования обычно проверяют с помощью отвеса. Измеряя расстояния от отвеса до верхней й нижней точек оборудования (рис. 13), определяют вертикальность его установки. При вертикальной установке оборудования расстояния а и a_1 должны быть одинаковыми. Регулирование по вертикали осуществляется также с помощью подкладок и клиньев.

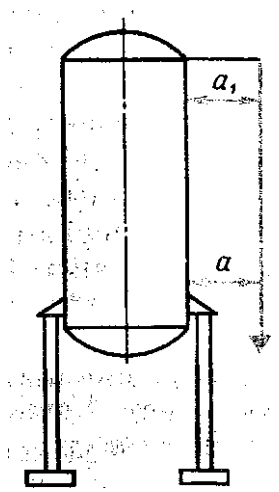


Рис. 13. Проверка оборудования на вертикальность

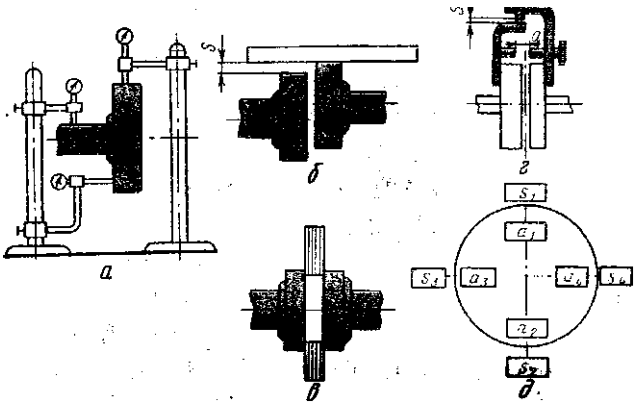


Рис. 14. Схема проверки положения машин при муфтовом сцеплении:

а — проверка индикаторами биения конца вала; б — проверка смещения валов; *в* — проверка перекоса валов; *г* — приспособление для центровки валов; *д*—схема записи замеров

Проверка равномерности загрузки подкладок. После выверки оборудования в горизонтальной и вертикальной плоскостях обязательна проверка равномерности загрузки всех подкладок под рамой. Щуп толщиной 0,04 мм не должен проходить между подкладкой и рамой машины. При затянутых фундаментных болтах подкладки не должны перемещаться; при обстукивании легкими ударами молотка не должны раздаваться дребезжащие звуки. При ослаблении и затяжке фундаментных болтов рама машины не должна перемещаться в вертикальной плоскости, что контролируется с помощью индикатора часового типа.

Проверка взаимного положения компрессора, насоса и электродвигателя. Большинство современных компрессоров и насосов соединяются с электродвигателем муфтой. Некоторые виды компрессоров соединяются с электродвигателем ременной передачей.

При муфтовом соединении машину и электродвигатель монтируют на общем фундаменте. Компрессор или насос устанавливают на бетонной поверхности фундамента, а электродвигатель закрепляют на сварных балочных каркасах, иногда на чу-

гунных плитах, заделанных в фундамент.

Соосность валов проверяют по полумуфтам. До начала центровки проверяют радиальное биение консольной части вала и правильность посадки полумуфт. Схема проверки дана на рис. 14. Биение валов не должно превышать 0,01—0,02 мм, а торцевое и радиальное биение полумуфт — не более 0,03—0,04 мм.

При монтаже компрессоров и насосов проверочной базой является торец вала компрессора или насоса. Соосность валов в горизонтальной плоскости достигается перемещением электродвигателя по.его раме. В вертикальной плоскости соосность достигается за счет прокладок, устанавливаемых под опорные плоскости злектродвигателя.

При соединении валов пальцевыми полумуфтами, диаметры которых одинаковы, параллельное смещение валов и их перекос проверяют с помощью металлической контрольной линейки и щупов, как показано на рис. 14, *б, в*. При соединении полумуфтами со сложными поверхностями для поверки используют специальное приспособление, состоящее из двух скоб, закрепляемых на полумуфтах. Скобы снабжены контрольными штифтами или индикаторами (см. рис. 14, *а).*

В начале проверки зазор между штифтом и поверхностью полумуфты устанавливают на глаз — 0,3—0,4 мм. Затем, повернув полумуфту на определенный угол, измеряют зазор с помощью щупов. При использовании индикатора стрелку его в начальном положении ставят на нуль. Зазоры измеряют и записывают в четырех положениях: в начальном и после поворота на 90, 180 и 270°. Один из способов записи результатов представлен на рис. 14, *д*. Результаты замеров на наружных поверхностях полумуфт проставляют во внешних прямоугольниках, а зазоры по торцевой поверхности — во внутренних.

В каждом положении суммы замеров $a_1 + a_2$ Н-аз + ои должны быть равны. Разность торцевых зазоров указывает на перекос валов, а радиальных - на параллельное смещение осей валов.

Допуски на перекос и параллельное смещение валов обычно приводятся в технической документации за вода-изготовителя.

Для пальцевых муфт величины параллельного смещения и перекоса валов могут быть определены по формулам:

$$C_r = \frac{a_2 - a_4}{D}; \quad C_в = \frac{a_1 - a_3}{D};$$

где $C_г$, $C_в$ — параллельное смещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях; $a_1 - a_4$ — радиальные зазоры; $Я_г$, $Я_в$ — перекос валов соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях; S_i — — торцевые зазоры; D — диаметр окружности, описываемой концами приспособлений.

Допуски на перекос и параллельное смещение приведены ниже:

Диаметр муфты. мм	Перекос на I м длины вала, мм	Параллельное смещение, мм
До 300	0,2	0,05
300—500	0,2	0,10

На поверхности полумуфт заводы-изготовители наносят риски поверки. При их отсутствии после выверки наносят риски поверки на поверхностях полумуфт. Собирать полумуфты можно только в том положении, в каком их выверяли.

При клиноременной передаче проверяют правильность взаимного расположения шкивов компрессора и электродвигателя. Электродвигатель в этом случае устанавливают на салазках, закрепленных на фундаменте. Салазки выверяют на горизонтальность по уровню. Оси компрессора и электродвигателя должны быть параллельны, торцевые поверхности шкивов также должны быть параллельны.

Параллельность осей компрессора и электродвигателя проверяют с помощью монтажной контрольной линейки, а при больших расстояниях —

gSBBgg

К ч

о

Рис. 15. Проверка положения машин при клиноременной передаче:

а — шнуром; *б* — контрольной линейкой; *1* — электродвигатель; *2* — компрессор; *3* — контрольная линейка

с помощью струны. Схема проверки показана на рис. 15. Равенство зазоров *а* и *ач* свидетельствует о параллельности осей валов и торцов шкивов.

Особое внимание уделяют проверке совмещения канавок обода шкивов. Если канавки будут находиться не в одной плоскости, то произойдет перекос соединения и будет наблюдаться неравномерный и ускоренный износ ремней.

Монтаж вертикальных и **U**-образных компрессоров. Большинство современных компрессоров серии П выпускаются в виде агрегатов. На общей раме смонтированы компрессор, электродвигатель и пульт управления. Некоторые типы компрессоров АУ-45, АВ-100, АУ-200, которые еще выпускаются промышленностью, поставляются не смонтированными в виде агрегата.

В подготовительный период оборудование проверяют на соответствие проекту и комплектность, компрессоры расконсервировывают, проверяют условия и сроки хранения и возможность монтажа без дополнительной ревизии. Подготавливают необходимый такелажный инструмент и грузоподъемные устройства. Бетон фундамента выравнивают и размещают на нем подкладки и клиновые устройства.

Раму компрессора тщательно очищают от загрязнений, а поверхность бетона обильно смачивают водой для лучшего схватывания подливки с бетоном фундамента. Затем компрессор и электродвигатель размещают на фундаменте согласно проекту и приступают к их выверке.

При сцеплении компрессора с электродвигателем с помощью эластичной муфты (рис. 16) электродвигатель размещают на фундаменте так, чтобы торец полумуфты электродвигателя находился на расстоянии 155—200 мм от торца вала компрессора. Такое размещение позволяет разбирать сальник компрессора без демонтажа электродвигателя. Затем проверяют соосность валов электродвигателя и компрессора с помощью приспособления, изображенного на рис. 17.

Приспособление закрепляют на полумуфте электродвигателя, устанавливают его в вертикальной плоскости и измеряют зазоры Л и Б; затем повернув полумуфты на 180°, еще раз замеряют зазоры. Разность

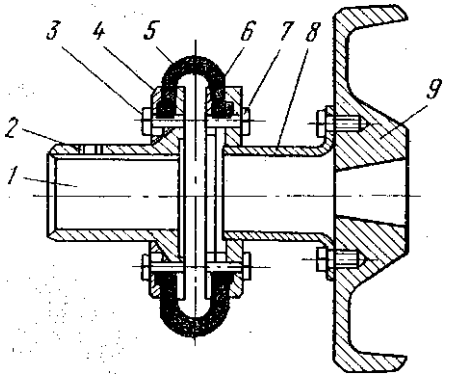


Рис. 16. Эластичная муфта:

1 — вал электродвигателя; *2* — полумуфта; *3,7* — болты; *4* --- нажимной диск; 5 — упругий элемент; *6* — диск-ироставка; *8* — проставка; *9* — маховик компрессора

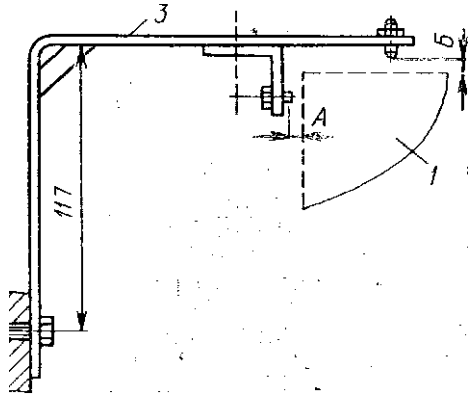


Рис. 17. Приспособление для проверки соосности валов с эластичной муфтой:

1 — маховик компрессора; *2* — полумуфта электродвигателя; *3* — приспособление для проверки; *А* — торцевой *и Б* — радиальный зазоры у муфт

зазоров *А* указывает на перекос осей валов, а разность зазоров *Б* — на несоосность в вертикальной плоскости. Затем приспособление закрепляют в горизонтальной плоскости, измеряют оба зазора в начальном положении полумуфт и при повороте их на 180°. Разность зазоров *Л* дает перекос в горизонтальной плоскости, *а Б* — несоосность в горизонтальной плоскости. Центровку валов проводят, подкладывая пластины под опорные поверхности или перемещая электродвигатель в горизонтальной плоскости. После окончания выверки положения компрессора и электродвигателя затягивают гайки крепления электродвигателя и проводят подливку рамы бетоном.

После того как бетон подливки затвердеет, проводят сборку муфты сцепления. Резиновое кольцо надевают на полумуфты и закрепляют болтами. Одна сторона кольца располагается между нажимным диском и диском проставки, а вторая — между диском и полумуфтой электродвигателя. Затяжку болтов необходимо проводить равномерно, не допуская перекосов. Надежность крепления проверяют при пробном пуске по рискам, нанесенным на кольцо и нажимные диски. Положение рисок не должно меняться.

При клиноременном проводе электродвигатель после установки на салазках проверяют на горизонтальность и параллельность валов, на совмещение канавок шкивов. Натягивают ремни, проверяют отсутствие перекоса у электродвигателя при закреплении его болтами на салазках.

Обкатка компрессоров. При монтаже подлежат обкатке лишь компрессоры, работающие на аммиаке. Хладоновые компрессоры обкатывают после сборки на заводе-изготовителе.

Обкатку компрессоров проводят без нагрузки со снятыми рабочими клапанами. В зависимости от конструкции снимают или только нагнетательные, или и всасывающие, и нагнетательные клапаны.

Перед обкаткой картер компрессора промывают керосином и заполняют его свежим маслом. Удаляют всасывающий фильтр компрессора, сетку обматывают несколькими слоями марли, смоченной маслом для смазки компрессора. Проворачивают вал компрессора за маховик вручную не менее чем на два полных оборота вала. Проверяют правильность направления вращения вала электродвигателя по стрелке, нанесенной на переднюю крышку компрессора.

По окончании подготовки пускают компрессор в работу на 5 мин. При этом обращают внимание на работу масляного насоса. При неисправности насоса (нет давления по манометру) компрессор немедленно останавливают и выясняют причину неисправности.

После 5 мин нормальной работы компрессор останавливают и проверяют нагрев трущихся деталей. Если нет повышенного нагрева, компрессор запускают для обкатки на холостом ходу в течение 2 ч.

В период обкатки давление масла должно быть 0,15—0,2 МПа, температура масла не выше 65 °С. Через каждые 10—15 мин работы необходимо проворачивать ручку фильтра тонкой очистки для удаления загрязнений с фильтра. Если ручку провернуть невозможно, компрессор необходимо остановить, разобрать фильтр, промыть его, собрать и вновь запустить компрессор.

После обкатки компрессор останавливают, снимают боковые крышки картера, проверяют температуру нагрева шатунных и коренных подшипников, удаляют масло из картера и сальниковой полости, промывают картер и фильтр масляного насоса.

Убедившись в исправности компрессора, устанавливают рабочие клапаны, промывают фильтры на всасывающем трубопроводе и масляном насосе и заполняют свежим маслом картер компрессора.

До обкатки компрессора под нагрузкой проверяет его на герме-

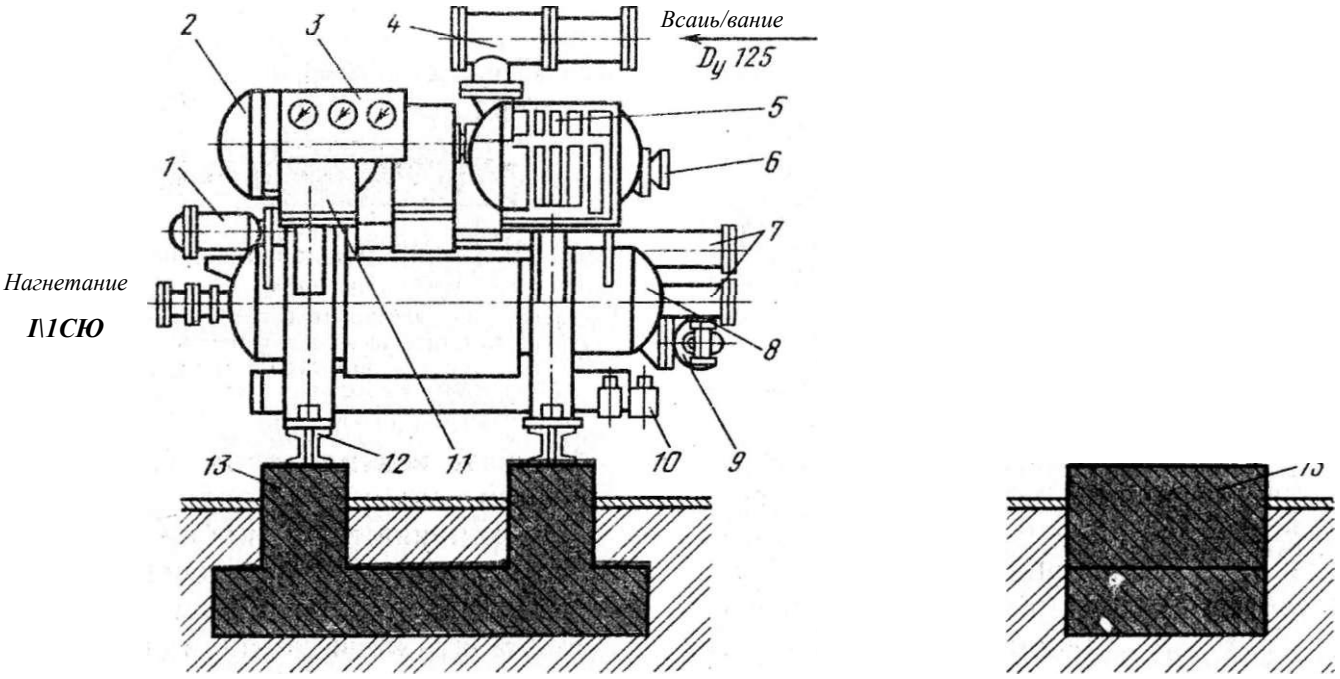


Рис. 18. Общий вид винтового компрессора на фундаменте:

1 -фильтр тонкой очистки: *2* •• электродвигатель; *3* — шит манометров; *4* — газовый фильтр; 5 - компрессор; *6* регулятор производительности; *7* - маслоохладитель; *8*—маслоотделитель; *9*— маслонасое; *10* фильтр грубой очистки; // -шит датчиков; *12*- металлическая опора; *13*—фундамент; *14* — маслосборник

тичность воздухом. К, картеру подсоединяют временный трубопровод от воздушного компрессора, закрывают всасывающий и нагнетательный вентили и создают в картере давление (по манометру) воздухом до 1,0 МПа. Герметичность компрессора проверяют обмыливанием всех соединений компрессора и его трубопроводов. Компрессор оставляют под давлением на 12 ч. Падение давления допускается не более 0,02 МПа.

После проверки на герметичность из компрессора выпускают воздух и проводят его обкатку с рабочими клапанами в течение 6 ч. Первые два-три часа компрессор работает без противодавления с выбросом воздуча в атмосферу, а затем с противодавлением 0,3 МПа. Для создания противодавления используют один из аппаратов системы.

По окончании обкатки компрессор останавливают, из него удаляется воздух с помощью вакуум-насоса, после чего компрессор заполняют парами аммиака и проверяют герметичность компрессора с помощью нидика горной бумаги.

Монтаж винтовых компрессоров. винтовые компрессоры поступают с заводов-изготовителей в виде агрегатов, смонтированных на общей раме (рис. 18). В состав агрегата входят: винтовой компрессор с электродвигателем, маслоотделитель, масляная система, щит приборов, блок управления.

После установки агрегата на фундамент (допускаемое отклонение от горизонтали 0,2 мм на 1 м длины агрегата) его крепят четырьмя фундаментными болтами, входящими в комплект поставки.

До холостой обкатки винтового компрессора проводят ревизию масляной системы. Закрывают вентиль на маслопроводе подачи масла в компрессор, отжимают вручную клапан соленоидного вентиля на маслопроводе, открывают все вентили на маслопроводе, затем включают электродвигатель масляного насоса и с помощью редукционного вентиля устанавливают перепад давлений на масляном насосе, который должен быть в пределах 0,3—0,35 МПа. После двух часов работы вскрывают масляные фильтры и про-

веряют наличие загрязнений на них. При наличии загрязнений фильтрующие элементы промывают и насос включают в работу. Циркуляцию масла продолжают до тех пор, пока полностью не прекратится загрязнение фильтрующих элементов. По окончании загрязненное масло из системы сливают и заправляют ее свежим.

Холостую обкатку винтового компрессора проводят при открытых вентилях на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора. Регулятор производительности устанавливают в положении 100 % (в компрессорах производства ГДР и фирмы «Stahl» — положение «max»). Перед включением электродвигателя компрессор прокручивают за муфту сцепления вручную на несколько оборотов. Ротор компрессора должен вращаться по направлению стрелки, нанесенной на переднюю крышку компрессора. Холостую обкатку проводят в течение 30 мин.

Монтаж центробежных насосов. В холодильной технике применяют в основном два типа насосов: герметичные насосы для перекачивания жидкого холодильного агента и одноступенчатые центробежные насосы консольного типа (рис. 19) для перекачивания воды и рассола. Оба вида насосов поступают на монтажную площадку в виде агрегатов.

Центробежные насосы до монтажа подвергают ревизии: регулируют зазор между торцевой частью колеса и всасывающим штуцером камеры насоса до минимального, указанного в инструкции по эксплуатации, проверяют состояние и наличие смазки в подшипниках вала насоса и электродвигателя. После установки на фундамент выверяют горизонтальность. Несовпадение геометрических осей насоса и электродвигателя не должно превышать 0,2 мм.

Герметичные насосы для жидкого аммиака монтируют на фундаменте в строгом соответствии с проектной высотной отметкой. Минимальный подпор столба жидкости должен составлять 1,5 м.

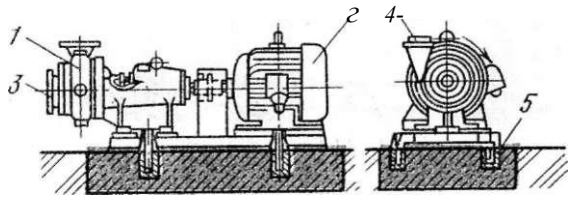


Рис. 19. Общий вид центробежного насоса на раме:
1 — насос; *2* — электродвигатель; *3, 4* — всасывающий и нагнетательный патрубки; *5*—фундаментные болты

Монтаж вентиляторов. Для перемещения воздуха в холодильной технике применяют центробежные вентиляторы типа Ц4-70 и осевые типа ВО-06. Вентиляторы доставляют к месту монтажа и устанавливают на фундамент с помощью авто- или электропогрузчиков.

Горизонтальность установки вентилятора выверяют по уровню. При монтаже вентиляторов необходима проверка:

кольцевого зазора между валом и боковыми стенками корпусов подшипников (не более 1 мм для всех номеров вентиляторов);

зазора между патрубком и рабочим колесом (не более 0,01 диаметра рабочего колеса);

биения колеса, замеренного на внешних кромках дисков (для вентиляторов № 2—6 эта величина составляет 1,5 мм в радиальном направлении и 2 мм в осевом; для вентиляторов № 7—12 она не превышает 3—6 мм в радиальном и 6 мм в осевом направлении).

§ 8. МОНТАЖ АППАРАТОВ

По идентичности выполняемых при монтаже работ аппараты и сосуды холодильных установок можно разделить на несколько групп: горизонтальные цилиндрические аппараты; вертикальные цилиндрические аппараты; аппараты различных конструкций, размещаемые в баках и на поддонах; потолочные и пристенные охлаждающие батареи, устройства для охлаждения оборотной воды.

В подготовительный период аппараты проверяют на соответствие

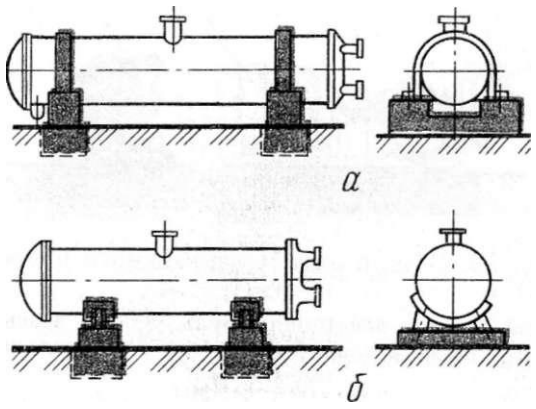


Рис. 20. Схема расположения горизонтальных аппаратов:

а — без опорных лап; *б* — на опорных лапах

проекту, наличие технической документации и комплектность.

Особенность монтажа аппаратов с низкими температурами — необходимость специальной подготовки оснований. На основание наносят слой гидроизоляции, затем теплоизоляции (толщина ее определяется проектом) и сверху еще слой гидроизоляции. Это необходимо для того, чтобы теплоизоляция при работе аппаратов не пропитывалась влагой и не теряла своих свойств.

Горизонтальные цилиндрические аппараты. Их монтируют на бетонных опорах в виде отдельных тумб. Конструктивно эти аппараты выполняют с опорными лапами и без них.

Горизонтальные аппараты, не имеющие опорных лап (рис. 20, *а),* монтируют на фундаментах. Корпус аппарата опирается на фундамент через деревянные брусья, пропитанные антисептиком. В верхней части брусьев делают цилиндрическую выемку, радиус которой соответствует радиусу корпуса аппарата. Горизонтальность аппаратов достигается путем размещения прокладок под деревянными брусьями. К фундаменту аппараты крепятся с помощью стальных лент. Концы ленты закрепляют фундаментными болтами.

Аппараты с опорными лапами устанавливают непосредственно на фундамент. Горизонтальность достигается путем размещения подкладок под опорными лапами.

Горизонтальность аппаратов проверяют с помощью уровня. Отклонение допускается не более 0,3 %. При наличии у аппарата маслосборника или отстойника уклон допустим только в их сторону.

Монтаж кожухотрубных испарителей, циркуляционных и дренажных ресиверов имеет особенности, связанные с их работой при низких температурах. Чтобы избежать создания тепловых мостиков в местах размещения поясов крепления, на аппаратах без опорных лап, на поверхность их корпуса приклеивают горячим битумом деревянные бруски длиной 50—100 мм и толщиной 150—200 мм (рис. 20,6). Поверхность корпуса между деревянными брусьями изолируют.

Вертикальные цилиндрические аппараты. К этой группе относят вертикальные кожухотрубные и испарительные конденсаторы, а также вертикальные ресиверы различного назначения. В качестве примера рассмотрим монтаж конденсатора.

Вертикальные кожухотрубные конденсаторы монтируют на открытых площадках. Опираются конденсаторы на балки перекрытия водоприемного резервуара. Установ-

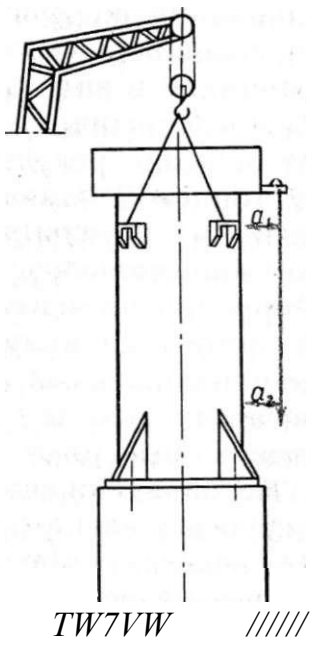


Рис. 21. Схема проверки положения вертикального конденсатора

ка вертикальных кожухотрубных конденсаторов показана на рис. 21. Аппарат доставляют к месту монтажа и поднимают с помощью автомобильного крана. Перед подъемом конденсатора на его верхних штуцерах и патрубках закрепляют запорную и предохранительную арматуру и водораспределительный коллектор.

Поднятый краном аппарат центрируют относительно фундаментных болтов и опускают на пакеты стальных подкладок фундамента. После размещения аппарата на фундаменте проверяют вертикальность установки с помощью отвесов, располагаемых в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. После проверки аппарат закрепляют на фундаментных болтах и проводят подливку аппарата цементным раствором.

Испарительные конденсаторы поступают с заводов-изготовителей в собранном виде. После установки конденсаторов на фундамент проверяется горизонтальность в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Допускаемое отклонение — 0,5 мм на 1 м длины. При монтаже испарительных конденсаторов необходимо обратить внимание на защиту водяных трубопроводов и насосов от замерзания. Насосы устанавливают в отапливаемых помещениях; трубопроводы прокладывают в земле ниже уровня промерзания грунта.

Аппараты различных конструкций, размещаемые на поддонах и в баках. К этой группе относят открытые панельные испарители, воздухоохладители и др.

Открытые панельные испарители поставляют в виде отдельных узлов: бак, панельный испаритель, перемешивающее устройство и отделитель жидкости.

Бак располагают на бетонной подушке. На подушке размещают деревянные антисептированные брусья толщиной, соответствующей толщине изоляции, которую укладывают между брусьями. Поверх изоляции наносят слой расплавленного битума. Перед монтажом бак устанавливают на брусья и заполняют водой, с тем чтобы убедиться в отсутствии течи в его соединениях. Герметичность панельных секций проверяют сжатым воздухом.

Если бак располагают у стены, то до установки на фундамент наносят тепловую изоляцию на стенку бака, которая будет обращена к стене. Затем бак устанавливают на фундамент и выверяют на горизонтальность. Допускается уклон к сливному патрубку бака в пределах 0,015—0,02. В баке монтируют панельные секции. При их монтаже необходимо выполнение инструкции завода-изготовителя: секции должны располагаться строго вертикально, а коллекторы — горизонтально; отклонение — 0,5 мм на 1 м длины. Панели испарителя соединяют между собой газовым, жидкостным и маслоспускным коллекторами. Затем монтируют отделитель жидкости, мешалку и запорную арматуру с трубопроводами.

Поверхность бака изолируют и делают обшивку по наружной поверхности для защиты изоляции от механических повреждений. Сверху испаритель закрывают деревянной крышкой. Схема расположения испарителя на фундаменте показана на рис. 22.

Воздухоохладители. Конструктивно воздухоохладители выполняют напольными и подвесными.

Напольные воздухоохладители (рис. 23) поставляют укомплектованными всеми узлами: поддоном, охлаждающей батареей, кожухом с фланцами для присоединения к вентилятору и воздушным каналам.

Подготовка места для установки воздухоохладителя аналогична подготовке места для установки панельных испарителей. Поддон размещают на площадке и проверяют его на горизонтальность. Затем монтируют охлаждающие батареи. При этом оребренные шланги батарей должны быть горизонтальными, а секции — вертикальными. Блоки батарей подсоединяют к всасывающему и жидкостному трубопрово-

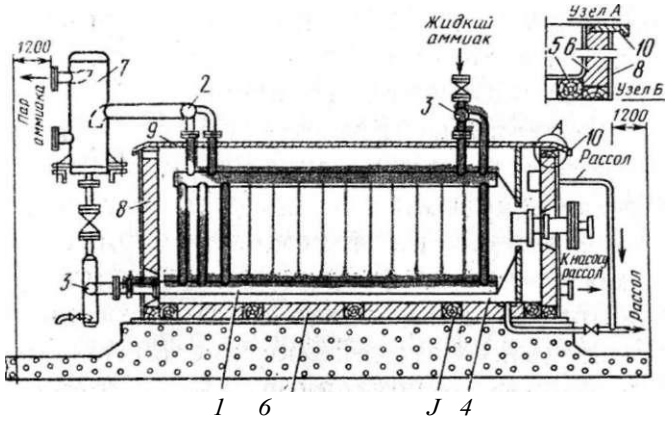


Рис. 22. Схема расположения рассольного панельного испарителя:

/ — панели испарительные; *2, 3* — коллекторы (паровой, жидкостный и маслосборочный); *4*— .бак для рассола; *5* — деревянные брусья под угольники жесткости бака; *6* — изоляция дна бака; 7 отделитель жидкости; *8* — обливка бака; *9* - крышка бака; *10* — слезник обшивки изоляции

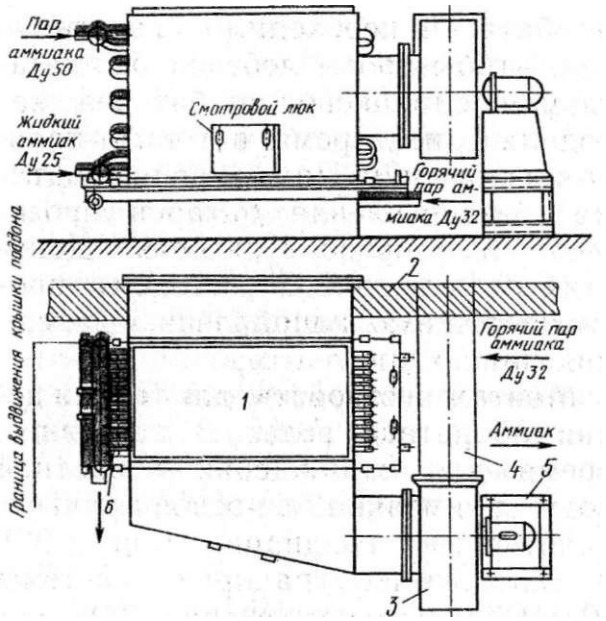


Рис. 23. Схема монтажа напольного воздухоохладителя:

/ кожух; *2* — перегородка камеры; *3* — центробежный вентилятор; *4*—воздушный канал; 5 — электродвигатель; *6* — «калачи» секции

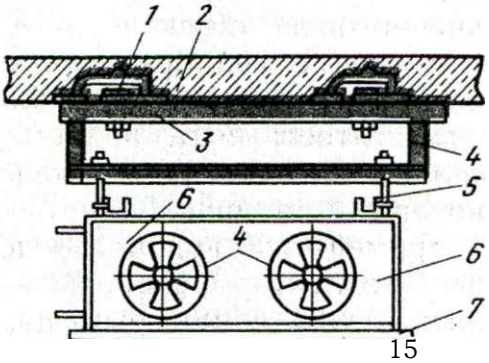


Рис. 24. Схема монтажа подвесных воздухоохладителей:

/ — болт, ***2*** — перекрытие; ***3*** — закладная деталь: т. 5 - крёлежаые м'етгймлок'онстр'укиь- вс>-йухоох.чаді **1** е.:->; 7 поддон дреяажнсгй . дубкой

дам. Одновременно монтируют воздушные каналы от воздухоохладителя.

Подвесные воздухоохладители. Их размещают под потолком камер, как показано на рис. 24. Воздухоохладители поступают на монтаж в собранном виде. Подвесные воздухоохладители закрепляют на перекрытии с помощью специальных металлоконструкций, присоединенных к закладным деталям перекрытия. Для подъема используют погрузчики. До подъема воздухоохладителя проводят ревизию его вентилятора, порядок которой изложен ранее.

Охлаждающие батареи. Аммиачные и рассольные батареи изготовляют на монтажных предприятиях; хладоновые (красно-медные) поступают с завода в готовом виде.

Для изготовления аммиачных батарей применяют стальные бесшовные трубы диаметром. 57Х3,5 мм или 38Х3 мм. При температурах -j- 150 °Сч——40 °С используют трубы из стали 20, при температурах — 40 °Сч-—70 °С — стальные бесшовные горячекатаные трубы из стали 10Г2.

Рассольные батареи изготовляют из газовых труб с продольным швом или из электросварных со гппралБНОМ швом. Для оребрения |к-по.1ьзуют низкоуглеродистую стальную ленту холодного проката размером 30Х1 мм или 46Х1 мм с обрезными кромками. Оребрение труб является ответственной операцией. При навивке необходимо строго выдерживать проектный шаг навивки и обеспечивать плотный контакт ленты с трубами.

В холодильной технике применяют коллекторные и змеевиковые батареи. В коллекторных батареях концы труб соединяют между собой сварными коллекторами, а в змеевиковых — «калачами» (отрезок трубы, изогнутый под углом 180°). Унифицированные секции батарей показаны на рис. 25. Сварка ручная, электродугоиая электродами типов Э-42, Э-42А или Э-46 диаметром 3 мм.

Сила тока 100—130А. Сварные стыки аммиачных батарей подвергают физическим методам контроля в соответствии со СНиП ОШ-Г.9—62.

После сварки батареи испытывают на прочность сжатым воздухом с помощью воздушного компрессора. Аммиачные батареи выдерживают под давлением 1,6 МПа в течение 5 мин, затем снижают давление до 1 МПа, осматривают и обмазывают мыльной эмульсией сварные швы и места установки заглушек. Батарея считается выдержавшей испытания на плотность, если в течение 15 мин утечки воздуха и падения давления по манометру не наблюдалось.

Рассольные пристенные батареи из стеклянных труб с гладкими концами изготовляют из труб диаметром 68Х5 мм. Расстояние между опорными стойками не должно превышать 2500 мм, общая протяженность труб в одной батарее 120—150 м. К стойкам трубы крепятся на прямых участках с помощью хомутов. Трубы собирают в змеевики с помощью стандартных калачей на фланцевых соединениях.

Потолочные и пристенные батареи в современных холодильных предприятиях, сооружаемых из сборных железобетонных конструкций, подвешивают, как правило, к закладным деталям, заложенным в швы между плитами при сооружении здания. Швы не всегда совпадают с положением батарей, поэтому к закладным деталям приходится , крепить промежуточные балки. Схемы крепления пристенных и потолочных батарей показаны на рис. 26.

Пристенные батареи (см. рис. 26, а) размещают вдоль стен, расстояние от стен до оси труб составляет 130—150 мм, от стены до торцевой части труб — не менее 500 мм, от потолка до оси труб — 200—300 мм. Подъем батарей осуществляют с использованием погрузчиков, стрелового грузоподъемного механизма, автокранов. После подъема и закрепления батарей на кронштейнах их проверяют на горизонтальность (уровнем) и вертикальность (отвесом).

Потолочные батареи обычно размещают на расстоянии 400—500 мм от перекрытия. В камеры батареи доставляют на тележках и размещают их на козлах или на полу вблизи места установки. Монтаж потолочных батарей осуществляют с помощью погрузчиков (на первых этажах зданий), одностоечных подъемников или ручных рычажных лебедок через блоки, закрепленные на закладных деталях (см. рис. 26, в).

Перед монтажом потолочных батарей тщательно проверяют правильность установки и качество заделки закладных деталей. При подъеме батарей необходимо следить за тем, чтобы тросы лебедок были натянуты одинаково, а батарея находилась все время в горизонтальном положении. По окончании подъема и закрепления батарей проверяют их горизонтальность. Допустимый уклон 0,002 в сторону, противоположную направлению движения пара хладагента.

Монтаж устройств для охлаждения оборотной воды. В настоящее время для охлаждения оборотной воды применяют в основном вентиляторные градирни (рис. 27) и пленочные градирни системы ВНИКТИхолодпрома (рис. 28).

Вентиляторные градирни — сооружения каркасного типа, состоящие из железобетонного или металлического водосборного бассейна и многоярусного каркаса, выполненного из стоек и ригелей.

При монтаже градирни водораспределительный желоб устанавливают так, чтобы вода равномерно вытекала из всех вырезов желоба. В некоторых градирнях вместо желоба применяют водораспределительный коллектор, сваренный из стальных труб, в которых размещены форсунки. Форсунки монтируют отверстиями вниз.

Особое внимание уделяют монтажу вентиляторов. Крупные вентиляторы поступают на монтажную

Рис. 25. Типы батарей из оребренных труб:
а — концевая секция с коллектором; *б* — концевая секция с одним калачом; *в* — концевая секция с двумя калачами; *г* — змеевиковая батарея в сборе; *д*—средняя секция; *е*—коллекторная батарея в сборе; *1* — ребро; *2* — оребренная труба; *3* — уголок; *4* — хомутик; 5 — калач

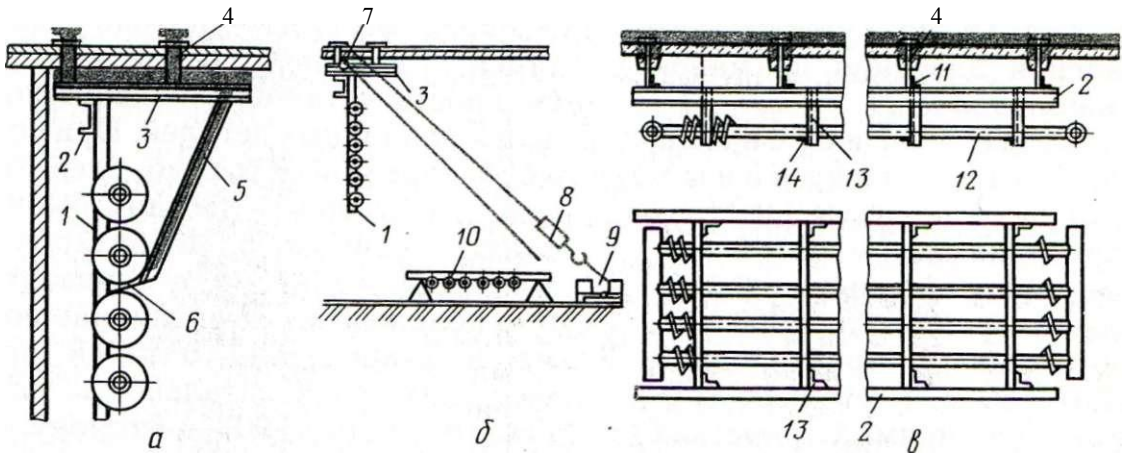


Рис. 26. Монтаж пристенной и потолочной батарей:
а — схема установленной пристенной батареи; *б* — схема монтажа пристенной батареи; *в* — схема установленной потолочной батареи; / — пристенная батарея из оребренных труб; *2* — продольные балки; *3* — поперечные балки; *4* — закладные части; 5 — подкос; *6* — косынки; 7 — монтажный блок; *8* — ручная лебедка; *9* — крепление с грузом; *10*— батарея до ее установки на место; // — уголок для крепления продольной балки к закладной части; *12* — оребренная труба батареи; *13* — подвески (уголок); *14* — уголок батареи

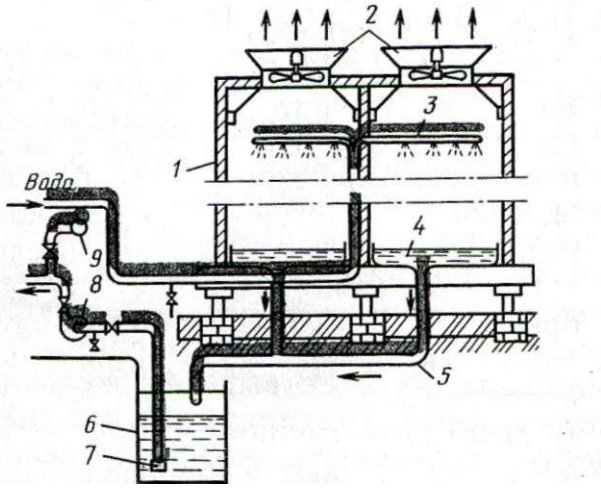


Рис. 27. Схема монтажа вентиляторной градирни:
/ — стенки каркасной части градирни; 2 — осевые вентиляторы и моторы; *3* — водораспределительный коллектор с форсунками; *4* — поддон бака; 5 — сливной трубопровод; *6* — бак для воды; 7 — поиемный фильтр с обратным клапаном; *8*—

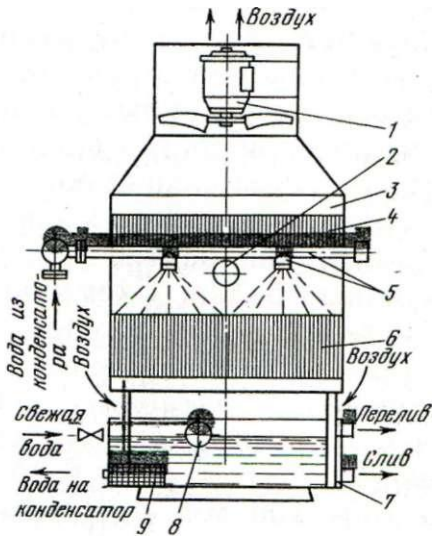


Рис. 28. Пленочная вентиляторная градирня типа ГПВ:
/ — вентилятор; *2* — смотровой люк; *3* — корпус градирни; *4* — отбойный слой сепаратора; *5* — водораспределитель; *6* — насадка оросителя; 7 — резервуар охлажденной«#ооды; *8*— поплавковый регулятор уровня воды; *9* — фильтр

площадку в частично разобранном виде. Сборку производят до подъема вентилятора на каркас градирни строго по маркировке, указанной на узлах вентилятора, с помощью болтов из коррозионно-стойкой стали, входящей в комплект поставки. Затем проверяют зазор между патрубком и наружными кромками лопастей, который должен быть в пределах 15 мм. Зазор регулируют с помощью регулировочных винтов. Подъем и установку вентиляторов производят стреловым краном. После установки проверяют на горизонтальность, а затем крепят вентилятор к каркасу градирни. Вентилятор прокручивают вручную, а затем обкатывают в течение 2 ч.

Пленочные градирни поступают на монтаж полностью собранными. Монтаж заключается в установке градирни на фундамент, проверке ее положения на горизонтальность и подключения к системе трубопроводов. При опробовании градирни после монтажа необходимо обратить внимание на равномерность орошения водой насадки из полихлорвиниловых пластин и при необходимости отрегулировать, изменяя положение форсунок.

Глава 3

МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ

§ 9. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТРУБОПРОВОДАХ

Трубопроводы холодильных установок состоят из труб, деталей трубопроводов (отводы, тройники, калачи, заглушки и т. д.), запорной и регулирующей арматуры (вентили, задвижки, предохранительные клапаны и др.), соединений (сварных, резьбовых, фланцевых), опор и подвесок, крепежа (болты, шпильки, гайки, шайбы) и прокладок. В зависимости от назначения трубопроводы делятся на технологические и санитарно-технические.

В зависимости от места расположения технологические трубопроводы подразделяют на внутрицеховые и межцеховые. Внутрицеховые трубопроводы соединяют между собой машины и аппараты в пределах одной установки или цеха. Они обычно имеют сложную конфигурацию и множество деталей, арматуры и сварных соединений, что значительно усложняет их монтаж. Межцеховые трубы характеризуются большой длиной прямых участков и небольшим количеством деталей и арматуры, что упрощает их монтаж.

В зависимости от рабочих условий трубопроводы разделены на пять категорий. Трубопроводы, по которым циркулируют аммиак, бутан, этан, этилен и пропилен, независимо от давления и температуры относятся к I категории; хладоны — ко II категории; водно-аммиачные растворы концентрацией до 40 % — к III категории, от 40 до 60 % — ко II категории, выше 60 % — к I категории; водяной пар и горячая вода с рабочим давлением p = = 1,6 МПа и / = 250 °С — к IV категории; вода и хладоносители — к V категории; трубопроводы хладагентов, соединяющие предохранительные клапаны с атмосферой,— к IV категории.

При изготовлении и монтаже трубопроводов различных категорий предъявляют разные требования к точности изготовления, контролю за сварными швами, испытаниям и др.

При монтаже трубопроводов принята терминология:

линия — участок трубопровода, связывающий аппараты с одинаковыми параметрами;

деталь — часть трубопровода, не имеющая разъемных соединений;

элемент — сварная деталь трубопровода, не имеющая разъемных соединений;

узел — часть трубопровода, состоящая из нескольких элементов и деталей в сборе (узлы могут быть плоские, расположенные в нескольких плоскостях);

блок — часть трубопровода в сборе, обычно состоит из нескольких узлов с арматурой.

Основными характеристиками трубопроводов являются: наружный диаметр, толщина стенки, условный проход, условное, пробное и рабочее давление.

Условный проход D_y — номинальный внутренний диаметр изделия. Так, трубопровод с условным проходом 100 мм обозначается $D_y = 100$.

Условное давление p_y — это давление, которое должны выдерживать трубы при температуре среды от 0 до 200 °С.

Пробное давление $p_п$ — давление, при котором арматура и трубопроводы подвергаются; гидравлическим испытаниям на прочность.

Рабочее давление $p_{раб}$ — номинальное давление в трубопроводе во время его эксплуатации.

Монтажом трубопроводов называют сборку и соединение составных частей трубопровода и установку их в проектное положение. Монтаж технологических трубопроводов является своеобразным производственным процессом со своими особенностями и приемами работ. Весь процесс монтажа трубопроводов состоит из трубозаготовитедьных и сборочных работ. К трубозаготовительным работам относятся приемка, резка, правка, обработка концов, гибка труб, изготовление деталей и опорных конструкций и сборка узлов трубопроводов; к сборочным работам — укрупнение узлов трубопроводов на монтажной площадке в блоки, установка готовых частей, узлов и блоков в проектное положение и закрепление их.

Стальные трубы. По способу изготовления стальные трубы подразделяются на бесшовные и сварные.

Бесшовные трубы (горячекатаные, холоднотянутые и холоднокатаные) применяют при устройстве кислотопроводов, щелочепроводов, воздухопроводов и линий инертных газов (при давлении свыше 1,5 МПа и т. п.), трубопроводов, транспортирующих огне- и взрывоопасные продукты, и трубопроводов высокого давления.

Горячекатаные бесшовные трубы изготовляют наружным диаметром от 25 до 800 мм, толщиной стенок от 2,5 до 75 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 4 до 12,5 м. Изготовляют холоднотянутые и холоднокатаные трубы наружным диаметром от 10 до 200 мм, толщиной стенок от 0,1 до 12 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 1.5 до 9 м. В зависимости от назначения трубопроводов применяют те или иные марки сталей.

Трубопроводы аммиачных холодильных установок для диапазонов температур рабочей среды —40 °С-**f-**-**г-** -f-150 °С изготовляют из стали 20; для температур от —70 °С до 40 °С — из стали 10Г2.

Сварные водогазопроводные (газовые) трубы изготовляют печной сваркой; неоцинкованными (черными) и оцинкованными; обыкновенными, усиленными и облегченными; без резьбы, с гладкими концами под сварку или под резьбу и с цилиндрической или конической резьбой по требованию потребителя. Трубы применяют для устройства внутрицехового водопровода, отопительных трубопроводов, линий сжатого воздуха. Газовые трубы не применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих огне- и взрывоопасные, а также ядовитые среды. Обыкновенные трубы рассчитаны на работу при условном давлении до 1 МПа, а усиленные — до 1.6 МПа. Усиленные трубы отличаются от обыкновенных большей толщиной стенок. Предельная допускаемая температура для газовых труб составляет 175 °С.

Газовые трубы изготовляют диаметром условного прохода от 8 до 150 мм (от '/.4 до 5") и длиной от 4 до 8 м. Трубы поставляют, как правило, без резьбы и муфт. Трубы диаметром условного прохода более 70 мм поставляют со скошенными кромками. По требованию потребителя трубы могут поставляться с ко-

нической или цилиндрической резьбой на обоих концах и муфтами с той же резьбой (из расчета одна муфта на каждую трубу). Если трубы с диаметром условного прохода свыше 50 мм предназначены под сварку, их поставляют облегченными, с. толщиной стенок, на 0,75 мм меньше предусмотренной стандартом.

Электросварные тр.убы диаметром 5—152 мм изготовляют электросваркой методом сопротивления из сталей марок 08, 15, Сталь 20, Ст. 2, Ст. 3, Ст. Зкп и Ст. 4. Их применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих слабоагрессивные продукты, щелочи, перегретый и насыщенный пар при давлении до 1,6 — 2,5 МПа и температуре до 200 - 350 °С. Поставляют трубы наружным диаметром от 5 до 152 мм, толщиной стенок от 0,5 до 5,5 мм (в зависимости от диаметра) и длиной от 2 до 8,5 мм. Концы труб обычно обрезаны под прямым углом и зачищены от заусенцев. По требованию потребителя трубы диаметром 114 мм и выше; подлежащие сварке, поставляют с кромками, скошенными под углом 35-50 °С к торцу трубы. При этом оставляют торцевое кольцо шириной \—3 мм. Угол скоса может быть изменен по требованию заказчика.

Трубы из цветных металлов и сплавов. Используют в основном алюминиевые, медные и латунные трубы. Возможно применение и стеклянных труб.

Алюминиевые трубы изготовляют методом холодной протяжки или прессования из алюминия марок А1, А2 и А3 с содержанием чистого алюминия до 99,3 %, а также из его сплавов: дюралюмина — сплава алюминия с медью; силумина — сплава алюминия с кремнием; электрона — сплава алюминия с магнием. Алюминий легко деформируется в холодном состоянии, поэтому трубы из него для улучшения механических свойств подвергают различной термической и механической, обработкам — отжигу, закаливанию, нагартовке.

Выпускают алюминиевые трубы наружным диаметром: тянутые — от 6 до 120 мм (толщина стенки от 0,5 до 5 мм); прессованные — от 25 до 280 мм (толщина стенки от 5 до 32,5 мм). Длина труб от 2 до 5,5 м. Трубы больших диаметров изготовляют из алюминиевого листа силами монтажных организаций и заводов.

Алюминиевые трубы применяют для изготовления трубопроводов, транспортирующих крепкую азотную, уксусную, муравьиную и другие кислоты; для перекачки щелочных растворов их применять нельзя.

С повышением температуры прочность алюминия снижается, поэтому температура перекачиваемого продукта при отсутствии давления не должна превышать 200—250 °С, а при работе с давлением до 0,6 МПа —' не более 160°С. .

Трубы поставляют партиями, которые состоят из труб одного размера и выполненных из сплава одной марки. Для предохранения от коррозии трубы смазывают снаружи и внутри нейтральным обезвоженным вазелином. На монтаж трубы поступают соединенными в пачки, плотно обернутыми влагонепроницаемой бумагой в три н-пять слоев и упакованными в ящики массой до 160 кг каждый. На одном из концов трубы диаметром более 20 мм имеется клеймо с обозначением трубы и номера партии. Пачка труб снабжается биркой, партия труб — сертификатом.

Медные трубы выпускают тянутыми (D_y от 3 до 360 мм, толщина стенки от 0,5 до 10 мм) и прессованными (наружный диаметр от 30 до 280 мм, толщина стенки от 5 до 30 мм). Длина труб 6 м. Тянутые трубы подразделяются на мягкие — отожженные (М) и твердые — неотожженные (Т). В технологических трубопроводах применяют твердые медные трубы марки М3. В связи с переходом на сварку медных труб аргоно-дуговым способом все большее распространение получают трубы марки М3С с низким содер-

жанием кислорода. Медные трубы должны выдерживать гидравлическое испытание давлением 5 МПа. Медные трубы соединяют пайкой и сваркой.

Латунные трубы изготовляют методом протяжки или прессования из сплава меди с цинком (35—40%). Латунь более тверда, чем медь, но в отожженном состоянии легко поддается механической обработке. Тянутые трубы поставляют отожженными мягкими (М) и полутвердыми (ПТ) после низкотемпературного отжига; наружный диаметр тянутых труб от 3 до 100 мм, толщина стенки в зависимости от диаметра— от 1,5 до 10 мм; прессованные трубы имеют наружный диаметр от 21 до 125 мм и толщину стенки от 1,5 до 10 мм.

Стеклянные трубы с гладкими концами имеют наружный диаметр от 45 до 122 мм, толщину стенок от 3 до 6 мм и длину от 1,5 до 3 м. Их применяют для устройства вакуумных, безнапорных и напорных трубопроводов. Трубы рассчитывают на рабочее давление от 0,4 до 0,7 МПа в зависимости от диаметра. Для изготовления труб применяют простое кварцевое или термостойкое стекло.

Стеклянные трубы по сравнению со стальными обладают рядом преимуществ. Они имеют более высокую химическую стойкость, оказывают меньшее гидравлическое сопротивление, значительно легче подвергаются очистке. Меньшее гидравлическое сопротивление стеклянных труб позволяет снизить развиваемый насосами напор и, следовательно, уменьшить расход электроэнергии насосными станциями. Прозрачность труб дает возможность наблюдать за процессами внутри трубы и следить за их состоянием при эксплуатации. Стоимость стеклянных труб значительно ниже стоимости любых коррозионно-стойких труб.

Недостатками стеклянных труб являются хрупкость, плохое сопротивление изгибу и ударам, большая чувствительность к местным напряжениям.

Способы соединения труб. Соединения труб бывают разъемными и неразъемными. Неразъемные соединения обычно сварные. Для сварки элементов, состоящих из труб и деталей диаметром до 89 мм, можно применять ручную газовую сварку, для труб больших диаметров или с толщиной стенки более 3 мм — только электродуговую (ручная полуавтоматическая и автоматическая). К сварке и прихватке элементов и узлов трубопроводов I, II, III и IV категорий допускаются сварщики, имеющие удостоверение на право ведения таких работ.

Разъемные соединения могут быть фланцевыми и штуцерно-торцевыми. Штуцерно-торцевые соединения выполняют в виде ницельных, соединений с отбортованным концом трубы, а также муфтовых соединений.

В холодильной технике применяют плоские приварные фланцы и фланцы, приварные встык.

Плоские приварные фланцы (рис. 29, *а)* трубопроводов с условным давлением до 1 МПа выполняют без фаски, а с условным давлением до 2,5 МПа — с фаской.

Приварные встык (рис. 29, *б, в),* или воротниковые, фланцы с кольцевыми выступом и впадиной применяют на трубопроводах с условным давлением до 20 МПа.

Свободные фланцы на отбортованной трубе (рис. 29, г) применяют на рассольных и водяных трубопроводах с условным давлением до 0,6 МПа. Примеры фланцевых соединений показаны на рис. 30.

Штуцерно-торцевые соединения показаны на рис. 31.

Крепежные детали (шпильки, болты, гайки, шайбы) служат для сборки фланцевых деталей и для крепления трубопроводов к штуцерам арматуры и к оборудованию.

Материалы и типы труб, арматуры деталей трубопроводов, крепежных деталей следует выбирать,

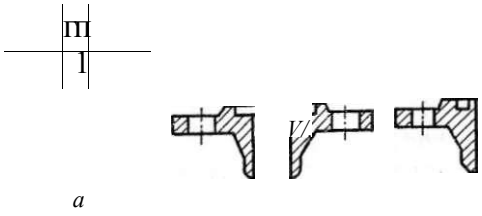


Рис. 29. Фланцы плоские стальные:

а — приварные встык (воротниковые) с выступом и впадиной; *б, в* — приварные встык с шипом и пазом; *г* — свободновращающиеся

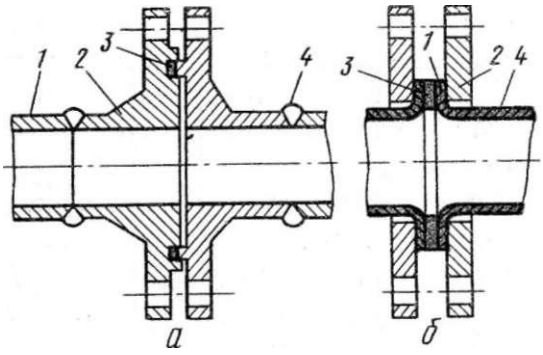


Рис. 30. Фланцевые соединения:

а — с приварными фланцами: / — труба; *2* — фланец; *3* — прокладка; *4* — сварной шов у трубы; б — со свободновращающимися фланцами на отбортованной трубе: *1* — борт трубы; *2* — фланец; *3* — прокладка; *4* — труба

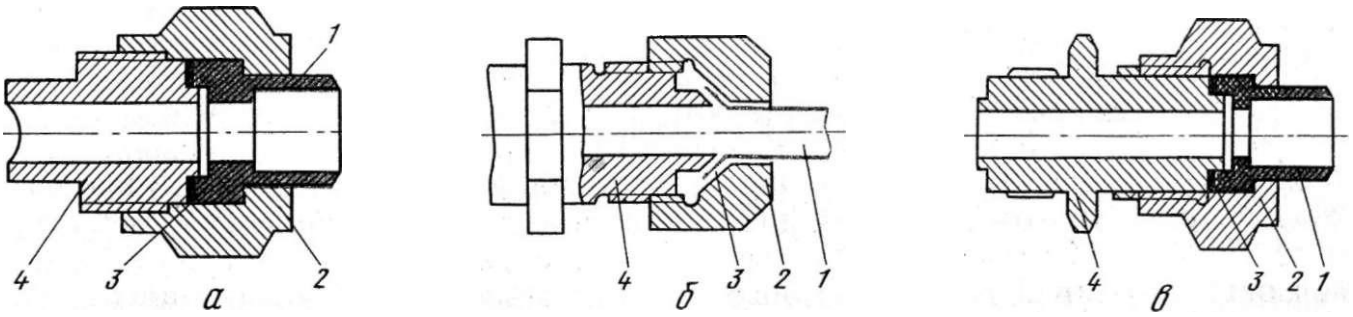


Рис. 31. Штуцерно-торцевые соединения:

а — ниппельное соединение: / — ниппель, привариваемый к стальной трубе; *2* — накидная гайка; *3* — прокладка; *4* — штуцер; *б*— штуцерно-торцевое соединение (для хладоновых систем); / — трубка медная отожженная; *2* — накидная гайка; *3* — борт трубки; *4* — штуцер; *в* — ниппельное соединение с переходным штуцером: / — ниппель; *2* — накидная гайка; *3* — прокладка; *4* — переходный штуцер

исходя из вида рабочей среды, давления и температуры. Крепежные детали и фланцы можно выбирать по данным табл. 2.

Прокладочные и набивочные материалы. В целях обеспечения необходимой плотности соединения между фланцами устанавливают прокладки.

Для прокладок выбирают такой материал, чтобы он химически не взаимодействовал с рабочей средой, был устойчив к температурным условиям, при которых он будет работать, твердость материала прокладок должна быть ниже твердости материала фланцев.

В холодильной технике в качестве прокладочного материала применяют: на аммиачных установках — паронит, на хладоновых установках — паронит, фибру, маслобензостойкую резину марок: НО-68-1, ИРП-2022 (для R 12), ИРП-1375, ИРП-1376 (для R 22 и R 13).

В штуцерно-торцевых соединениях из красно-медных трубок уплотнением служат отожженные борта трубок. В муфтовых резьбовых соединениях водогазовых труб зазоры в резьбовых соединениях уплотняются льняной или пеньковой прядью, пропитанной суриком или густым раствором белил.

Набивочные материалы служат для уплотнения сальниковых устройств холодильных установок и арматуры. Изготовляют набивочные материалы трех типов: плетеные, скатанные и кольцевые. В холодильной технике применяют в основном плетеные набивки.

Выпускают плетеные материалы хлопчатобумажные сухие, пропитанные и прографиченные (ХБС, ХБП, ХБГ), пеньковые сухие и про-

Таблица 2

Среда	Температура	Категория трубопровода	Материал арматуры	Фланцы			Болты			Гайки		
				Материал	Тип соединения		Материал	Тип		Материал	Тип	
					встык	плоское приводное		Чистые	Получистые		Чистые	Получистые
Аммиак и пропан	-15-=- + 150	I	Сталь	Ст. 3	Да	Нет	Ст. 4	Да	Нет	Ст. 3	Да	Нет
	-30 ч- -15		»	Ст. 10	»	»	Ст. 4			Ст. 3	»	»
	— 404- -31		»	Сталь 20	»	»	Сталь 39Х	»	»	Сталь 38Х		
	-704- — 41			Сталь 1012	»	»	Сталь Х18Н10Т	»	»			
Хладон-12	— 15Ч- + 120	II	» Бронза	Ст. 3СП Сталь 10 Сталь 20	»	»	Ст. 4	»	»	Ст. 3	»	»
Хладон-22	-304- -16	II		Сталь 20	»	»	Ст. 4			Ст. 3	»	»
	-40 ч- — 31		»	Сталь 20								
	-70ч- — 41		Сталь легированная	Сталь 1012	»	»	Сталь 38ХА					
Теплоноситель	-154- + 50	IV	Чугун (КЧ)	Ст. 3	Нет	Да	Ст. 4	Нет	Да	Ст. 3	Нет	Да
	— 30Ч- — 16	V	Чугун. (КЧ) и сталь :	Ст. 10	»	»	Ст. 4	»	»	Ст. 3	»	»

питанные (ПС и ПП), асбестовые сухие и бензомаслостойкие (АС и АМБ).

В настоящее время промышленность выпускает для уплотнения соединений герметики марок УЗОМ и У-ЗОМЭС-5. После введения отвердителей герметики приобретают свойства резиноподобного материала, стойкого к растворам хлористого кальция и хлористого натрия, маслам и бензину.

Фторопласт применяют в качестве набивочного и прокладочного материала при работе в интервале температур — 50 ч> - j - 150 °С для любых сред.

Арматура. Трубопроводной арматурой называют различные устройства, позволяющие изменять направление движения транспортируемой среды путем изменения площади прохода.

Условные обозначения арматуры и отличительная окраска. Промышленную трубопроводную арматуру в зависимости от наименования изделия, материала ее основных деталей и уплотнительных поверхностей, вида привода и внутреннего покрытия обозначают с помощью четырех- и пятизначных буквенно-цифровых обозначений, например: 11ч8бк; 15нж67ст, 16нж10бк, 30ч914бр и др. Первыми двумя цифрами обозначают номер, присвоенный данному виду изделия (кран для трубопроводов — 11, вентиль—15, клапан обратный— 16, задвижка — 30 и др.). Далее следуют буквы, характеризующие материал, применяемый для изготовления основных деталей (сталь углеродистая — с; сталь нержавеющая (коррозионно-стойкая) — нж; чугун серый — ч; чугун ковкий — кч; латунь, бронза — б; винипласт — вп и др.). Цифры в обозначениях после букв, указывающих на применяемый материал, определяют фигуру, характеризующую конструктивные особенности данного вида изделия. При наличии в этой характеристике трехзначного числа последними двумя цифрами обозначают фигуру, а первая цифра указывает на вид привода (привод с червячной передачей — 3, цилиндрической — 4, конической — 5, пневматической — 6 и др.).

Четвертая характеристика в обозначении изделия указывает на применяемый материал уплотнитель-

ных поверхностей (латунь, бронза и др.; монель-металл — мн; кислостойкая и коррозионно-стойкая сталь — нж; нитрированная сталь — нт; баббит — бт; стеллит — ст; кожа — к; эбонит — э; резина — р; винипласт — вп). Для обозначения изделия без вставных или наплавленных уплотнительных колец, т. е. с уплотненными поверхностями, выполненными непосредственно на самом корпусе или затворе, ставят буквы «бк» (без колец).

Иногда условное обозначение дополняют римской цифрой, которая указывает на различные варианты конструктивного исполнения основного вида изделия, а также на то, что выполнено изделие из другого материала.

В зависимости от материала корпуса наружные необработанные поверхности (корпус, крышка, сальник) чугунной и стальной арматуры окрашивают в отличительные цвета: из углеродистой стали — в серый, из кислотостойкой и коррозионно-стойкой стали — в голубой, из чугуна — в черный. Арматуру из цветных металлов не окрашивают.

Приводные устройства арматуры (маховик, рычаг и т. п.) дополнительно окрашивают в зависимости от материала уплотнительных деталей затвора в следующие цвета: бронза или латунь — красный; монель-металл — серый с желтой полоской по периметру; сталь кислотостойкая и коррозионно-стойкая — голубой; сталь нитрированная — фиолетовый; баббит — желтый; стеллит-сормайт — серый с красной полоской по периметру; кожа, резина — коричневый; эбонит — зеленый; винипласт — серый с синей полоской по периметру; без колец — цвет окраски корпуса и крышки устройства.

На фланцевой арматуре с внутренним покрытием в зависимости от материала покрытия Дополнительно окрашивают боковые наружные поверхности присоединительных фланцев по ободу: эмалированное — красной, гуммированное — зеленой, винипластовое — синей, свинцовое — желтой.

Таблица 3

Материал уплотнительных колец	Рабочая среда	Температура среды, °С	
		не более	
Резина	Вода, воздух	60	1,0
Кожа	То же	70	1,0
Латунь, бронза	Бензин	120	2,5
То же	Вода, пар	225	2,5
Эбонит	Горячая вода, насыщенный пар	50—220	1,3
Баббит	Аммиак	-40ч- +150	2,5
То же	Хладон	-304-+ 120	2,5

Условия применения арматуры на трубопроводах в зависимости от материала уплотнительных колец приведены в табл. 3.

§ 10. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Фасонные детали. Они служат для изменения направления и разветвления потоков, а также для закрытия концов трубопровода и для соединения труб между собой. Наибольшее распространение получили гнутые, штампованные, тянутые и сварные фасонные детали трубопроводов.

Гнутые фасонные детали изготовляют путем обработки в холодном или горячем состоянии бесшовных труб на станках или с помощью различных приспособлений. Основными типами гнутых деталей являются отводы (рис. 32, *а),* скоба (рис. 32, б), отступ, или утка (рис. 32, в), отвод с уткой (рис. 32, *г),* переходы. Основными параметрами, характеризующими гнутые детали, являются: радиус кривизны, диаметр, длина прямых участков, масса и материал изделия.

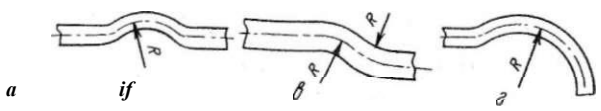


Рис. 32. Типы гнутых деталей:
— отвод; б — скоба; *в* — отступ (утка); *г* — отвод с уткой

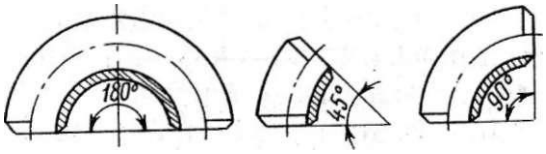


Рис. 33. Отвод крутозагнутый

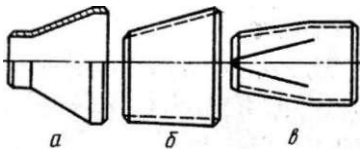


Рис. 34. Переходы
а — штампованный симметричный; б — штампованный несимметричный; *в*—сварной из трубы; *г* — сварной из листа, симметричный; *д* — обсадной из трубы, симметричный

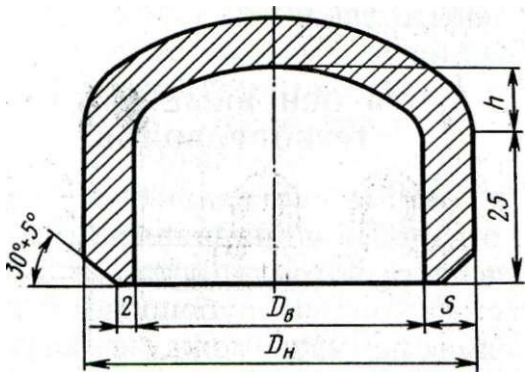


Рис. 35. Заглушка стальная сферическая

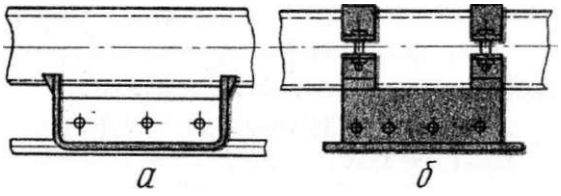


Рис. 36. Скользящие опоры:
а — с приварным ползуном; б — с хомутами

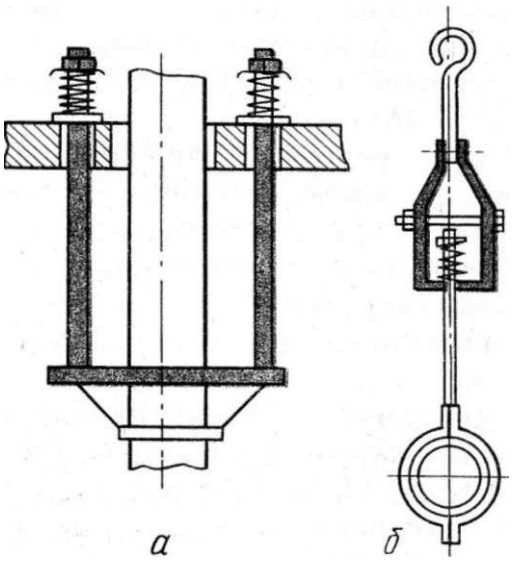


Рис. 37. Пружинные опоры для трубопроводов:
а — вертикальных; б — горизонтальных

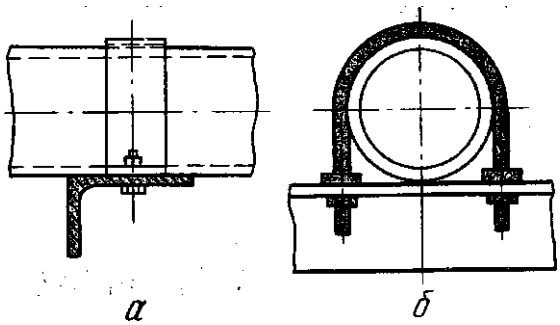


Рис. 38. Направляющие опоры:
а — из полосы; б — из круглой стали

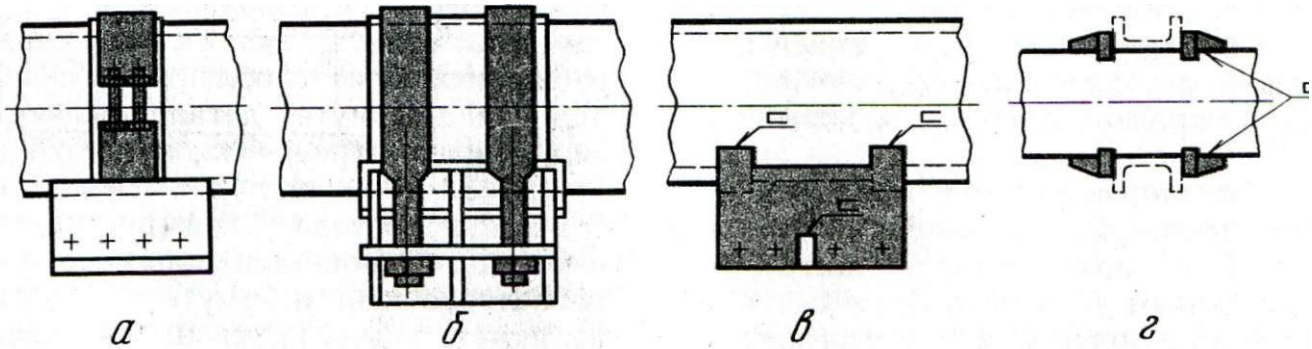


Рис. 39. Неподвижные опоры:
а — однохомутовая; *б* — двухкомутовая; *в* — приварная; *г* — с приварными упорами

Радиус гнутых деталей должен быть не менее следующих величин:

а) при гибке труб на специальном станке без набивки песком, в холодном состоянии — не менее 4 наружных диаметров трубы;

б) при гибке труб с предварительной набивкой песком и нагревом — не менее 3,5 наружных диаметров трубы;

в) при гибке труб с полурифлеными складками с одной стороны без набивки песком, с нагревом газовой горелкой — не менее 2,5 наружных диаметров трубы.

Крупноизогнутые стальные отводы (рис. 33) диаметром условного прохода от 40 до 150 мм изготовляют штамповкой, а от 150 до 600 мм — протяжкой.

Сварные детали трубопровода являются трудоемкими в изготовлении и характеризуются повышенным гидравлическим сопротивлением. Применяют их для установки на неответственных трубопроводах, и в массовом порядке они не изготовляются.

Переходы стальные (рис. 34) изготовляют штампованными и сварными. Заглушки стальные отбортованные (рис. 35) предназначены для сварки встык труб со свободными концами диаметром 50—400 мм.

Опоры и подвески для трубопроводов. Надежность работы трубопроводов в значительной мере зависит от правильности и прочности их закрепления. Основные средства крепления трубопроводов — опоры, подвески, кронштейны, крючья. Опоры разделяют на подвижные (рис. 36, *а, б)* и неподвижные. Различают подвески нерегулируемые, регулируемые, одинарные, двойные и шпренгельные. Кронштейны разделяют на индивидуальные, групповые, настенные, потолочные, а крючья — на обыкновенные и с хомутами.

Пружинные опоры (рис. 37) используют в трубопроводах, подвергающихся вибрации.

Направляющие опоры (рис. 38) применяют в целях предотвращения смещения трубопровода и поломки установленных на нем арматуры и других устройств.

Неподвижные опоры (рис. 39) предназначены для закрепления трубопровода и разделения его на участки, с тем чтобы обеспечить поглощение его линейных удлинений компенсаторами.

Кронштейны предназначены для опирания на них подвижных и неподвижных опор; для подвешивания к ним трубопроводов с помощью подвесок и непосредственного опирания на них трубопроводов. Кронштейны (рис. 40) изготовляют из углового проката, швеллеров и других профилей.

Подвески служат для закрепления трубопроводов. Применяют подвески нерегулируемые (рис. 41, а) и регулируемые. Регулируемые подвески снабжаются винтовыми стяжками (рис. 41,6). Шпренгельные подвески (рис. 41, *в)* обеспечивают достаточно устойчивое закрепление трубопроводов. Применяют их для крепления межцеховых (наружных) трубопроводов.

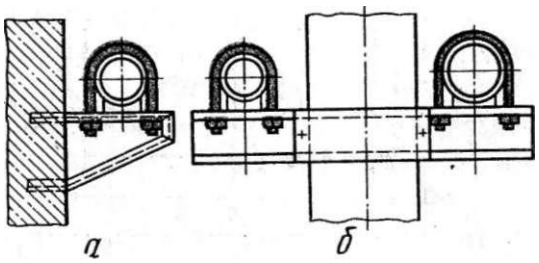


Рис. 40. Кронштейны для трубопроводов:
а — одинарный; *б* — двойной

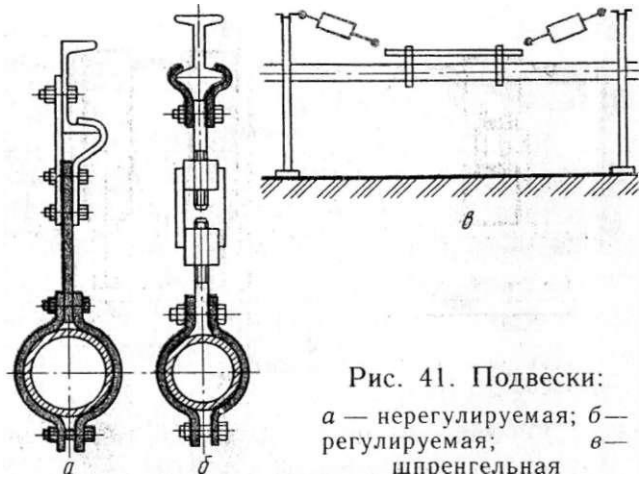


Рис. 41. Подвески:
а — нерегулируемая; *б* — регулируемая; *в* — шпренгельная

§ 11. РАЗМЕТКА ЦЕХОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Линию трубопровода при разметке разбивают на отдельные узлы с учетом технологии их изготовления и транспортабельности. На рабочем аксонометрическом чертеже линии приводят размеры линии и отдельных ее , участков, помещают сводную спецификацию материалов на линию, таблицу сварных швов, указывают количество разработанных рабочих чертежей узлов трубопроводов, намечают маркировку узлов и делают пометку о цвете условной окраски трубопровода данной установки. Маркировка линий и узлов приводится в виде дроби, в числителе которой проставляется номер линии,, а в знаменателе - номер узла. По общемонтажным аксонометрическим чертежам линии производится монтаж узлов трубопроводов.

На основе аксонометрических чертежей линий разрабатывают соответствующие рабочие чертежи узлов трубопроводов. На рис. 43 приведены в качестве примера рабочие

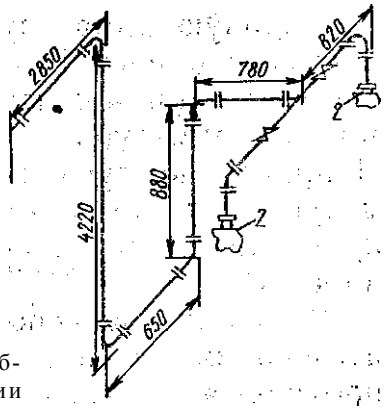


Рис. 42. Чертеж общего вида линии

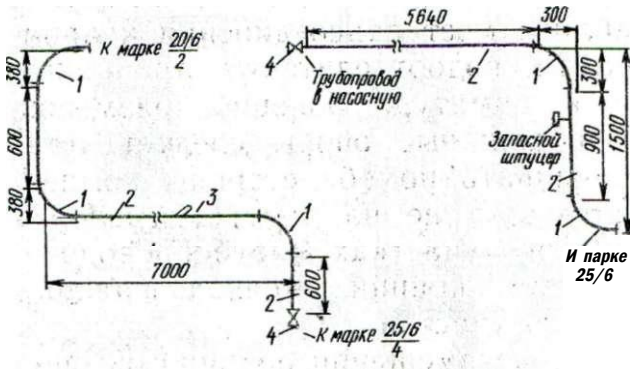


Рис. 43. Рабочие чертежи узлов трубопроводов

чертежи некоторых узлов трубопроводов линии, изображенной на рис. 42. В рабочих чертежах содержатся все данные, необходимые для изготовления узлов трубопроводов (спецификация и номера чертежей или нормалей деталей, места врезок, припуски "на обработку труб и пр.).

Помимо чертежей линий и узлов трубопроводов при разработке технической документации составляют сводные ведомости чертежей, спецификацию материалов и деталей, таблицу сварочных работ и ведомость комплектования узлов, -

Разбивка трассы состоит в перенесении на место прокладки оси трубопровода с помощью струны, линейки, угольника, шаблонов, а также нивелира и гидравлического уровня.

Для того чтобы разметить высоту расположения трубопровода, часто нужно знать его положение в горит зонтальной плоскости. Расстояние оси трубопровода от контрольных осей здания либо от стен и колонн здания обычно указывают на чертежах. Разбивка прямолинейного участка не представляет трудности. Между двумя крайними точками прямолинейного участка натягивают струну на временных кронштейнах. При разбивке нужно учитывать положение смежных трубопроводов, чтобы не произошло их совмещения на отдельных участках. Длинные прямые участки визируют нивелиром, причем визируют не только крайние точки прямой, но и промежуточные на расстоянии 10 м.

При разбивке оси трубопровода необходимо точно расположить оси колен, отводов и других отклонений оси трубопровода от прямой линии. В этих местах точно по угольнику определяют изменение направления или же с помощью угольника и линейки переносят ось трубопровода на параллельную прямую трассы, после чего фиксируют места расположения отводов.

После проведения оси трубопровода на месте проводят разбивку

мест установки постоянных кронштейнов, подвижных и неподвижных опор подвесок, а также разбивку ответвлений к аппаратам и определяют месторасположение компенсаторов, водоотделителей и арматуры.

При пересечении трассы наружных и внутренних трубопроводов с санитарно-техническими устройствами, электрокабелями, железнодорожными путями и другими трубопроводами эти места должны обозначаться особыми знаками, позволяющими судить о характере сооружений и намечаемой конструкции перехода, особенно при пересечении трубопровода с другими подземными сооружениями.

Рекомендуется разбивку трассы оформлять актом. Для межцеховых и магистральных трубопроводов оформление разбивки трассы актом обязательно; к акту должна быть приложена ведомость привязки осей и поворотов с указанием знаков, обозначающих оси и повороты на месте.

По высоте ось трубопровода наносится мелом или краской на стенах (колоннах.) Для этого с помощью нивелира или гидравлического уровня и линейки вертикальные отметки имеющихся высотных реперов переносят вдоль трассы будущего трубопровода на расстоянии 50—200 м друг от друга. В прахтике монтажа внутрицеховых трубопроводов за нулевую отметку принимают отметку уровня пола здания.

После перенесения вертикальных отметок и установки временных реперов вдоль трассы трубопровода наносят условные отметки, близкие по высоте к отметке прокладки трубопровода. От них отмеривают высоту расположения трубопроводов и определяют его положение в вертикальной плоскости с учетом заданного для каждого трубопровода уклона.

В аммиачных установках всасывающие трубопроводы должны иметь уклон в сторону аппаратов (испарители, отделители жидкости, циркуляционные ресиверы и . т. п.), нагнетательные — в сторону конденсатора.

В хладоновых установках уклоны должны обеспечивать возврат масла в картер компрессора. При монтаже жидкостных трубопроводов предусматривают подъем труб по направлению потока жидкости, чтобы не допускать образования в верхних плоскостях «газовых мешков», способствующих повышению сопротивления в проходных отверстиях труб и созданию пульсирующего потока жидкости.

Т1ри необходимости прокладки параллельных трубопроводов размещать их на опорах следует с учетом необходимых отступов от стен и нанесения изоляции на трубопроводы (по проекту). При прокладке трубопроводов, подлежащих изоляции, на опорах у хомутов крепления трубопроводов устанавливают деревянные подкладки.

При прокладке трубопроводов в стенах и перегородках их размещают в тонкостенных металличсских гильзах. Запрещено размещать неразъемные и разъемные соединения в гильзах, а также в труднодоступных местах.

Запорную арматуру монтируют в местах, удобных для монтажа, обслуживания и ремонта. Запрещается монтаж арматуры шпинделем вниз. Направление стрелки на корпусе арматуры должно соответствовать направлению движения среды в трубопроводе.

Расположение неподвижных опор должно обеспечивать надежное и прочное их закрепление; наиболее правильно места для них выбирать вблизи мест присоединения к аппаратам, водоотделителям, тройникам и к арматуре больших размеров. Неподвижные опоры следует устанавливать по обе стороны компенсатора, а не на самокомпенсирующихся участках трубопровода — в двух крайних точках каждого такого участка.

При размещении подвижных опор и подвесок должна быть обеспечена возможность перемещения тру-

бопровода при его удлинении без перекосов. При установке опор или опорных конструкций на оштукатуренных поверхностях необходимо сбить штукатурку, так как прижатие к ней опор не допускается. В том случае, если опорные кронштейны и стяжные хомуты опор держатся трением, в строительной конструкции прорубают канавки, в которые кронштейны входят на 5—10 мм.

Установленные опорные конструкции на вертикальных участках проверяют по отвесу; кронштейны и другие конструкции устанавливают с выверкой их горизонтальных поверхностей по уровню. При установке опор и подвесок нужно обеспечить соблюдение проектного уклона трубопровода. Для выравнивания высотных отметок и сохранения проектного уклона при монтаже между пятой опорой и основанием размещают стальные прокладки; эти прокладки обычно приваривают к опорной конструкции. Ни в коем случае нельзя устанавливать такие прокладки между трубой и опорой.

Хомуты неподвижных опор должны плотно прилегать к трубе и не допускать ее перемещения в опоре. В специальных подвижных опорах или в подвеске труба может перемещаться, но только вместе с той частью, в которой она закреплена; в этих опорах между хомутом и трубой ставится кольцо из листового асбеста или листового картона.

При скользящих опорах шейка роликов должна прилегать ко всей опорной поверхности гнезда без перекосов и заеданий в направляющих квадратах; подвижная плоскость опоры должна лежать плотно прижатой на роликах без зазора, а сами ролики должны свободно, без заеданий, вращаться в гнездах. При шариковых опорах пята должна опираться на все шары, но вращение шаров должно быть свободным. У скользящих опор сопрягаемые опорные поверхности подвижной и неподвижной частей должны быть пригнаны без перекосов и заеданий.

При монтаже подвесок с пружинами и пружинных опор вертикальных трубопроводов опорные конструкции под пружины опор должны быть строго перпендикулярны к направлению усилия, так же как и верхние опорные тарелки пружин.

При монтаже пружинных опор пружинам дают предварительный натяг на величину, указанную в чертеже. На время монтажа для разгрузки пружин обычно устанавливают распорные приспособления, которые снимают после проведения гидравлических испытаний.

При сборке подвижные детали опор должны быть смещены на половину величины расчетного расширения в сторону, противоположную расширению. Тяги подвесок пружинных опор нужно устанавливать отвесно, если в трубопроводе не предусматривается тепловых перемещений; если же они учтены, тяги устанавливают с наклоном на половину величины -перемещения в сторону, обратную перемещению. При монтаже шарнирных опор с противовесом рычаг с грузом должен быть отклонен от рабочего положения в сторону перемещения на величину, указанную на чертеже. Все подвижные части опор должны быть смазаны консистентной смазкой, температура размягчения которой должна превышать температуру трубопровода.

Опоры в каналах и тоннелях не должны препятствовать свободному стоку воды.

§ 12. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Разметка труб. На поверхности труб, предназначенных для изготовления узлов и отдельных деталей трубопроводов, перед обработкой наносят в натуральную величину ширину разделительного реза, оси, контуры отверстий под штуцера, точки начала и концов изгиба, отбортовки концов труб, начала и конца оребрения, линии фасонной обрезки концов труб и т. п.

Разметочные работы выполняют

путем геометрического построения разметочных линий и знаков с помощью переносного мерительного инструмента и шаблонов.

Резка и обработка концов труб под **сварку.** Резку труб при изготовлении и монтаже трубопроводов осуществляют двумя способами: газопламенным или механическим.

Наиболее распространенным методом резки труб является газопламенная (газовая) резка. Этот метод применяют при обработке труб любых диаметров как при изготовлении трубопроводов, так и при монтаже.

Механическую резку используют при изготовлении трубопроводов в стационарных условиях, а также при резке труб из легированных сталей, цветных металлов и сплавов и неметаллических материалов, не поддающихся газопламенной резке, или если газопламенная резка нарушает структуру и ухудшает механические и другие свойства металлов.

При механической резке труб получается ровный и чистый срез и не возникает необходимости в обработке, концов труб под сварку. После газопламенной резки кромки труб зачищают, а с труб из низколегированных и легированных сталей снимают слой металла толщиной 2—4 мм, поврежденный огневой резкой.*

Фаски с кромок снимают на специальных машинах или наждачными кругами.

Гибка труб. Ее применяют при изготовлении соединительных деталей (отводы, «калачи»), а также

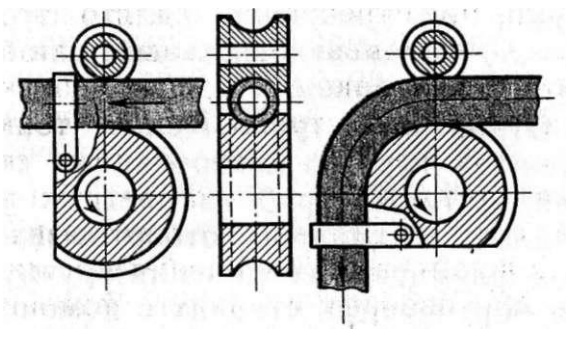


Рис. 44. Схема механического гнутья труб

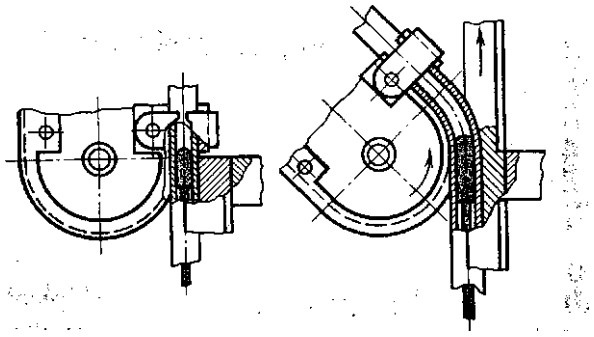


Рис. 45. Схема гнутья труб с калибрующей пробкой

при получении изогнутых участков трубопроводов. Гибку труб осуществляют как в холодном, так и в горячем состоянии.

Трубы диаметром до 70 мм и толщиной стенок до 4—5 мм гнут на станках, работающих по схеме обкатки трубы роликом (рис. 44). При гибке труб по этой схеме происходит изменение формы трубы (овализация), поэтому такой метод применяют при устройстве трубопроводов неответственного назначения.

Изменения формы трубы не происходит при использовании станков, работающих по схеме стягивания трубы с калибрующей пробки (рис. 45). Трубу закрепляют на гибочном сегменте специальным зажимом. При вращении сегмента труба плотно прижимается к нему прижимом, который остается неподвижным. Для предотвращения овализации сечения внутрь трубы помещается калибрующая пробка, которая в процессе гибки остается неподвижной.

Красно-медные отожженные тонкостенные трубки для хладоновых машин диаметром до 20—25 мм изгибают в холодном состоянии с применением пружин из стальной проволоки диаметром 3—3,5 мм с шагом витков не более 4 мм. Изгибаемую трубку заводят в пружину и изгибают вручную, при этом нельзя допускать сплющивания трубок и появления вмятин на их стенках. Для гнутья труб большего диаметра применяют роликовые трубогибочные устройства.

Гибку труб в горячем состоянии

выполняют двумя способами: нагревом труб токами высокой частоты и нагревом труб на горне или форсунками с предварительной набивкой труб песком.

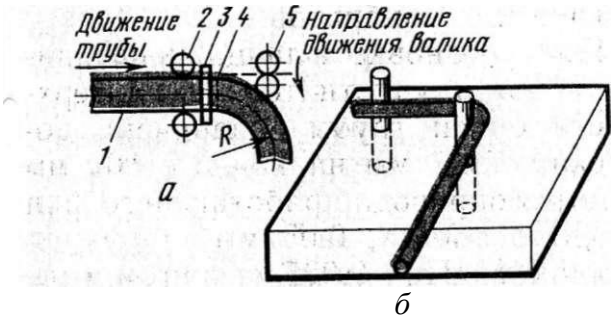
Гибку труб с нагревом токами высокой частоты осуществляют на специальных станках (рис. 46). Труба нагревается в индукторе до 900—1200 °С.

Гладкую гибку труб с нагревом и набивкой песком можно применять при любом диаметре труб. Для набивки используют кварцевый промытый песок, предварительно просеянный и прокаленный при 200—500 °С для удаления влаги и уничтожения органических примесей/

Трубу с одного конца закрывают деревянной пробкой и заполняют песком, обязательно обстукивая трубу молотком для уплотнения песка. Затем участок трубы нагревают до вишнево-красного цвета и изгибают на специальной плите (рис. 46, б).

В последние годы для гибки трубопроводов ответственного назначения стали применять способ гибки трубопроводов, наполненных замороженной водой/Трубопроводы устанавливают в холодильную камеру вертикально, закрывают заглушкой с нижней стороны, заполняют водой и охлаждают до температуры — *25 °С*-.——30 °С в течение 30—40 мин.

Технология гибки труб такая же, как и при заполнении песком.



б

Рис. 46. Схема гнутья труб в горячем состоянии:

а — с нагревом токами высокой частоты: / — труба; *2* — направляющие ролики; *3* — индуктор; *4* — охлаждаемый участок трубы; 5—гибочный ролик; *б* — с набивкой песком и нагревом

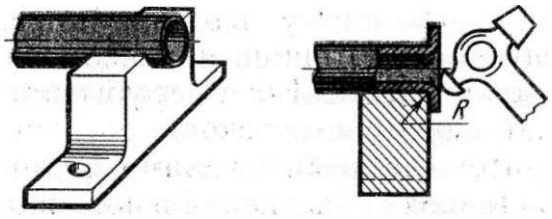


Рис. 47. Схема бортовки труб вручную на оправке

Оребрение труб. Процесс оребрения состоит в навивке на трубу по спирали тонкой стальной гофрированной ленты и прихватке ее концов к трубе электросваркой. Оребрение выполняют на специальных станках. Применение оребренных труб в охлаждающих приборах снижает расход стальных труб почти в 4 раза, і

Нарезание резьбы на концах труб. В технологических трубопроводах резьбовая арматура имеет ограниченное применение и используется лишь при прокладке коммуникаций контроля и автоматики, а также при монтаже обвязочных трубопроводов диаметром до 90 мм (с нейтральной рабочей средой). Для нарезки резьбы применяют специальные трубонарезные станки. Станки позволяют нарезать газовую, дюймовую, метрическую и конусную резьбу. При нарезаний резьбы места, подлежащие нарезке, обильно смазывают вареной олифой или эмульсией.

Сборке резьбовых соединений предшествует подмотка льняной пряди, пропитанной суриком или густотертыми белилами. Намотка пряди ведется по направлению резьбы тонким и равномерным слоем.

При сборке соединений с конической резьбой подмотка из льняной пряди не требуется, вместо этого резьбу смазывают шеллаком или бакелитовым лаком.

ОтбортОвка труб. Концы тонкостенных труб из легированных сталей, а также труб из цветных металлов и сплавов отбортовывают под фланцевые соединения вручную, на бортовочных станках с помощью приспособлений и штамповкой на фрикционных прессах.

Отбортовку вручную применяют редко, лишь при небольших объемах работ. Конец трубы нагревают до пластического состояния, а затем легкими ударами молотка конец трубы на специальной оправке (рис. 47) постепенно отбортовывают по всей окружности.

Отбортовку медных труб (малого диаметра) выполняют без нагрева в специальном приспособлении, называемом бортовочной колодкой, которая состоит из двух разъемных частей с отверстиями разного диаметра, предназначенных для закрепления в них труб с диаметрами, соответствующими этим отверстиям. В верхней части отверстия раззенкованы под углом 90°. Борты у трубок отгибают, вращая шпиндель струбцины.

На специальных бортовочных станках бортовка осуществляется с помощью разбортовочной головки и прижима для труб.

После закрепления трубы в прижиме к ней подводится вращающаяся разбортовочная головка, ролик ее входит в трубу и отгибает борт.

Наиболее экономичным и производительным способом бортовки труб является метод штамповки. Штамповку выполняют на специальных прессах в холодном или нагретом состоянии (в зависимости от материала и толщины стенки трубы) в два приема. Сначала в одном штампе конец трубы раздается на конус, а затем в другом штампе окончательно отбортовывается.

§ 13. СБОРКА ТРУБОПРОВОДОВ

При индустриальном методе сооружения трубопроводов их детали собирают в узлы в специализированных мастерских или на заводах с последующим монтажом трубопроводов из укрупненных блоков.

Узлы и блоки должны быть транспортабельными, т. е. такими, чтобы их размеры по длине, ширине и высоте не выходили за габаритные размеры, установленные для перевозок по железным дорогам и на автомобилях.

В практике изготовления технологических трубопроводов применяют узлы размерами 0,8Х1,5Х6 м для трубопроводов, расположенных в зданиях; при размещении трубопроводов вне зданий приняты размеры одноплоскостных узлов 1Х Х2,5Х6 и 2,5Х10 м, а для плетей межцеховых трубопроводов — до 18 м.

Сборка узлов в условиях специализированных заводов, цехов и мастерских ведется на специальных сборочных стендах, оборудованных необходимыми приспособлениями и кондукторами для укладки деталей, их закрепления и фиксации в проектном положении. Конструкция стендов зависит от характера монтируемого трубопровода.

В процессе сборки применяют шаблоны для разметочных работ, поверочные приспособления различного назначения, показанные на рис. 48.

Одна из основных сборочных операций при сборке узлов трубопроводов—напасовка фланцев на трубные детали. Напасовка плоского фланца заключается в установке его на трубу, выверке и прихватке.

Фланцы устанавливают так, чтобы отверстия для болтов были симметрично смещены относительно главных осей поперечного сечения трубопроводов, арматуры и технологических аппаратов.

При установке фланца перпендикулярность уплотнительнои поверхности с оси трубы ограничена допусками: 0,1 мм на каждые 100 мм D_y трубопровода, работающего при p_y до 1,6 МПа, 0,05 мм при p_y от 1,6 до 6,4 МПа и 0,025 мм при p_y выше 6,4 МПа. Уплотнительная поверхность фланца не должна быть заподлицо с торцом трубы, так как это не позволит приварить фланец со стороны уплотнительнои поверхности, поэтому между нею и торцом

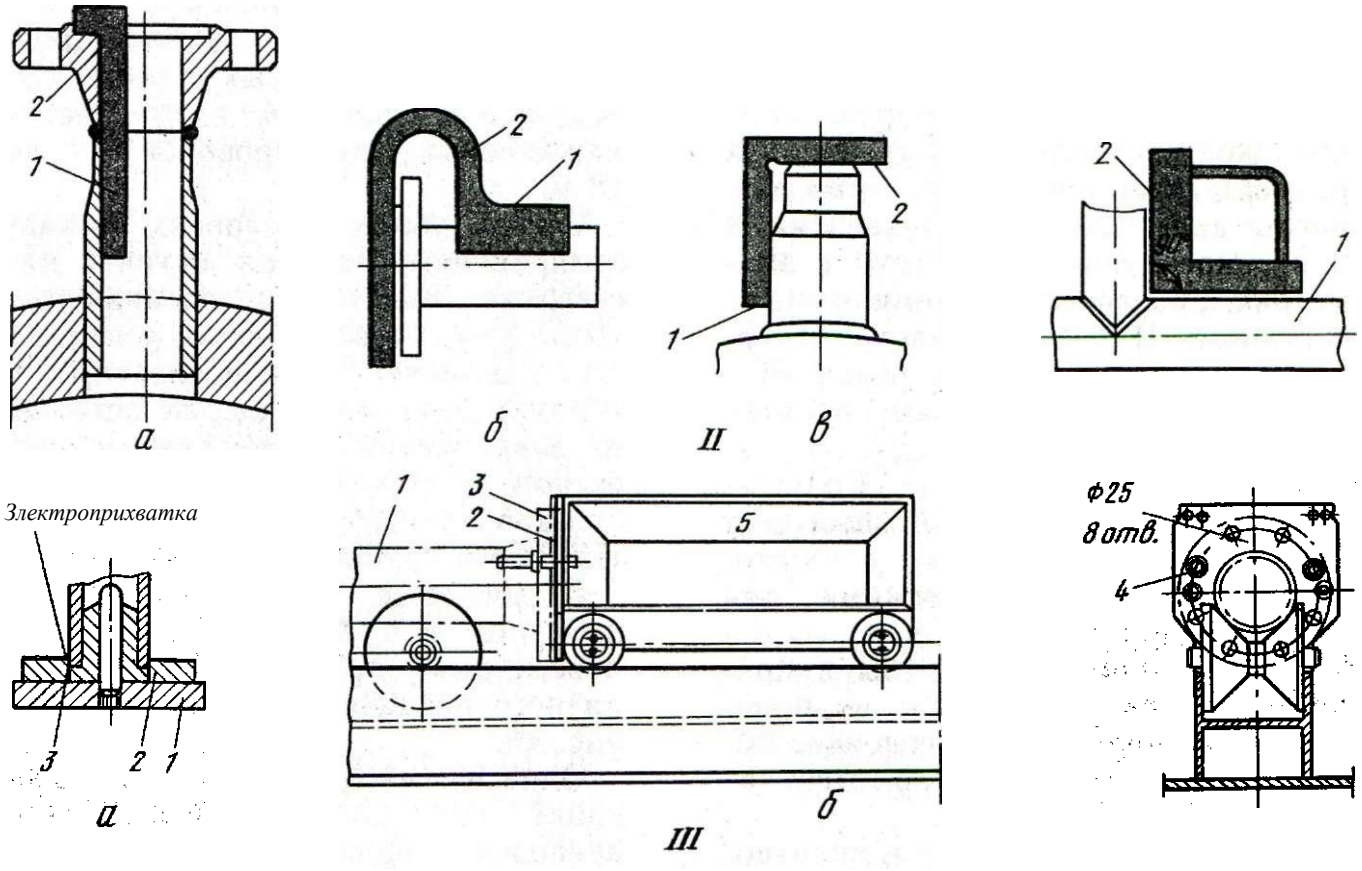


Рис. 48. Приспособления:

/ — для проверки на соосность (верхний ряд);а — при стыковке труб с отводами; *б, в, г* — при стыковке труб; // — для проверки на перпендикулярность; *а, б* — фланцев; *в* — кромок труб; *г* — штуцеров к основной трубе; / — опора приспособления; *2* — контрольная плоскость; ///— для напасовки фланцев и подготовки к приварке труб: *а* — плоских фланцев с фиксацией шва в отверстии: / — основание; *2* — фланец; *3* — привариваемая труба; б — фланцев других типов: *1* — труба; *2* — штифт; *3* — фланец приваренный встык; *4* — плита; *5* — каретка

трубы оставляют уступ, размер которого приведен ниже:

D_y трубы, мм	20	25—50	70—150	200	225	350—400
Уступ, мм	4	5	6	8	9	10

Внутренний диаметр фланца должен быть больше наружного диаметра трубы не менее чем на 1 мм. Правильность напасовки фланцев проверяется с помощью фланцевого угольника.

При сборке неразъемных стыковых соединений труб контролируют соответствие скоса кромок чертежу. При отсутствии таких указаний на чертеже скос кромок должен быть 30—-50°, а зазор между стыкуемыми трубами должен быть в пределах значений, приведенных в табл. 4.

Соосность труб регламентирована предельным отклонением 1 мм для труб с D_y до 100 мм и 2 мм для труб с D_y более 100 мм.

Отклонение замеряют с помощью линейки на расстоянии 200 мм в обе стороны от стыка в трех-четырех противоположных друг другу местах. Собранный неразъемный стык фиксируется электроприхваткой.

При сборке фланцев между собой

Таблица 4

Сварка	Зазо) (в мм) при толщине стенки трубы, мм			
	до 4	4—8	8—10	11 и выше
Ручная электрическая	1,5—2	1,5—2	2—3	3—3,5
газовая	0,5—2	—	—	—
Автоматическая и полуавтоматическая под слоем флюса на подкладном кольце	—	1 — 1,5	1,5—2	1,5—2,5

должна обеспечиваться параллельность их. Допускаемое отклонение (в мм на 100 мм условного Диаметра трубопровода) в зависимости от категории трубопроводов составляет: I и II категория до 0,05; III категория до 0,1; IV и V категории до 0,2.

При сборке фланцевых соединений применяют паронитовые уплотнительные прокладки, внутренний диаметр которых должен быть больше внутреннего диаметра канавки фланца на 2—3 мм у труб диаметром до 125 мм и на 3—4 мм у труб диаметром свыше 125 мм. Наружный диаметр прокладки должен быть меньше диаметра канавки на 2—3 мм у труб диаметром до 125 мм и на 4—5 мм у труб диаметром 125 мм и более.

Перед сборкой фланцевых соединений уплотнительные поверхности фланцев зачищают до, металлического блеска, проверяют параллельность фланцев, измеряют зазоры щупом при начальной сборке фланцев без прокладок.

Паронитовые прокладки должны быть равномерными по толщине. Перед установкой паронитовые прокладки аммиачных машин пропитывают маслом ХА, хладоновых — глицерином. Гайки у фланцевых соединений затягивают постепенно и равномерно (крест-накрест).

Крепежные детали должны соответствовать условным давлениям трубопровода. Все болты подвергают внешнему осмотру. Проверяют качество резьбы (отсутствие рисок, задиров, заусенцев и др.), при этом гайки должны наворачиваться на резьбу болта (шпильки) вручную с небольшим усилием. При тугой резьбе (гайка не наворачивается от руки) необходимо прогнать резьбу, применяя специальный инструмент.

В штуцерно-ниппельных соединениях хладоновых трубопроводов накидная гайка на трубке удерживается отбортовкой. Соединение гайки со штуцером уплотняется с помощью борта отожженной меди стенки трубки.

Трубопроводная арматура поступает с заводов-изготовителей с заглушёнными проходными отверстиями и снабженной сертификатами (индивидуальными или общими при групповой поставке).

Всю арматуру подвергают внешнему осмотру, при котором убеждаются в исправности (отсутствие трещин, раковин в корпусах, рисок, забоин, на уплотнительных поверхностях и у шпинделей).

Арматура, имеющая неисправности, может быть допущена к монтажу только после устранения дефектов и испытания на прочность и герметичность.

Вся аммиачная запорная арматура подлежит ревизии независимо от наличия паспорта и срока хранения. Хладоновые вентили ревизии не подлежат при наличии паспорта или если срок хранения меньше гарантийного.

Испытания арматуры оформляют актом и регистрируют в специальном журнале, на корпус наносят специальное клеймо.

Перед монтажом трубопроводов по монтажным чертежам проверяют возможность прокладки трубопровода в соответствии с проектом, т. е. на принятом расстоянии от стен и колонн, на заданной высоте. При этом устанавливают, не мешают ли прокладке трубопровода какие-либо препятствия; можно ли установить в местах, указанных на чертежах, опоры и подвески, компенсаторы и фа-

сонные детали, возможно ли обслуживание арматуры после ее монтажа. После ознакомления с местом прокладки намечают, какие временные подмости и леса требуются для монтажа трубопроводов. Наиболее целесообразно применять инвентарные леса с настилом из досок толщиной 40—50 мм.

§ 14. МОНТАЖ ОСНОВНЫХ ПРИБОРОВ АВТОМАТИКИ

Терморегулирующие вентили. Перед монтажом в результате внешнего осмотра убеждаются в отсутствии переломов капиллярной трубки, вмятин и ржавчины. Далее снимают заглушки и проверяют наличие хладагента в термоэлементе и исправность силового элемента, продувая вентиль сжатым воздухом или азотом (при температуре окружающего воздуха 20±5°С). Клапан ТРВ с исправным силовым элементом будет открыт полностью; если же силовой элемент неисправен, то клапан будет закрыт.

Терморегулирующий вентиль с внутренним выравниванием (рис. 49, ***а)*** присоединяют к трубопроводам с помощью накидных гаек. Вентиль монтируют в горизонтальном Положении капиллярной трубкой вверх, а регулировочным винтом вниз. Допускается отклонение оси штуцеров вентилей от горизонтали не более чем на 40—50°.

Термоэлемент прикрепляют к верхней части всасывающего трубопровода. Место крепления предварительно зачищают наждачной бумагой, а патрон притягивают хомутом к всасывающему трубопроводу на расстоянии 180—200 . мм от батарей.

Терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием j (рис, 49, *б).* монтируют вне охлаждаемого объекта на кронштейне или щитах. На щите терморегулирующего вентиля монтируют фильтр или фильтр-осушитель и соленоидный вентиль. Перед терморегулирующим вентилем и за ним монтируют запорные вентили, что позволяет отключать узел ТРВ от системы.

Уравнительную трубку врезают за термоэлементом, т. е. ближе к компрессору. Такое расположение трубки связано с тем, что через сальниковые неплотности возможна утечка жидкого хладагента в урав-

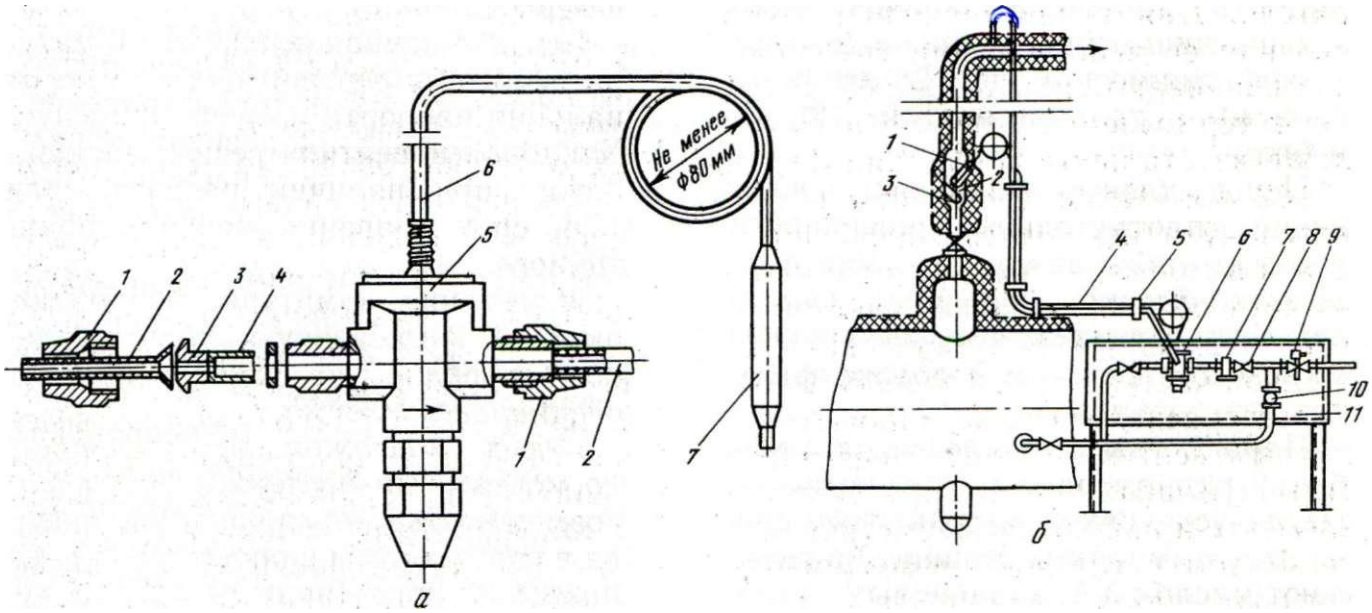


Рис. 49. Терморегулирующие вентили:

а — с внутренним выравниванием: / — накидная гайка; 2 — медный трубопровод; *3*—конусная медная шайба на входном штуцере ТРВ; *4* — сетчатый фильтр; *5* — корпус вентиля; *6* — капиллярная трубка; 7 — термочувствительный баллон; *б* — с внешним выравниванием: / — термобаллон прибора; *2* — бочонок трубки; *3* — термометровая гильза; *4* — капиллярная трубка; *5* — уравнительная трубка; *6* — ТРВ; 7 — фильтр; *8* — запорный вентиль; *9* — соленоидный вентиль; *10*—ручной регулирующий вентиль; // — щит прибора

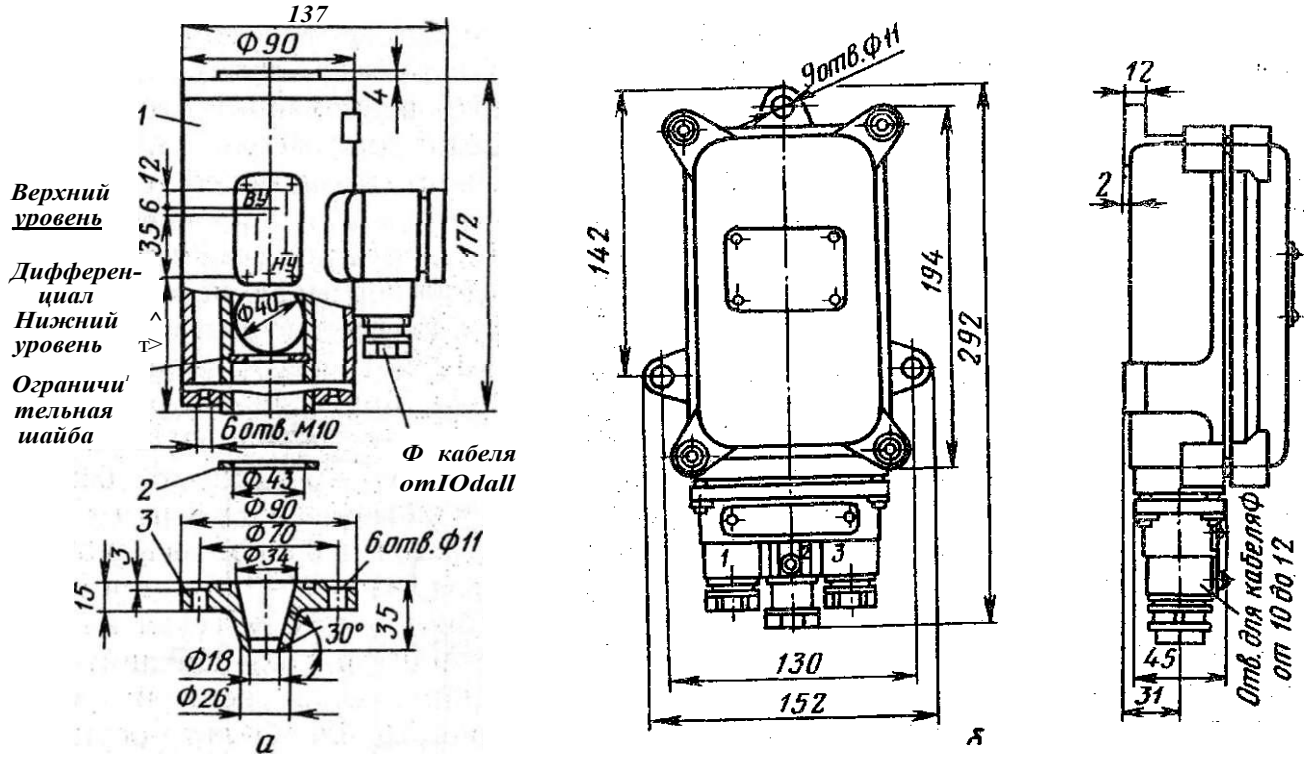


Рис. 50. Реле уровня жидкости ПРУ-5:

а — датчик ПРУ-5; б — блок усилителя ПРУ-5; /— датчик; *2* — фторопластовая уплотнительная прокладка; *3* — присоединительный фланец

нительную трубку. Если расположить уравнительную трубку перед термочувствительным баллоном, то температура будет искажена и появится эффект влажного хода даже при недостаточном заполнении испарителя. Для предотвращения этого явления во всасывающий трубопровод вваривают гильзу, а в нее вставляют термоэлемент. Гильзу изготовляют из стальной трубы диаметром 18Х2 мм. Чтобы улучшить теплопередачу и исключить конденсацию влаги в гильзе, ее заполняют смесью из двух объемных частей алюминиевой пудры (ПАК-3 или ПАК-4) и одной части смазки ЦИАТИМ-201. Гильзу располагают за паровым запорным вентилем, чтобы предотвратить повышение давления в силовом элементе и нарушение герметичности ее. Рядом с гильзой термоэлемента врезают гильзу термометра.

Для предотвращения загрязнения и попадания масла в уравнительную трубку ее врезают в верхнюю часть горизонтального участка всасывающего трубопровода в виде вертикальной петли, направленной вверх. Для отключения прибора при ремонте или демонтаже устанавливают запорный вентиль с D_y, равным 6 мм. Трубопроводы присоединяют к штуцерам терморегулирующего вентиля и к системе холодильной установки с помощью накидных гаек.

Капиллярная трубка при прокладке не должна резко изгибаться и касаться холодных частей всасывающего трубопровода. Ее закрепляют с помощью деревянных или пластмассовых колодок и сворачивают в кольцо, диаметр которого составляет не менее 80 мм.

Реле уровня жидкости. Эти приборы предназначены для предупредительной и аварийной автоматической сигнализации об уровне жидкого хладагента в аппаратах холодильной установки. Реле уровня в комплекте с исполнительными механизмами и соленоидными вентилями используются также для регулирования уровня холодильного агента. В настоящее время применяют реле ПРУ-5, ПРУ-5М.

Реле состоит из поплавкового индуктивного датчика (рис. 50, *а)* и

блока полупроводникового усилителя (рис. 50,6). Датчики устанавливают на аппаратах в вертикальном положении и соединяют с ним жидкостным и уравнительным трубопроводами. Расположение датчиков ПРУ-5 у аппаратов показано на рис. 51. Согласно правилам техники безопасности при использовании ПРУ-5 для контроля аварийного уровня жидкого аммиака в отделителях жидкости, защитных ресиверах, промежуточных сосудах необходимо монтировать два параллельно работающих реле, датчики которых размещают на расстоянии 50 мм друг от друга. При достижении в этих аппаратах аварийных уровней жидкости датчики реле через исполнительные контакты реле производят

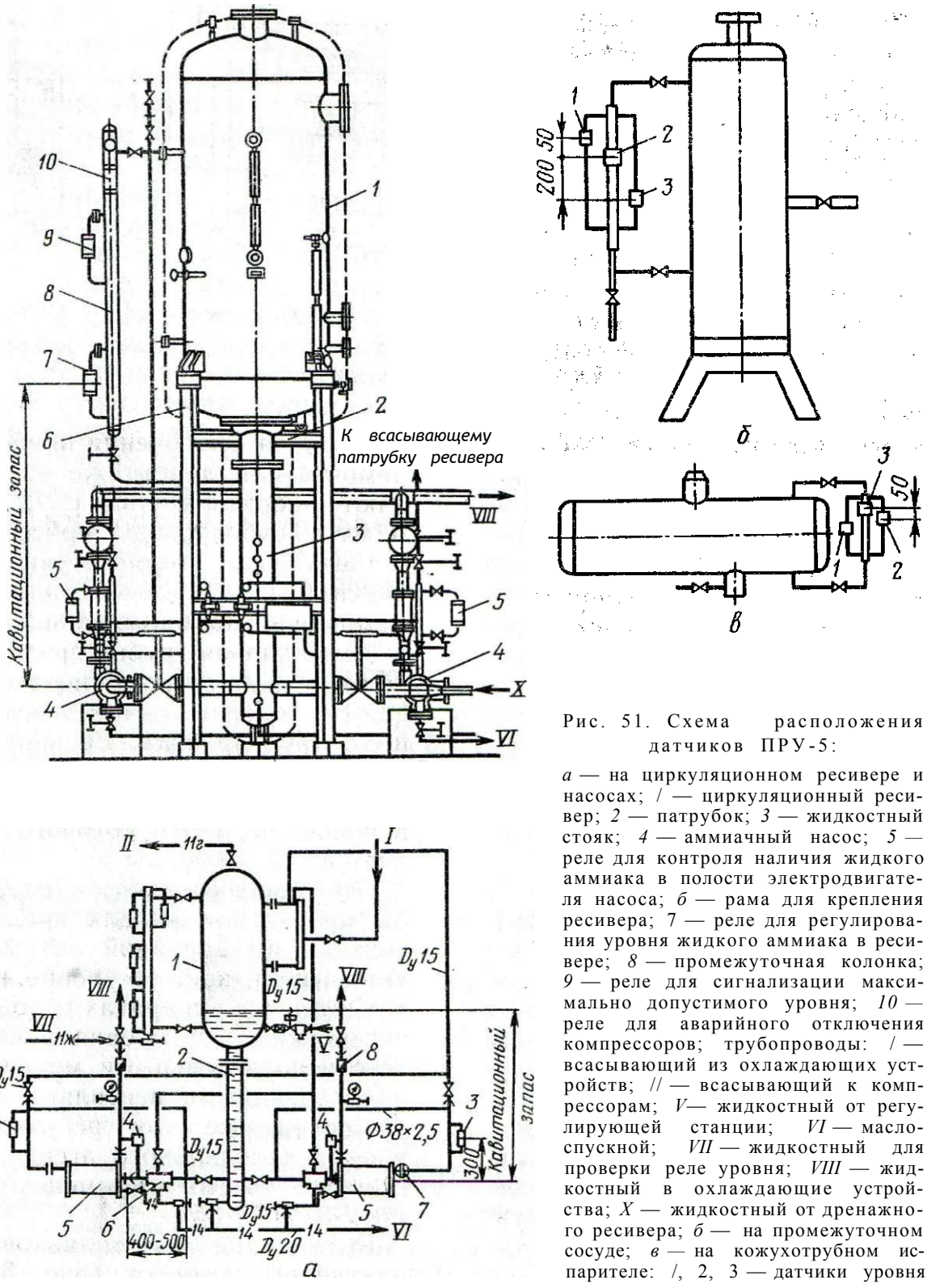


Рис. 51. Схема расположения датчиков ПРУ-5:

а — на циркуляционном ресивере и насосах; / — циркуляционный ресивер; *2* — патрубок; *3* — жидкостный стояк; *4* — аммиачный насос; *5* — реле для контроля наличия жидкого аммиака в полости электродвигателя насоса; *б* — рама для крепления ресивера; 7 — реле для регулирования уровня жидкого аммиака в ресивере; *8* — промежуточная колонка; *9* — реле для сигнализации максимально допустимого уровня; *10* — реле для аварийного отключения компрессоров; трубопроводы: / — всасывающий из охлаждающих устройств; // — всасывающий к компрессорам; *V*— жидкостный от регулирующей станции; *VI* — маслоспускной; *VII* — жидкостный для проверки реле уровня; *VIII* — жидкостный в охлаждающие устройства; *X* — жидкостный от дренажного ресивера; *б* — на промежуточном сосуде; *в* — на кожухотрубном испарителе: /, 2, 3 — датчики уровня

аварийное отключение компрессоров. В случаях, когда у одного аппарата нужно установить два или три датчика, к аппарату с помощью урав'нительных парового и жидкостного трубопроводов диаметром 25 мм с запорными вентилями подсоединяют колонку диаметром 70—100 мм. Как показано на рис. 51, в нижнюю часть колонки для продувки и прочистки колонки вваривают бобышки с резьбовыми пробками или устанавливают запорные вентили. Для предотвращения замасливания камеры датчиков монтируют нижний патрубок с небольшим уклоном в сторону сосуда.

В качестве примера рассмотрен монтаж реле уровня ПРУ-5 на вертикальном циркуляционном ресивере типа РДВ в системе непосредственного охлаждения. На ресивере установлено пять реле уровня. Нижнее реле уровня ПРУ-5 воздействует на соленоидный вентиль, который открывает проход хладагенту от регулирующей станции и поддерживает заполнение в пределах 30 % объема (на 600 мм выше образующей ресивера). Второе реле размещают выше рабочего уровня на 300 мм, при превышении этого уровня реле подает световую или звуковую сигнализацию.

На отметке, соответствующей 80 % заполнения, монтируют два реле уровня по высоте (одно из них ниже другого на 50 мм), которые отключают все компрессоры, соединенные с циркуляционным ресивером, при достижении заданного уровня.

Реле давления. Эти приборы предназначены для сигнализации и автоматического двухпозиционного регулирования давления в холодильных установках. Перед монтажом приборы осматривают, проверяют наличие накидных гаек и заглушек на штуцерах. Отверстия штуцеров прочищают мягкой латунной или медной проволокой. При снятой крышке проверяют исправность рычагов, отсутствие ржавчины и засорений. Наиболее распространены реле давления РД-3-01, РД-4А, РД-5.

Реле давления РД-3-01 (рис. 52, *а)* предназначается для хладоновых машин; его монтируют непосредственно на самих агрегатах или на щитах регулирующих станций. Сильфонные блоки этого реле имеют штуцера и гайки присоединения медных трубок диаметром 6 мм *(D_y* = = 3 мм). Штуцер имеет резьбу М12Х1. Имеется клеммная колодка с двумя рабочими клеммами и клеммой для заземления. Прибор настраивают, вращая регулировочные винты до совмещения указательных стрелок с серединами рисок, соответствующих давлению срабатывания.

Реле давления РД-4А-01 и РД-4А-02 используют в аммиачных машинах (реле РД-4А-01 для систем с высокими давлениями и РД-4А-02 для систем с низкими давлениями). Сильфонные блоки этого реле снабжены штуцерами с резьбой для присоединения накидных гаек и стальных трубопроводов диаметром 6 мм с ниппелями и прокладками. Штуцера имеют резьбу М16Х1,6. Для заземления предназначен винт М5. Прибор монтируют в вертикальном положении таким образом, чтобы винты для настройки прибора были расположены на его верхней стенке и закрыты крышкой, которая крепится к корпусу шестью винтами М4. Прибор настраивают с помощью отвертки или ключа. Винты контрят шайбой.

Реле давления РД-5М применяется для защиты водяных и рассольных насосов от нарушения режима работы в холодильных установках. Реле монтируют непосредственно на трубопроводе диаметром 1/2", подводящем рабочую среду. Положение прибора любое, но лучше вертикальное. Для присоединения кабеля надо вывернуть штуцер и удалить заглушку, снять шайбу и прокладку. Схема присоединения кабеля указана на кронштейне. Плотность и надежность соединения обеспечиваются натягом штуцера.

Рис. 52. Реле:

а —давления типа РД-3-01, РД-4А-01; *б* — контроля смазки типа РКС-7А-0J; *в* — протока воды типа РП-67: *1* — трубопровод; *2* — контактная группа; *3* — контрольная шайба; *4* — сливная водопроводная линия; *5* — сливная воронка

Настраивают прибор следующим образом: подают давление, близкое к заданному, поворачивают ходовой винт, изменяющий натяжение пружины до положения переключения. Затем давление снижают на 0,01—0,20 МПа менее заданного и медленно повышают до нормального. При этом ходовым винтом корректируют момент переключения контактов так, чтобы он соответствовал заданному значению давления.

Реле контроля смазки РКС-7А-01. Этот прибор, показанный на рис. 52, б, предназначен для контроля за работой систем смазки компрессоров. Перед монтажом проверяют состояние контактов и зазор между ними, который должен быть в пределах 1,2—1,5 мм. Корпус крепят к щиту с переходной панелью или без нее. В зависимости от места крепления сверлят отверстия диаметром 4 или 4,5 мм. Расстояния между ними устанавливают согласно паспорту. Рабочее положение прибора вертикальное, клеммной колодкой вниз. При этом положении прибора вибрация должна отсутствовать.

Сильфоны соединяют с контролируемой средой с помощью трубок диаметром 6Х1 мм, концы которых снабжены ниппелями с накидными гайками. К сильфону со знаком «плюс» подводят трубку от системы с более высоким давлением, к сильфону со знаком «минус»'—с более низким давлением. Трубки закрепляют крепежными скобами.

Для подключения электрического кабеля имеется клеммная колодка на три клеммы с сальниковым вводом. Винт для заземления корпуса расположен на боковой стенке. Правильность выполнения соединений и величину сопротивления определяют мегомметром. Для настройки прибора служит винт, расположенный на боковой стенке, для фиксации настройки предназначен стопор, укрепленный на крышке прибора. Исправность прибора необходимо периодически проверять. Для этого прикрывают вентиль на нагнетательной стороне и замеряют давление, при котором срабатывает прибор.

Контактная группа должна срабатывать без дребезжания исполнительного механизма.

После монтажа проверяют герме^ тичность подсоединения прибора и его сильфонов галоидной лампой при наличии фреона или мыльной эмульсии. Проверяют соответствие показа-

ний шкалы прибора срабатыванию контактов.

Реле протока РП-67. Реле протока (рис. 52, *в)* применяют для предотвращения аварии, которая может произойти в случае прекращения протока воды через рубашки цилиндров компрессора.

Реле протока присоединяют к сливной водопроводной линии после компрессора. Между реле протока и канализационным трубопроводом устанавливают сливную воронку и делают разрыв трубопровода для контроля наличия воды и проверки расхода ее.

Устанавливать запорную арматуру перед реле запрещается, так как это может привести к ложному замыканию контактов.

Перед установкой р*еле проверяют срабатывание контактной группы, прикрывая отверстия для воды со стороны входа ее в рубашку компрессора специальной насадкой. При этом должен быть Слышен характерный щелчок замыкания контактов микропереключателя реле. Расход воды, проходящей через прибор, определяют с помощью мерной емкости и секундомера. Минимально допустимый расход воды 0,2—0,3 м^3/ч. При меньшем расходе и длительной работе компрессора могут возникнуть опасный нагрев цилиндров и повышение температуры нагнетания. По окончании регулировки положение насадки фиксируют контргайкой. ".'"

В заключение монтажа проверяют-, будет . ли отключаться компрессор и включаться аварийная сигнализация в случае выключения подачи воды. -

Полупроводниковые реле температур. К полупроводниковым реле температур относятся двуХпозиционные температурные ПТР и ПТР-2М, трехпозиционное реле ПТР-3, прибор для пропорционального регулирования ПТР-П. Эти приборы изображены на рис. 53, *а.* В качестве датчиков применяют термисторы, а для усиления сигнала — транзисторы с электромагнитными реле.

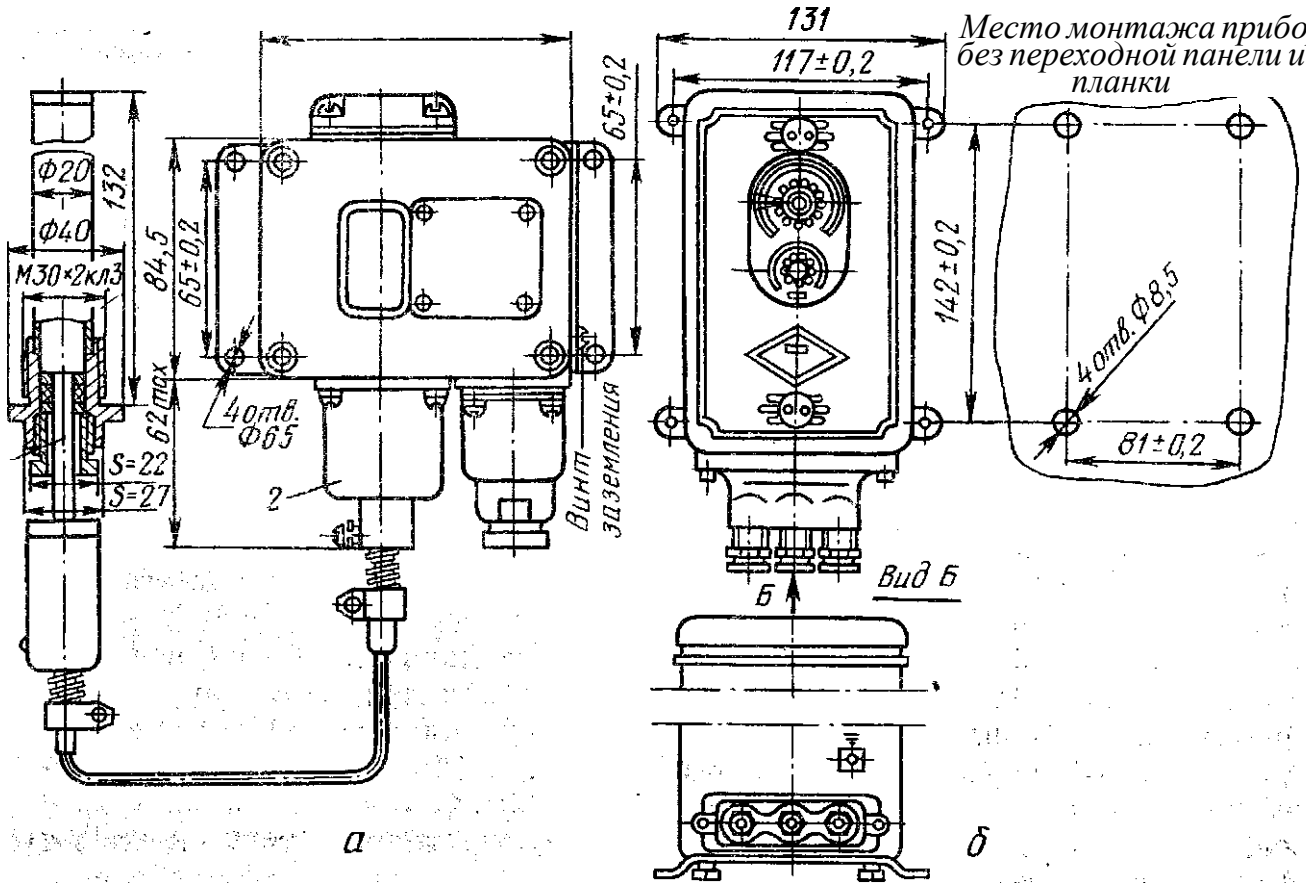
В реле разности температур ПТРД-2 (рис. 53, *б)* в качестве датчиков используют стандартные термометры сопротивления.

В зависимости от назначения различают датчики камерные и погружные.

Камерный датчик имеет основание, с помощью которого крепится к стене. Термистор защищен перфорированным кожухом. Датчики располагают в. таком месте, где средняя температура воздуха характерна для всего охлаждаемого помещения, т. е. на колоннах или стенах, по возможности в центральных проходах на 2/3 высоты от пола. На датчики не должны оказывать влияние тепловые потоки через двери, от осветительных приборов, вентиляционных каналов. Для защиты от повреждения датчики ограждают, но так, чтобы не было препятствий теплообмену с воздухом. ••<

Погружной датчик имеет штуцер с сальниковым уплотнением, с помощью которого он крепится на трубопроводе. Для установки датчика делают расширитель, к которому приваривают патрубки того же диаметра, что и диаметр основного трубопровода. Датчик устанавливают наклонно к оси потока жидкости. Защитный чехол укрепляют в резьбовой бобышке. Измерительные провода крепят у мест установки датчика. Для уменьшения теплопритока из окружающей среды место установки изолируют вместе с трубопроводом. Погружной датчик для агрессивных сред отличается материалом погружной части, которая изготовлена из коррозионно-стойкой стали, и уплотнением стальной головки с сальниковым выводом для проводов. Погружные датчики выпускают со следующими глубинами погружения: 170, 220, 320, 420 и 770 мм.

Усилитель монтируют на щите в машинном отделении или На стене. При этом необходимо убедиться; что номер датчика соответствует номеру термосистемы. Соединительные линии монтируют методом экранирования



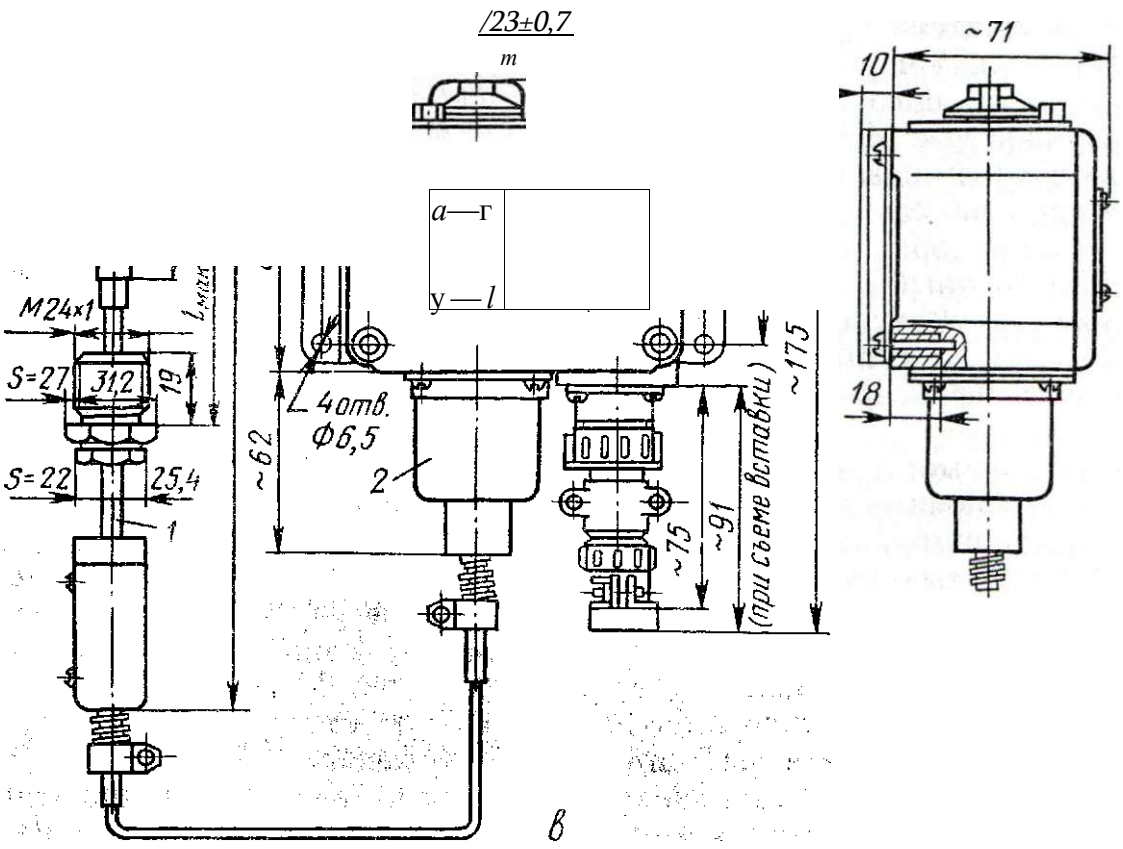


Рис. 53. Реле температуры:

типа ПТР-2М; *б* — гипа ПТРД-2; о — типа ТР-1 Б и ТР-2Б; / — датчик прибора; *2-* • корпус прибора

двух- или трехжильным кабелем. Можно вести монтаж с помощью кабеля, проложенного в заземленной трубе. Нельзя прокладывать кабель в одном экране с проводами питания управления и исполнительных механизмов.

Исправность приборов проверяют вручную, вращая рукоятку задатчика температуры.

Монтаж соединительных линий ПТРД-2 производят двухжильным экранированным кабелем. Экран заземляют. Перед началом настройки прибор выдерживают во включенном состоянии в течение 15—20 мин. На концах линий вместо термометров сопротивления включают образцовые катушки с сопротивлением 100 ±0,06 Ом. Винт установки дифференциала поворачивают против часовой стрелки до упора. Задатчики перепада температур устанавливают в положение 0 °С.

Вращая компенсатор линии, добиваются, чтобы лампа горела как в плюсовом, так и в минусовом положении тумблера, а затем присоединяют термометры сопротивления.

Для проверки прибора вращают задатчик температуры, при этом выходное реле должно срабатывать.

Реле температур ТР-**1Б** и ТР-**2Б** (рис. 53, в). Они предназначены для двухпозиционного регулирования температуры воздуха в холодильных камерах и температуры хладоносителей. Перед монтажом проверяют контактную группу, исправность термочувствительного элемента, состояние регулировочных пружин приборов.

Прибор монтируют на щитах или кронштейнах с помощью винтов М4. Чувствительный элемент на горизонтальных трубах диаметром не менее 50 мм устанавливают наклонно к оси трубы (рис. 54, *а)* рабочим концом навстречу потоку. Допускается установка датчика перпендикулярно оси трубы (рис. 54, *б)* при условии, что средняя часть чувствительного элемента находится на оси

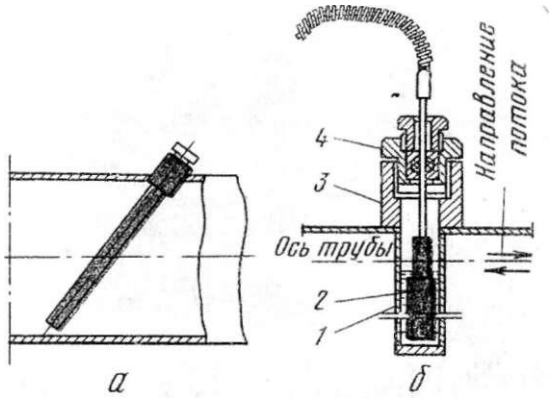


Рис. 54. Монтаж чувствительного элемента реле температуры:

а — наклонно к оси трубы; *б* — перпендикулярно оси трубы; *1* — защитная гильза; *2* — термобаллон; *3* — бобышка; *4* — сальник

трубы. На вертикальных трубопроводах с восходящим потоком чувствительный элемент устанавливают наклонно под углом 30° навстречу потоку. Если диаметр трубопровода менее 50 мм, то в него вваривают расширитель. Если контролируется температура воды, то термобаллон можно помещать в поток при условии герметичности между ним и бобышкой. Если устанавливают защитную гильзу, то ее ввертывают в бобышку, при этом внутренний диаметр ее должен быть на 2—3 мм больше диаметра термобаллона.

Капилляр крепят к неподвижным частям установки хомутиками через каждые 500 мм. Радиус изгиба капилляра должен быть не менее 40 мм. Электрический кабель присоединяют к прибору с помощью штепсельного разъема. Винт для заземления находится рядом.

По температурной шкале устанавливают температуру отключения прибора, по дифференциальной — температуру замыкания контактов. По термометру проверяют правильность срабатывания прибора. По окончании настройки прибора устанавливают стопор.

Реле температуры ТР-2А-06ТМ (двухпозиционное дистанционное) предназначено для контроля температуры нагнетания хладагента и защиты компрессора от опасного режима работы. До начала монта-

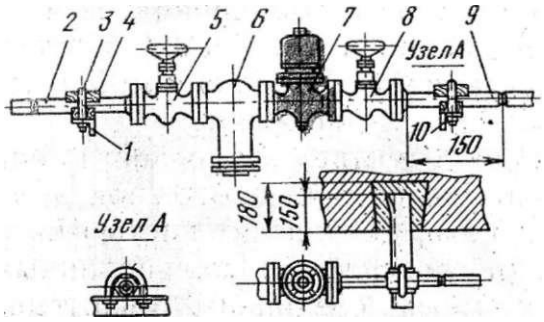


Рис. 55. Узел монтажа СВМ соленоидного вентиля трубопровода:
1, 10— кронштейны; *2, 9* —- отрезки труб; *3* — хомут; *4* —деревянная колодка; *5* — запорный вентиль; *6* — фильтр; 7 — корпус магнитного вентиля; *8* — регулирующий вентиль

жа проверяют исправность прибора. Для этого устанавливают указатель температурной шкалы на 60 °С, помещают термобаллон в сосуд с веретенным маслом, температура которого равна 70 °С. Если прибор исправный, то контакты разомкнутся, а сигнальная лампочка, подключенная к контактам, погаснет. Затем устанавливают указатель шкалы на допустимую температуру нагнетания, а масло нагревают на 5 °С выше этой температуры. При этом контакты также должны разомкнуться.

Корпус реле монтируют с переходной панелью и без нее. Рабочее положение прибора вертикальное, сильфонным блоком вниз. Для присоединения кабеля имеется три клеммы. На боковой стенке расположен винт заземления;

Термочувствительный баллон прибора крепят около нагнетательного вентиля компрессора: на вертикальных компрессорах на расстоянии 200—250 мм выше вентиля; на горизонтальных и оппозитных компрессорах между цилиндром и нагнетательным вентилем. Если термочувствительный баллон помещен в защитный чехол со штуцерным соединением, то в трубопровод вваривают бобышку с резьбой' М30Х2. Если термочувствительный патрон поступает без защитного чехла, то в трубопровод вваривают термометровую гильзу из трубы диаметром 25Х2 мм, длиной 150 мм. На выступающей части ее должна быть бобышка с резьбой М24Х1-

Соленоидные вентили (СВМ). Эти приборы относятся к группе исполнительных механизмов. Соленоидные вентили выпускают для аммиака, хладонов, воды и рассола. Перед монтажом промывают все детали соленоидных вентилей в керосине, проверяют легкость перемещения клапана и сопротивление изоляции катушек, которое должно быть не менее 1 Ом-м.

Соленоидные вентили монтируют на горизонтальных участках трубопроводов электромагнитом вверх, как показано на рис. 55. После вентиля не должно быть участков трубопровода, поднимающихся вверх. Для надежной очистки среды сетку обертывают тканью.

Вентили малых размеров (D_y = — 10ч-15 мм) можно крепить непосредственно на трубопроводах. Вентили больших размеров (O_y = = 25-=-40 мм) монтируют на кронштейнах из угловой стали. Предварительно на прокладках собирают узел, состоящий из соленоидного вентиля с фильтром, двух запорных вентилей, контрфланцев с приваренными к ним патрубками длиной 150—200 мм. Узел устанавливают горизонтально на деревянных подкладках кронштейнов и закрепляют хомутами, приваривают патрубки к трубопроводам, проверяют на герметичность воздухом под давлением 0,2 МПа.

Глава 4

ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ И ПУСК УСТАНОВОК

§ 15. ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМ

Аммиачные установки. Испытания систем начинают с продувки для удаления окалины, песка, сварочного грата и других загрязнений. Продувка системы ведется сжатым воздухом. В установках с разветвленной системой трубопроводов продувку целесообразно выполнять по частям. В системе создается дав-

ление не более 0,6 МПа. В нижней части каждого продуваемого участка устанавливают пробковый кран. При его резком открытии воздух, выходя с большой скоростью, выносит все загрязнения. Операцию, по продувке повторяют несколько раз. Степень очистки продуваемого участка проверяют с помощью куска марли, скатанной в шар, смоченной маслом. В конце продувки при небольшом избыточном давлении шар подносят к струе воздуха. Если марля остается чистой, продувку заканчивают.

После продувки всей системы составляют акт на проведенные работы.

Для продувки системы воздухом и последующих испытаний используют воздушные компрессоры. Применять в этих целях аммиачные компрессоры холодильных установок запрещено.

Перед испытанием систем проводят подготовительную работу. В установках с разветвленной сетью испытания проводят по участкам, которые отделяют от общей системы металлическими заглушками с «хвостовиками», выступающими за пределы фланцев на 30—40 мм/

Приборы КИПиА, компрессоры и предохранительные клапаны защищают с помощью заглушек. Крышки со всех кожухотрубных аппаратов снимают.

Вентили, через которые система заполняется воздухом, выносят э безопасное место. Туда же выносят контрольные манометры, по которым замеряют давление воздуха. В этих целях применяют манометры класса не ниже 1,5 со шкалой 0—2,5 МПа, с диаметром корпуса не менее 1.50 мм.

Аммиачные системы испытывают на прочность, плотность и вакуумную плотность.

При испытаниях на прочность давление на стороне нагнетания 1,8 МПа, на стороне всасывания 1,2 МПа, при испытаниях на плотность—соответственно. 1,5 и 1,0 МПа. При испытаниях на вакуумную плотность остаточное давление составляет 5,4 кПа (40 мм рт. ст.).

Давление в системе поднимают поэтапно с осмотром аппаратов и трубопроводов при 0,3 и 0,6 давления испытания. Во время осмотра подъем давления прекращают.

При осмотре неплотности определяют с помощью мыльной эмульсии, которую наносят кистью на поверхность сварных, вальцованных и разъемных соединений испытываемой системы. Появление пузырей указывает на места неплотностей. Мыльная эмульсия представляет собой раствор 300—400 г хозяйственного мыла в 10—12 л воды с добавлением небольшого количества технического глицерина.

Отмечают места неплотностей и устраняют дефекты при атмосферном давлении, т. е. после выпуска воздуха из системы.

После устранения всех неплотностей давление в системе поднимают до давления испытания на прочность. Систему выдерживают под давлением 5 мин. Система считается выдержавшей испытания на прочность, если по контрольному манометру не будет отмечено падения давления. Затем давление в системе снижают до давления испытания на плотность и выдерживается под ним не менее 18 ч. Падение давления в системе при /=const не допускается. Контроль за давлением ведется по манометру с записью в журнал каждый час.

Возможно изменение давления в системе за счет изменения температуры окружающего воздуха, которое определяется по формуле

$$p = 100\left(1 - \frac{p_{кон} \wedge_{нач}}{V \quad p_{нач}\,' кон\ /}\right),$$

где p — падение давления, % пробного; $p_{нач}$ и $p_{кон}$ — абсолютное и начальное давления в начале и в конце испытаний, Па; $T_{нач}$ и $T_{кон}$ — абсолютная температура воздуха в начале и в конце испытания, К.

Система считается выдержавшей испытания, если давление по манометру не уцало, а во всех соединениях не обнаружено утечек. В случае неудовлетворительных результатов проверяют повторно герметичность всех соединений, а затем всей системы.

При удовлетворительных испытаниях на плотность из системы выпускают воздух и с помощью вакуумнасоса система вакуумируется до остаточного давления 5,4 кПа (40 мм рт. ст.). Под вакуумом система испытывается 18 ч. В первые 6 ч допускается повышение давления в системе не более 50% остаточного. В последующие 12 ч повышение давления не допускается. После испытания систем составляют акт на выполненные работы.

Хладоновые установки. Системы хладоновых установок продувают азотом с точкой росы не выше —50°С или воздухом, предварительно осушенным и подогретым до 80° С. Порядок продувки и подготовки системы к испытаниям такой же, как и при испытании аммиачных установок.

Системы хладоновых установок испытывают только на плотность, причем давление испытания зависит от вида применяемого хладона.

Хладон-12	
на стороне нагнетания, МПа	1,6
на стороне всасывания, МПа	1,0
Хладон-22	
на стороне нагнетания, МПа	2,0
на стороне всасывания, МПа	1,6

Порядок испытания на плотность и вакуумную плотность такой же, как и при испытании аммиачных установок.

Водяные и рассольные трубопроводы. Водяные и рассольные трубопроводы и соответствующие полости аппаратов, насосов и арматуры подвергают гидравлическим испытаниям.

Перед испытаниями систему заполняют водой. Воздух из системы при заполнении водой удаляют через воздухоспускные краники, дренажные вентили и штуцера для присоединения манометров до тех пор, пока из воздушных краников не пойдет вода.

После заполнения осматривают всю систему для обнаружения неплотностей в сварных швах, фланцах, сальниках. При обнаружении неплотностей во фланцах и ельниках их устраняют подтягиванием гаек. Если это не помогает, то заменяют прокладку или набивку. Неплотности в сварных соединениях устраняют после спуска воды, подваривая дефектный шов или вырезая кусок дефектной части трубы и вваривая новый.

После устранения утечек, обнаруженных при заполнении, систему вновь заполняют водой и повторно осматривают для обнаружения самых ничтожных утечек воды. При отсутствии утечек давление в системе с помощью гидравлического пресса повышают до рабочего и еще раз осматривают систему для обнаружения утечек. При отсутствии неплотностей давление в системе повышают до пробного (0,6 МПа) и выдерживают под ним 5 мин. Затем давление снижается до 0,35 — 0,4 МПа. При этом давлении проводится осмотр системы с обстукиванием сварных швов молотком массой не более 1,5 кг.

Система считается выдержавшей испытания, если по контрольному манометру не было отмечено падения давления, а в сварных швах, фланцах и сальниках не обнаружено течи, потения, слезок.

При температурах ниже 0 °С используют вместо воды раствор хлористого кальция концентрацией, обеспечивающей замерзание раствора ниже температуры окружающего воздуха.

После проведения гидравлических испытаний систему трубопроводов промывают водой до полного удаления из них песка, окалины и других загрязнений. После промывки воду из системы спускают через спускные и дренажные вентили.

§ 16. ЗАПОЛНЕНИЕ СИСТЕМ ХЛАДАГЕНТОМ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

В настоящее время на холодильных предприятиях с умеренно низкими температурами в качестве хладагента наиболее часто применяют аммиак. На холодильном транспорте и в малых холодильных установках

преобладают хладон-12 и хладон-22.

Все хладагенты, поступающие на предприятия, должны иметь сертификат, удостоверяющий соответствие хладагента ГОСТу. Заполнение систем хладагентом, на который отсутствует сертификат, не разрешается.

Расчет количества аммиака для заполнения системы. Количество аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется проектом с учетом заполнения аппаратов холодильной установки согласно требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации аммиачных установок. Степень заполнения аппаратов (в % от объма) приведена ниже.

Испарители	
кожухотрубные и вертикально трубные	80
змеевиковые и листотрубные (панельные) (независимо от наличия отделителей жидкости)	50
Батареи холодильных камер	
с верхней подачей аммиака	30
с нижней » »	70
Воздухоохладители	
с верхней подачей аммиака	50
с нижней » »	70
Конденсаторы кожухотрубные с ресиверной частью кожуха (обечайки)	Полный объем ресиверной части
Конденсаторы других типов	80 % объема сборников жидкого аммиака
Отделители жидкости	0
Ресиверы	
линейные	50
циркуляционные вертикальные и горизонтальные	
с жидкостными стояками	15
без жидкостных стояков	30
дренажные	0
защитные	0
Переохладители, трубопроводы жидкого аммиака	100
Промежуточные сосуды в установках двухступенчатого сжатия	
вертикальные	30
горизонтальные	50
Маслоотделители барботажного типа	30
Морозильные аппараты непосредственного охлаждения	80
Трубопроводы совмещенного отсоса паров и слива жидкого аммиака	30

Общая масса аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется по формуле

$$m = Vp \cdot 1000,$$

где m — общая масса аммиака, кг; V — общий объем аппаратов и трубопроводов установки, заполняемых аммиаком, м3. плотность аммиака, равная 570 кг/м^3

Подготовка системы к заполнению хладагентом и смазкой проводится после окончания испытаний и устранения всех недоделок, выявленных в процессе испытаний. Система перед заполнением хладагентом и маслом вакуумируется до остаточного давления 5,3 кПа.

Заполнение системы аммиаком. Систему заполняют аммиаком из баллонов или цистерн.

Заправка системы аммиаком является работой повышенной опасности. Весь персонал, занятый на заправке, должен пройти внеочередной инструктаж по правилам безопасности под расписку.

Подготовка цистерны и системы к сливу аммиака. Цистерны для перевозки аммиака имеют светло-серую окраску. Вдоль цистерны наносят желтые полосы с надписями черной краской: «Аммиак», «Ядовито», «Сжиженный газ». В настоящее время для перевозки аммиака используют железнодорожные цистерны, рассчитанные на давление 2,0 МПа, в также автомобильные цистерны вместимостью 4,6 м^3, рассчитанные на давление 1,6 МПа.

К месту установки прокладывают два трубопровода из стальных бесшовных труб — жидкостный Ж и газовый *Г* (рис. 56). Жидкостный трубопровод изготовляют из труб диаметром 57Х3,5 мм, газовый — из труб диаметром 38Х2 мм.

После прибытия цистерны начальник компрессорного цеха проверяет наличие пломб на защитном колпаке и манометре, состояние внешнего кожуха цистерны, крышки лаза с расположенными на ней вентилями и предохранительными клапанами, отсутствие утечек аммиака из цистерны. При обнаружении неисправностей цистерны или ее арматуры и при отсутствии четкой надписи и соот-

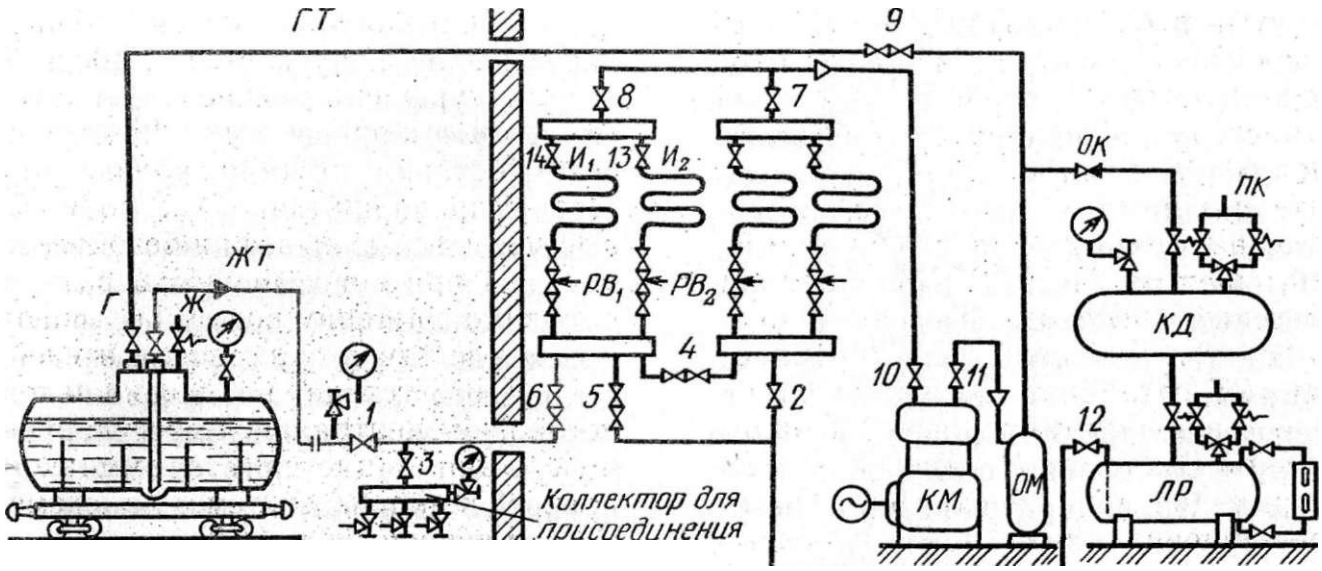


Рис. 56. Схема слива аммиака из цистерны:

Г — запорный вентиль на газовой магистрали; *Ж* — запорный вентиль на жидкостной магистрали; *ГТ* — газовый трубопровод; *ЖТ* • жидкостный трубопровод; *Hi.* Я₂—испарители; *РВ\, РВ*ъ — регулирующие вентили; *КМ* ^- Компрессор; *ОМ* — маслоотделитель; *КД*—конденсатор; *ЛР* — линейный ресивер; *ОК.*— обратный клапан; /е-*J4* — запорные вентили в схеме холодильной установки

ветствующеи стандарту окраски сливать из них аммиак запрещается.

В этом случае администрация предприятия обязана немедленно составить акт и сообщить об этом заводу-наполнителю и вышестоящей организации. Завод-наполнитель после получения сообщения дает указания по использованию цистерны.

Железнодорожную цистерну устанавливают на подъездных путях в безопасном месте, исключающем возможность наезда на нее другого транспорта. Колеса цистерны на рельсовом пути закрепляют специальными башмаками, цистерну ограждают переносными сигналами и устанавливают за ней техническое наблюдение. Если железнодорожные пути не имеют стрелочных переводов, на расстоянии трех метров от цистерны: устанавливают запорный предохранительный брус с сигнализацией. При установке автомобильной цистерны следует обеспечить ее неподвижность, заземление и ограждение.

Цистерну от представителя железной дороги принимает начальник или механик компрессорного цеха по накладным и сертификату (удостоверение качества) на аммиак. Перед началом слива представитель дороги осматривает ходовую часть цистерны и дает письменное заключение о возможности слива аммиака. Начальник (или механик) компрессорного цеха после проверки цистерны и документов отмечает номер цистерны и ее состояние в книге для регистрации слива и делает заключение о возможности слива.

Главный инженер предприятия обязан убедиться в правильности присоединения цистерны к системе и дать письменное разрешение на слив аммиака. \

До слива и в перерывах между сливами вентили *6* (см. рис. 56) на жидкостном трубопроводе от цистерны опломбированы. При каждом снятии и установке пломб начальник или механик компрессорного цеха составляет акт при участии дежурной смены машинного отделения и делает запись в книгу для регистрации слива.

Слив аммиака изцистерны. Перед первоначальным заполнением аммиаком систему хладагента вакууМируют до устойчивого остаточного давления 13,3 КПа (100 мм рт. ст.). При пополнении системы хладагент сливают в часть испарительной системы *И* (см. рис. 56), в которой предварительно создан вакуум. Для этого после Достижения

вакуума в *И* закрывают вентиль *14* и открывают вентили *Ж, 1, 6, РВ*. Под действием разности давлений в цистерне и испарительной части системы #i аммиак переходит в испарители. При этом давление в цистерне незначительно падает, а в части *И* повышается. После выравнивания давлений переход аммиака прекращается и жидкостный трубопровод *ЖТ* оттаивает. Во время слива в *И* вакуумируют часть испарительной системы *Иг* (вентиль *РВг* закрыт, вентиль *13* открыт). После прекращения слива в *И* переключают вентили частей испарительной системы. Закрывают регулирующий вентиль *РВ* части *И*, вентиль *13,* открывают регулирующий вентиль *РВг* части $Я_2$ и постепенно открывают вентиль • *14,* через который парообразный аммиак отсасывают и конденсируют в конденсаторе. Во время слива вентили *5* закрыты. Переключение цистерны на части испарительной системы (батареи камер, испарители, циркуляционные ресиверы и т. п.), в которых предварительно создан вакуум, производят до полного освобождения цистерны от аммиака. Окончание полного слива определяют по падению давления в цистерне и оттаиванию жидкостного трубопровода. Запрещается оставлять цистерну присоединенной к системе, если слив аммиака не производится.

В случае перерыва при сливе аммиака жидкостный трубопровод *ЖТ* отсоединяют от цистерны. В зимнее время при температуре наружного воздуха — 20 °С избыточное давление аммиака в цистерне составит всего лишь 0,19 МПа, поэтому его слив будет затруднен. В этом случае приоткрывают вентили *Г* и *9* и создают в цистерне давление на 0,15-0,2 МПа выше давления насыщенных паров.

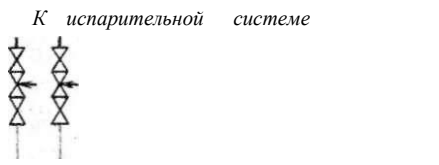
Работы по присоединению и отсоединению цистерны проводят машинисты холодильной установки или слесари не ниже шестого разряда, а слив аммиака — только машинисты установки. Во время слива присутствие посторонних людей вблизи цистерны не допускается. Работа с огнем и курение в районе слива категорически запрещаются. В случае возникновения пожара вблизи цистерны предпринимают все возможные меры для ее вывоза в безопасное место, а при невозможности вывоза поливают цистерну водой, вызывают пожарную команду и газоспасателей.

При отсутствии на холодильной установке центральной регулирующей станции цистерну с аммиаком присоединяют к системе по схеме, изображенной на рис. 57.

При хранении на предприятии аммиака в ресиверах, специально предназначенных для этой цели, слив аммиака осуществляют последовательно в каждый ресивер в следующем порядке: присоединяют сливной жидкостный трубопровод хранилища к цистерне; открывают вентиль удаления паров из ресивера и понижают в нем давление до давления кипения в испарительной системе (отсасывание паров производят через отделитель жидкости); открывают сливной вентиль цистерны и вентиль приема жидкости в ресивер, по указателю уровня наблюдают за степенью заполнения ресивера аммиаком; после заполнения ресивера закрывают вентили на трубопроводах удаления паров и приема жидкости, а также вентиль на трубопроводе слива аммиака из цистерны.

Заполнение системы аммиаком из баллонов. Каждую партию баллонов с аммиаком снабжают паспортом качества завода-наполнителя с указанием данных анализа. В случае отсутствия паспорта или при отступлении от требований ГОСТ 6221—75 заполнение системы аммиаком не допускается.

Перед присоединением к системе необходимо проверить окраску и надписи на баллонах и убедиться, что в баллоне находится аммиак. Для этого приоткрывают вентиль баллона и подносят к струе индикаторную бумагу, которая под воздействием аммиака изменит свой цвет с белого на красный.



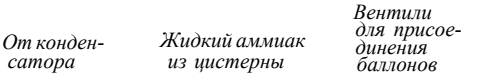


Рис. 57. Схема присоединения аммиачной цистерны при отсутствии центральной регулирующей станции

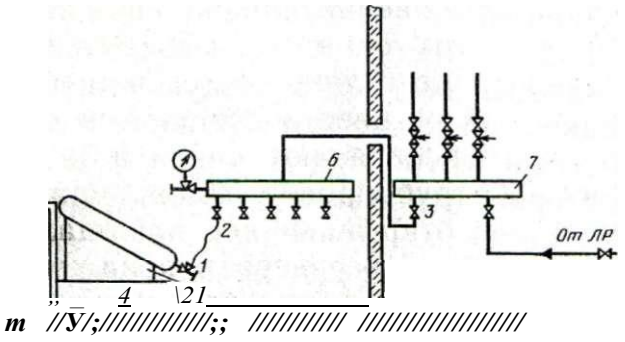


Рис. 58. Схема заправки системы аммиаком из баллонов:

1—3 — запорные вентили на трубопроводах; *4* — весы; 5 — подставка; *6* — заправочный коллектор; 7 — регулирующая станция

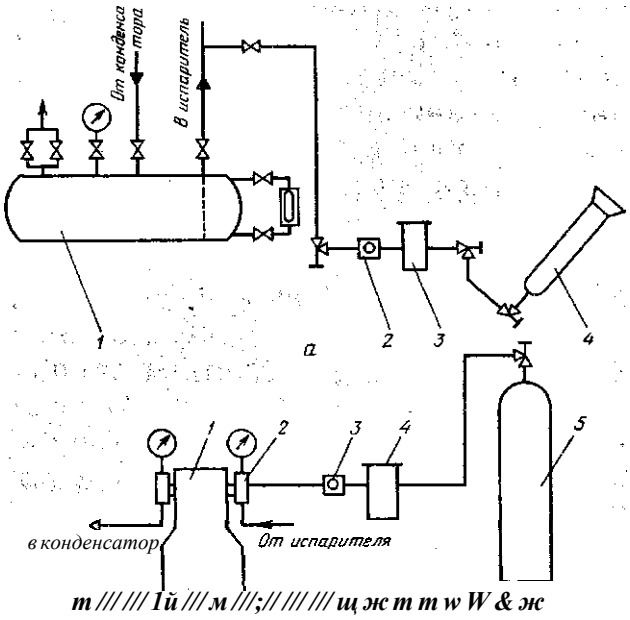


Рис. 59. Схема заправки хладоном машин:

а — на средних и крупных установках: *2* — индикатор влажности; *3* — фильтр-осушитель; *4* — баллон; / — линейный ресивер; б — на малых холодильных машинах: *1* — компрессор; *2* — тройник всасывающего вентиля; *3* — индикатор влажности; *4* — фильтр-осушитель; *5* — баллон

Если вентиль на баллоне не открывается, такой баллон считают неисправным; ремонтировать вентили заполненных баллонов запрещается. На штуцер неисправного вентиля ставят заглушку, на баллоне делают надпись «Неисправный, с аммиаком» и отправляют на завод-наполнитель для ремонта.

Предварительно взвешенные баллоны устанавливают на подставку наклонно, вентилем вниз (рис. 58). Заполнение аммиаком производят при работающем компрессоре и охлаждаемом конденсаторе. Баллоны с аммиаком присоединяют к заправочному коллектору стальными трубками, испытанными на давление 2 МПа.

Последовательность заполнения системы аммиаком из баллонов такая же, как и при сливе аммиака из цистерны.

Об опорожнении баллонов свидетельствуют падение давления в них и оттаивание нижней части баллонов и наполнительных труб. После опорожнения на коллекторе и баллоне закрывают вентили, баллоны отсоединяют от наполнительной трубки, на штуцера вентилей устанавливают заглушки, а затем на баллоны навора чивают колпаки.

Заполнение системы хладоном и маслом. Заправка хладоновых установок средней и крупной производительности ведется через коллектор (рис. 59, а). На жидкостной линии между коллектором и испарителем устанавливают фильтр-осушитель. Малые хладоновые агрегаты заправляют через трехходовой вентиль на всасывающей стороне компрессора (рис. 59, *б*).

Для хладоновых установок Правилами техники безопасности на фреоновых холодильных установках нормы заполнения аппаратов и трубопроводов холодильным агентом и маслом не установлены, поэтому при заполнении следует руководствоваться указаниями завода-изготовителя и практическими соображениями.

Уровень заполнения межтрубного пространства в хладоновых кожухотрубных испарителях принимают бо-

лее низким, чем в аммиачных, так как при кипении хладонов происходит вспенивание жидкости из-за наличия в нем растворенного масла. Оптимальный уровень зависит от тепловой нагрузки и разности температур в аппарате. В диапазоне разности температур 5—10°С ориентировочно принимают степень заполнения равной 70—80 %.

Хладоновые конденсаторы с ресиверной частью могут быть заполнены жидким хладоном в полном объеме ресиверной части. Линейные ресиверы заполняют не более чем на 80%. Заполнение испарителей змеевикового типа можно принять равным 30%.

Перед заправкой систему вакуумируют. К наполнительной трубке подсоединяют сосуд с маслом и перепускают масло в испарительную систему, при этом нельзя допускать попадания воздуха в систему.

После окончания заправки системы маслом начинают зарядку системы хладоном. Баллон через наполнительную трубку подключают к коллектору или трехходовому вентилю компрессора и заполняют систему парами хладона. При достижении давления в системе 0,2—0,3 МПа перепускают в систему жидкий хладон (баллон располагают наклонно, вентилем вниз). При повышении давления в системе выше 0,4 МПа перекрывают вентиль на баллоне и прекращают зарядку, пока компрессор не понизит давление в испарителе до 0,2—0,3 МПа, затем продолжают зарядку системы.

В течение всего периода зарядки системы хладоном все соединения периодически проверяют на утечку хладона с помощью галлоидных ламп или электронных течеискателей. Утечки немедленно устраняют.

На заполнение системы хладагентом монтажной организацией составляется с участием заказчика акт по установленной форме.

Заполнение рассольной системы хладоносителем. В качестве теплоносителя в рассольных системах охлаждения чаще всего применяют раствор хлористого кальция с минимальной температурой замерзания — 55 °С. Применение раствора хлористого натрия весьма ограничено из-за его высокой корродирующей способности. Заполнение системы теплоносителем осуществляется до заполнения холодильной установки холодильным агентом.

Промышленностью выпускается кальцинированный и плавленый хлористый кальций (табл. 5).

Таблица 5

Компонент	Массовая доля, %			
	в кальцинированном $CaCl_2$		в плавленом $CaCl_2$	
	I сорт	if сорт	I сорт	II сорт
Хлористый кальций, не менее	96	90	76	67
Хлористый магний, не более	0,5	0,6	0,3	0,5
Нерастворимый осадок	0,2	0,6	0,2	0,5

Примечание. Кроме выше перечисленных веществ хлористый кальций содержит хлориды, железо, сульфаты.

Концентрация рассола должна быть такова, чтобы температура замерзания его была ниже на 8—10 °С температуры кипения хладагента в испарителе.

Количество хлористого кальция, необходимого для получения раствора требуемой концентрации, зависит от объема рассольной системы и температуры замерзания раствора.

Объем рассольной системы в общем случае определяют по формуле

$$1/_{р}.с = 1/_{„} + 1/_{б} + 1/_{тр},$$

где l/р. с — объем рассольной системы, м³; $V_{и}$, $V_{б}$ — объем испарителей и батарей (из каталога или проекта), м³; $V_{тр}$ — объем системы трубопроводов, м³.

Объем трубопроводов определяется как сумма объемов трубопроводов каждого диаметра по формуле

$$V_{тр} = nDU/4,$$

где $D_{в„}$ — внутренний диаметр трубопровода, м; / — длина трубопровода, м.

Массу рассола определяют по формуле

$$/tip = V \text{ р } cPp,$$

где $m_{\text{р}}$ — масса рассола, кг; $\rho_{\text{р}}$ — плотность рассола, кг/м³.

Массу соли, необходимую для получения раствора заданной концентрации, рассчитывают по формуле

100

где $m_{\text{с}}$ — необходимая масса соли, кг; 1,1 — коэффициент, учитывающий потери соли при ее растворении; K — массовая доля соли в растворе, %; $\rho_{\text{р}}$ — плотность рассола, кг/м³.

Раствор получают в баке для разведения рассола. В баке размещается металлическая сетка (на расстоянии 400—560 мм от верхнего края), на которую насыпают фильтрующий слой кокса, а на него — слой соли. Бак заполняют водой, и с помощью насоса вода прокачивается через соль, растворяя ее. При необходимости вода подогревается с помощью термонагревательных элементов, вмонтированных в бак. После получения раствора требуемой концентрации (замер производится ареометром при температуре 15 °С) его закачивают в систему до полного ее заполнения.

Для уменьшения корродирующего действия раствора $CaCl_2$ на трубопроводы и аппараты в него добавляют бихромат натрия в количестве 1,6 кг на каждый кубометр раствора и на каждые 10 кг бихромата натрия добавляется 2,7 кг едкого натра. Концентрация водородных ионов в растворе должна быть в пределах pH 7—8,5.

При работе с бихроматом натрия и едким натром необходимо строго соблюдать правила безопасности.

§ 17. ПУСК И СДАЧА УСТАНОВОК В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед пуском и сдачей холодильных установок в эксплуатацию монтажная организация передает заказчику всю заводскую документацию на оборудование и акты испытаний сосудов и трубопроводов в соответствии с нормами и правилами Госгортехнадзора для заполнения паспортов на сосуды, работающие под давлением.

Одновременно заказчику передается один экземпляр рабочих чертежей с исправлениями и дополнениями, сделанными в ходе монтажа, а также исполнительную схему трубопроводов; акты на скрытые работы; изготовление фундаментов, продувку аппаратов и трубопроводов, заполнение системы холодильным агентом и хладоносителем, тарирование предохранительных клапанов, замеры сопротивлений электрический цепей, заземления.

Сдаточные испытания, проводимые после монтажа, должны подтвердить работоспособность смонтированной установки, соответствие ее проекту и требованиям производства.

Отдельные части холодильных установок при сдаче в эксплуатацию испытывают вначале без нагрузки.

Компрессоры испытывают в работе без заполнения хладагентом, с открытым байпасом, а при его отсутствии разъединяют фланец за нагнетательным вентилем. Проверяют работу системы смазки, наблюдают за нагревом трущихся частей компрессора и следят за тем, чтобы уровень вибрации не превышал установленных значений.

Насосы первоначально прокручивают вхолостую, а затем под нагрузкой; при этом определяется напор, развиваемый насосом, и расход.

Расход может быть определен по объему заполнения резервуаров либо с помощью расходомеров.

При испытаниях вентиляторов проверяют правильность сочленения валов вентиляторов и электродвигателей, наличие ограждений, уровень вибрации, производительность. Производительность вентиляторов определяют замером скоростей в нескольких точках сечения воздуховода.

По окончании испытаний без нагрузок холодильную установку выводят на рабочий режим и проводят теплотехнические испытания.

В процессе теплотехнических испытаний холодильной установки фиксируют следующие параметры: температуры и давление хладагента в узловых точках цикла, температуры, давления масла, воды, рассола и воздуха; параметры, определяющие расходы холодильного агента, воды, рассола и воздуха; мощность, потребляемую из сети электродвигателями, параметры, характеризующие состояние воздуха в охлаждаемых помещениях холодильных установок.

После проведения испытаний и получения положительных результатов составляют акт по установленной форме о передаче установки в эксплуатацию.

аздел

ЭКСПЛУАТАЦ

Глава 5
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

§ 18. ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основная задача эксплуатации холодильных установок — обеспечение безопасной и надежной работы оборудования для поддержания заданных температурных и влажностных режимов в охлаждаемых объектах при минимальной себестоимости вырабатываемого искусственного холода.

Эксплуатация холодильных установок включает их пуск, остановку, регулирование температурного режима, надзор за безопасным и исправным действием всех машин и аппаратов. На автоматизированных установках эти работы по заданной программе выполняют системы автоматического контроля и управления.

Для экономной и безопасной эксплуатации холодильной установки необходимы соблюдение оптимального режима ее работы, обеспеченность установки контрольно-измерительными приборами, приборами автоматической защиты и регулирования, правильное заполнение системы хладагентом и поддержание его оптимального уровня, поддержание необходимой концентрации рассольной системы, содержание в чистоте теплопередающих поверхностей, своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов и осмотров, ведение журнала холодильной установки и составление технической отчетности.

В работе по эксплуатации обслуживающий персонал руководствуется технической документацией и инструкциями, с содержанием которых обслуживающий персонал должен быть своевременно ознакомлен.

В машинных отделениях на видном месте должны быть вывешены: схемы трубопроводов хладагента, рассольных и водяных, с пронумерованными в них и соответственно в натуре запорной арматурой и приборами автоматики; инструкции по устройству и безопасной эксплуатации холодильных установок; инструкции по обслуживанию машин и аппаратов (сосудов); инструкции по эксплуатации холодильной системы (охлаждающих устройств); инструкции по обслуживанию контрольно-измерительных приборов и автоматики; инструкции по оказанию доврачебной помощи при несчастных случаях; инструкции по действиям персонала при ликвидации прорыва хладагента и возникновения аварийной ситуации; инструкция по пожарной безопасности; инструкция по охране труда; годовые и месячные графики ППО и ППР; указатели места нахождения средств индивидуальной защиты; номера телефонов скорой помощи, пожарной команды; номера телефонов и адрес организации, обслуживающей автоматизированную холодильную установку.

§ 19. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В настоящее время на предприятиях торговли и общественного питания находится в эксплуатации большое количество автоматизированных хладоновых холодильных установок

производительностью до 52 кВт, предназначенных для поддержания оптимальных температур при хранении продуктов питания, реализуемых в торговой сети, и обеспечения работы предприятий общественного питания.

Технический надзор за их работой, обслуживание и монтаж возложены на специализированные тресты, подчиненные министерствам торговли союзных республик. В подчинении трестов находятся специализированные комбинаты холодильного оборудования и областные ремонтно-монтажные комбинаты. На них возложена непосредственная работа по обслуживанию, ремонту и монтажу всего холодильного и торгово-технологического оборудования, находящегося в эксплуатации на предприятиях торговли и общественного питания.

Для холодильного оборудования установлено два вида технического обслуживания: при использовании и регламентированное.

Техническое обслуживание при использовании. Включает в себя работы, связанные с пуском и остановкой оборудования, поддержанием его в надлежащем санитарном состоянии.

Этот вид обслуживания выполняет персонал предприятий торговли и общественного питания.

Регламентированное техническое обслуживание оборудования. Предусматривает выполнение всех работ с периодичностью и в объеме, установленными эксплуатационной документацией независимо от технического состояния оборудования в момент начала технического обслуживания.

Этот вид обслуживания выполняется работниками ремонтно-монтажных комбинатов.

Виды работ по техническому обслуживанию холодильного оборудования и сроки их выполнения определяются годовым графиком. Разработка графиков осуществляется ремонтным предприятием до начала планируемого года. Графики утверждаются главным инженером ремонтного предприятия и согласовываются с предприятиями, заключившими между собой договор на обслуживание.

Графики технического обслуживания и ремонта холодильного оборудования должны предусматривать техническое обслуживание холодильного оборудования, кроме обслуживания при использовании; текущий ремонт оборудования; капитальный ремонт оборудования.

Исходными данными для разработки графиков технического обслуживания и ремонта холодильного оборудования являются:

структура ремонтного цикла холодильного оборудования, установленная эксплуатационной документацией;

графики санитарных дней предприятий торговли и общественного питания;

техническое состояние оборудования;

обеспеченность ремонтных предприятий технологической оснасткой, ремонтной документацией, запасными частями и материалами.

Предприятие, заключившее договор на комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, должно иметь выписку из графика выполнения этих работ на год.

Неисправности, возникающие при эксплуатации холодильного оборудования, устраняются в следующем порядке: оборудование немедленно отключается от электросети и принимаются меры, исключающие допуск работников предприятия к эксплуатации оборудования и его включения; вызывается слесарь ремонтного предприятия, обслуживающего оборудование, ремонтное предприятие регистрирует вызов в журнале учета отказов оборудования и в срок до 24 ч (с момента поступления вызова) в населенном пункте, где расположено ремонтное предприятие, и в течение двух суток во всех других случаях принимает необходимые меры по устранению неисправностей.

Глава 6
ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

§ 20. РЕЖИМ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Режим работы холодильной установки характеризуется температурами: кипения *to,* конденсации $t_к$, переохлаждения жидкого хладагента перед регулирующим вентилем $t_{,,,}$ перегрева пара на всасывании в компрессор $/_{вс}$ и нагнетания $t_н$.

При регулировании работы холодильной установки стремятся поддерживать оптимальный режим ее работы, под которым понимается не только наиболее экономичный режим, но и безопасный. Поскольку холодильные установки эксплуатируются в различных условиях и включают оборудование разных типов, то для каждой установки должен быть свой оптимальный режим. Обслуживающий персонал должен знать значения рекомендуемых параметров, приведенных в технической документации по эксплуатации.

Температура кипения. Значение температуры кипения устанавливают в зависимости от температурного режима охлаждаемого объекта. Перепад температур между воздухом охлаждаемого объекта и температурой кипения (средней температурой хладоносителя) равен 7—10 °С в зависимости от площади охлаждающих батарей.

В испарителях для охлаждения жидкостей средняя разность температур между охлаждаемой жидкостью и кипящим хладагентом составляет 4—6 °С.

В процессе эксплуатации температурный напор зависит в основном от состояния теплопередающей поверхности, уровня заполнения испарительной системы хладагентом и соответствия между производительностью компрессоров и испарительной системой. На рис. 60 приведена зависимость холодопроизводительности и потребляемой мощности в зависимости от температуры кипения для компрессора П-1 10.

Температура конденсации. Разность между температурой конденсации и средней температурой воды, поступающей на конденсатор и отходящей из него, принимается равной 2—3 °С. Нагрев воздуха в воздушных конденсаторах принимается равным 5—6 °С, а температурный перепад — в пределах 6—9 °С.

Температура конденсации определяется главным образом температурой й количеством охлаждающей воды (воздуха), состоянием теплопередающей поверхности и соотношением между производительностью конденсатора и включенных компрессоров.

Температура нагнетания (температура конца сжатия пара в компрессоре) зависит от температуры конденсации и степени повышения давления в компрессоре *(p,/po).*

Температура переохлаждения. Жидкий хладагент может охлаждаться ниже температуры конденсации в самих конденсаторах, переохладителях, регенеративных теплообменниках и промежуточных сосудах. С понижением температуры жидкого хладагента перед поступлением в дросселирующее устройство увеличивается холодопроизводитель-

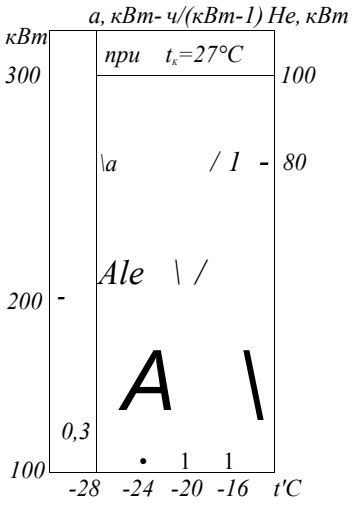


Рис. 60. Характеристика работы компрессора П220-7 в зависимости от температуры кипения

ность холодильной установки, Для аммиака это увеличение составляет примерно 0,4 % на каждый градус снижения температуры жидкости.

Перегрев пара, всасываемого в компрессор. Разность между температурой кипения и температурой пара, поступающего в компрессор, зависит от уровня заполнения испарительной системы жидким хладагентом.

Наличие перегрева необходимо для обеспечения безопасной работы компрессора, так как работа компрессора «влажным ходом» может привести к гидравлическим удару и аварии.

Перегрев пара на всасывании в компрессор принимается равным: для аммиачных одноступенчатых и высокой ступени двухступенчатых холодильных установок (компрессоров) 5—10 °С; для низкой ступени аммиачных двухступенчатых установок 10—20 °С; для хладоновых установок с регенеративными теплообменниками от 15 до 30 °С.

Влажный ход происходит при попадании в компрессор влажного пара. Если объем жидкого хладагента превышает объем мертвого пространства компрессора, то возникает опасность гидравлического удара.

Основные признаки влажного хода: отсутствие перегрева всасываемого пара; понижение температуры нагнетания; изменение тональности звука работающего компрессора (звонкий звук работы клапанов переходит в глухой, и в цилиндрах появляются стуки); обмерзание поверхностей цилиндров и картера компрессора.

Основными причинами возникновения влажного хода являются: переполнение испарительной системы жидким холодильным агентом; вскипание жидкого хладагента в затопленных испарителях при резком снижении в них давления или резком повышении тепловой нагрузки: конденсация пара во всасывающем трубопроводе.

§ 21. ОСНОВНЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА И РЕГУЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

В процессе эксплуатации холодильных установок возможны отклонения от оптимального режима, что увеличивает эксплуатационные расходы и может привести к созданию аварийной ситуации.

Повышенная температура нагнетания. При эксплуатации компрессоров принято считать, что если действительная температура нагнетания выше теоретической на 12—15 °С, то компрессор работает не в оптимальном режиме. Наиболее распространенными причинами повышения температуры нагнетания являются: повышенная температура конденсации; недостаточное количество хладагента в системе; значительный износ цилиндра компрессора, вызывающий пропуск сжимаемого пара через поршневые кольца; неплотность нагнетательных клапанов; недостаточная подача воды в охлаждающую рубашку компрессора или отложения «водяного» камня на ее стенках; недостаточная смазка цилиндров компрессора и повышенный нагрев стенок цилиндра вследствие этого.

В соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок температура нагнетания современных компрессоров не должна превышать 160 °С (если заводской инструкцией не предусмотрено иное значение), а горизонтальных тихоходных компрессоров старых марок — 135 °С.

Пониженная температура кипения. Основными причинами понижения температуры кипения являются: недостаточное заполнение испарительной системы хладагентом; заполнение части испарительной системы маслом; образование на поверхности батарей большого слоя инея (снеговой шубы) или льда (на рабочей поверхности испарителя для охлаждения жидких теплоносителей),

уменьшение скорости движения воздуха в воздухоохладителях или хладоносителя в испарителях для охлаждения жидкостей, несоответствие тепловой нагрузки и холодопроизводительности компрессоров (тепловая нагрузка на испарительную систему ниже холодопроизводительности включенных компрессоров).

Работа при пониженной температуре кипения приводит к увеличению удельного расхода электроэнергии и повышению температуры нагнетания. Понижение температуры кипения на 1 °С увеличивает удельный расход электроэнергии примерно на 2--3 %.

Повышенная температура кипения. Чаще всего повышение температуры кипения происходит вследствие переполнения испарительной системы жидким хладагентом, уменьшения тепловой нагрузки на испаритель, увеличения по сравнению с холодопроизводительностью компрессора тепловой нагрузки на испарительную систему, снижения холодопроизводительности компрессора.

Повышенная температура конденсации. Наиболее частые причины: загрязнение теплопередающей поверхности конденсаторов; недостаточная подача воды или воздуха в конденсатор; малая теплопередающая поверхность конденсатора; уменьшение скорости движения охлаждающей среды; наличие воздуха и других неконденсирующихся газов в системе; заполнение части объема конденсатора жидким холодильным агентом.

Повышение температуры конден*сации*—вызыва£х ^величение удельного расхода электроэнергии (на 1 °С в среднем на 2,0—2.5 %) и повышение температуры нагнетания.

Работа при повышенной температуре конденсации, особенно в летний период, не позволяет получить-ЛДС-четные те^ттрятуры **R** объектах ох\Та>кдеТШя из-за понижения холодопроизводительности компрес-*~сора~~ ~~" "~~*

§ 22. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА В ИСПАРИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ

Подача хладагента в испарительную систему холодильной установки может осуществляться ручным регулирующим вентилем при ручном режиме работы или автоматическими приборами в автоматизированных установках.

Количество жидкого хладагента, подаваемого в испарительную систему, при неизменной тепловой нагрузке должно быть постоянным. Увеличение подачи хладагента в систему при тех же условиях приводит к повышению давления температуры кипения, увеличению уровня хладагента в аппарате; компрессор начинает работать влажным ходом, и может произойти гидравлический удар.

Недостаточная подача жидкого хладагента в испарительную систему при постоянной тепловой нагрузке приводит к уменьшению давления и температуры кипения, и в компрессор засасывается перегретый пар, т. е. возрастает перегрев на всасывании. Повышение перегрева всасываемого пара в этом случае приводит к возрастанию температуры нагнетания, а следовательно, к опасному режиму работы компрессора и перерасходу электроэнергии.

Снижение тепловой нагрузки при постоянной (по массе) подаче хладагента может привести к влажному ходу из-за снижения количества выкипающего хладагента и переполнения испарителя, резкое повышение нагрузки — к влажному ходу из-за бурного вскипания и выброса хладагента. ^^Эшбе^ть^

внезапное повышение тепловой на-*Трузкй.* В неавтоматизированных установках, не имеющих защитных ресиверов, перед подключением к работающему компрессору дополнительной тепловой нагрузки (холодильной камеры после оттаивания или ремонта) прикрывают подачу жидкости в испарительную систему, закрывают всасывающий вентиль

компрессора и постепенно открывают последний только после подключения дополнительной нагрузки. Для предотвращения возможности влажного хода при резком повышении тепловой нагрузки администрация предприятия устанавливает порядок извещения дежурных машинистов холодильной установки о времени загрузки продукции в камеры холодильной обработки и хранения.

При ручном регулировании подачи жидкого хладагента необходимо постоянно контролировать перегрев пара на всасывании в компрессор, давление и температуру кипения в испарителе, температуру нагнетания. При уменьшении перегрева на всасывании и температуры нагнетания следует прикрыть регулирующий вентиль, при увеличении перегрева на всасывании и температуры нагнетания (если она не вызвана другими причинами) — приоткрыть регулирующий вентиль.

Особенно сложно осуществляется ручное регулирование подачи жидкого хладагента в многообъектных безнасосных испарительных системах. Переполнение даже одного из параллельно включенных испарителей приводит к влажному ходу компрессоров. В этом случае рекомендуется применение дифференциальных логометров для контроля за перегревом на всасывании из каждого испарителя.

Изменение величины перегрева пара, всасываемого в компрессор, происходит не сразу после изменения степени открытия регулирующего вентиля, поэтому открытие и закрытие регулирующего вентиля при нормальной работе осуществляют постепенно, изменяя положение маховика вентиля на 'Д—'*U* оборота с выдержкой по времени 15—20 мин. При признаках недостаточной подачи жидкого хладагента неоднократное открытие регулирующего вентиля в течение нескольких минут может привести к внезапному влажному ходу.

Автоматическое регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему и автоматическая защита холодильных установок облегчают эксплуатацию, но не освобождают обслуживающий персонал от постоянного контроля за параметрами работы холодильной установки, так как отказ или неисправность приборов автоматики могут привести к аварийному или опасному режиму работы.

Глава 7

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

' § 23. ОБЩИЕ ОБЯЗАННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

При исполнении своих обязанностей обслуживающий персонал холодильных установок должен постоянно помнить, что от их действий зависит здоровье и безопасность не только обслуживающего персонала, но и людей, работающих рядом с установкой в других производственных цехах.

В обязанности обслуживающего персонала входят: обслуживание всего холодильного оборудования, расположенного в машинном и аппаратном отделениях, а также в производственных цехах, связанных с производством или потреблением холода; обеспечение заданного температурного режима в охлаждаемых помещениях; своевременное и правильное ведение суточного журналаJ работы машинного отделения; тщательная проверка состояния всего обслуживаемого оборудования при приемке и сдаче смены; соблюдение правил безопасной эксплуатации, пожарной безопасности, охраны труда и внутреннего трудового распорядка на предприятии; принятие мер по предотвращению (и ликвидации) аварий, пожаров и оказание первой помощи пострадавшим, своевременное сообщение о пожаре или несчастном случае администрации; содержание оборудования и помещений в чистоте; экономное расходование электроэнергии, воды, запасных частей и вспомогательных материалов.

§ 24. ПУСК И ОСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Пуску холодильной установки предшествует ряд операций по подготовке систем и компрессоров в соответствии с инструкцией по эксплуатации данной установки.

При подготовке к пуску по суточному журналу выясняют причину последней остановки установки. Если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей оборудования, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей.

Подготовка к работе систем холодильной установки. При подготовке систем к работе проверяют состояние трубопроводов, запорной арматуры, приборов автоматической защиты и управления. Проверяют герметичность системы хладагента и наличие в ней достаточного количества хладагента, открывают вентили на нагнетательном, жидкостном и всасывающем трубопроводах в соответствии со схемой установки и инструкцией по эксплуатации. Всасывающие и нагнетательные вентили на компрессорах и регулирующие вентили оставляют закрытыми.

На аммиачных холодильных установках часть вентилей пломбируют в открытом положении. К ним относятся: запорные вентили нагнетательных магистралей, сливных труб отделителей жидкости, жидкостных трубопроводов между конденсаторами и линейными ресиверами и регулирующей станцией, жидкостных и паровых уравнительных линий, уравнительных колонок с реле уровня. При подготовке к пуску необходимо убедиться в сохранности пломб на этих вентилях.

Все вентили, сообщающие компрессоры, аппараты и участки системы с приборами контроля, управления и защиты (манометрами, реле давления, реле уровня и др.), должны быть открыты.

Подготовка к пуску вспомогательных систем состоит из подачи воды на конденсаторы (или пуск вентиляторов в конденсаторах с воздушным охлаждением), пуска вентиляторов на градирнях, подачи воды на охлаждающие рубашки компрессоров.

Подготовка к пуску испарителей и систем теплоносителей. Основными операциями являются: пуск мешалок открытых испарителей; включение рассольных насосов; проверка циркуляции рассола в системе охлаждения; проверка положения шиберов воздушных каналов для циркуляции и подачи наружного воздуха в камеры, включение вентиляторов.

Подготовка к пуску отделителей жидкости и циркуляционных ресиверов. Основными операциями являются: проверка уровня жидкого хладагента, подготовка к работе и пуск циркуляционных насосов хладагента, проверка положения вентилей на распределительных коллекторах жидкого хладагента.

Подготовка к пуску компрессоров. При подготовке к пуску выясняют по суточному журналу причину последней остановки компрессора. Если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей. После вьшужденной остановки KOjyb прессора, а' также после ршонтга^ и профилактики^холодильное^ оборудования пуск проводится только после письмеТтншю разрешения механика установкйТ^

Перед пуском проводят дренаж всасывающих и нагнетательных трубопроводов для удаления возможного скопления жидкого аммиака, проверяют исправность и дату последней проверки приборов контроля и защитной автоматики. Убеждаются в надежности крепления и исправном состоянии компрессора, наличии необходимых ограждений, плотности сальника, отсутствии посторонних предметов, мешающих пуску. Проверяют наличие масла в системе смазки, открытие запорных вентилей на маслопроводах у компрессоров с разветвленной системой смазки. Подготавливают разгрузоч-

вые устройства к пуску, проверяют открытие вентилей к манометрам и мановакуумметрам. Проворачивают вал компрессора вручную не менее чем на один оборот для проверки свободного перемещения движущихся частей.

Проверяют подачу воды в охлаждающую рубашку компрессора и устанавливают переключатель пульта (щита) управления в необходимое положение. Пуск компрессоров при положении переключателя пульта (щита) управления «местный режим» не допускается, так как при этом отключены приборы защитной автоматики.

Пуск и остановка компрессоров одноступенчатого сжатия. Ручной пуск поршневых компрессоров средней и крупной производительности проводится с помощью разгрузочных устройств, уменьшающих необходимый пусковой момент электродвигателя.

Пуск поршневого компрессора, снабженного ручным байпасом (рис. 61), осуществляют при закрытых нагнетательном Я и всасывающем *В* вентилях и открытом байпасе *Б*. После достижения электродвигателем нормальной частоты вращения открывают нагнетательный вентиль Я и закрывают байпас *Б*. Только после, этого постепенно открывают всасывающий вентиль *В*. В качестве автоматического устройства разгрузки применяют соленоидный вентиль *СВ,* устанавливаемый на байпасном трубопроводе, и обратный

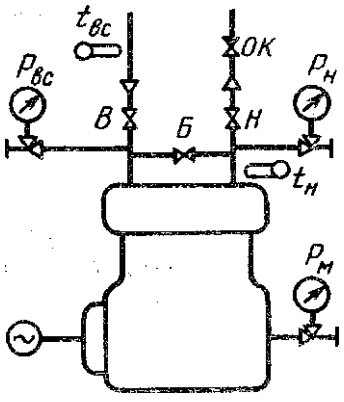


Рис. 61. Компрессор с ручным байпасом

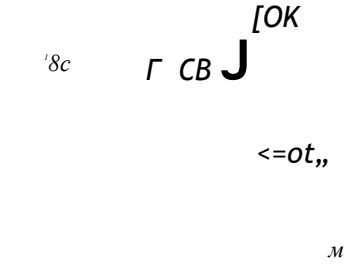


Рис. 62. Компрессор с соленоидным вентилем в качестве автоматического байпаса

клапан *ОК* на нагнетательном трубопроводе (рис. 62). Открытие *СВ* на байпасном трубопроводе происходит при остановке компрессора, а закрывается он через 10—15 с после пуска с помощью реле времени.

Поршневые компрессоры, имеющие отжим пластин всасывающих клапанов, а также поршневые и ротационные компрессоры без разгрузочных устройств пускают с открытыми нагнетательными и закрытыми всасывающими вентилями.

Винтовые компрессоры пускают с открытыми нагнетательными и закрытыми всасывающими вентилями, с установкой регулятора производительности в минимальное положение.

После включения электродвигателя контролируют показания манометров на масляном насосе, на нагнетательной стороне компрессора и показания амперметра.

В случае превышения допустимых значений силы тока или давления нагнетания, при отсутствии давления в системе смазки, а также при появлении стуков компрессор немедленно останавливают для выявления причин ненормальной работы. При нормальной работе компрессора постепенно открывают всасывающий вентиль, контролируя перегрев пара, всасываемого в компрессор, и температуру нагнетаемого пара.

Пуск компрессора с закрытым

всасывающим вентилем и его медленное открытие после того, как двигатель разовьет нормальную частоту вращения, исключают возможность возникновения гидравлического удара, который может произойти вследствие скопления жидкого хладагента или масла во всасывающем трубопроводе, а также в связи с возможным вскипанием жидкого хладагента в затопленных испарителях при резком понижении в них давления. Всасывающий вентиль следует открывать так, чтобы давление всасывания в компрессоре не превышало величины, близкой к рабочему давлению кипения. Процесс понижения давления в испарительной системе происходит медленно, но уменьшается вероятность работы компрессора влажным ходом.

При достижении в испарительной системе давления, соответствующего рабочей температуре кипения, полностью открывают всасывающий вентиль компрессора и приоткрывают на минимальный проход регулирующий вентиль.

Перед остановкой компрессоров следует принять меры для облегчения и безопасности их последующего пуска. При ручном режиме работы во избежание влажного хода компрессора во время его последующего пуска вначале закрывают регулирующий вентиль на линии подачи жидкого хладагента в испарительную часть системы и останавливают насос хладагента в циркуляционной схеме. Компрессор продолжает работать и отсасывать пар из испарителя в течение 5—10 мин при закрытом регулирующем вентиле для понижения уровня хладагента.

Затем закрывают запорный всасывающий вентиль у компрессора, понижают давление в картере поршневого компрессора до 0,02—0,03 МПа и выключают электродвигатель.

При выключении ротационного компрессора необходимо обеспечить поддержание в нем давления не выше атмосферного, так как в присутствии аммиака набухание рабочих пластин может привести к их поломке или разрыву крышек компрессора при его последующем пуске.

После прекращения вращения вала закрывают нагнетательный вентиль компрессора.

Автоматический пуск и остановка компрессора при нормальном режиме его работы производятся от датчиков, реагирующих на изменение температуры или давления кипения. В этом случае всасывающий и нагнетательный вентили постоянно открыты.

На компрессорах, работающих в автоматическом режиме, на видных местах вывешивают таблички «ОСТОРОЖНО! ПУСКАЕТСЯ АВТОМАТИЧЕСКИ».

Пуск и остановка компрессоров двухступенчатого сжатия и двухступенчатых агрегатов. Системы и компрессоры установки двухступенчатого сжатия подготавливают к пуску аналогично системам и компрессорам одноступенчатого сжатия. Особенностью пуска установки двухступенчатого сжатия является то, что сначала пускают компрессор (цилиндр у компрессора двухступенчатого сжатия) высокой ступени, а затем компрессор (цилиндр) низкой ступени.

Пуск компрессора низкой ступени раньше компрессора высокой ступени является грубой ошибкой. При этом в промежуточном сосуде создается опасное давление, так как компрессор $КМ_{н.с}$ нагнетает пары в промежуточный сосуд, а неработающий компрессор $/СМ_{в.с}$ не отсасывает их (рис. 63).

При достижении в промежуточном сосуде давления, равного рабочему, приоткрывают регулирующий вентиль $РВ_{п.с}$, не допуская переполнения хладагентом промежуточного сосуда и влажного хода у компрессора (цилиндра) высокой ступени. Регулирующий вентиль испарительной системы $РВ_{н}$ приоткрывают при понижении давления кипения до заданного. Открытие $РВ_{н}$ регулируют таким образом, чтобы не было

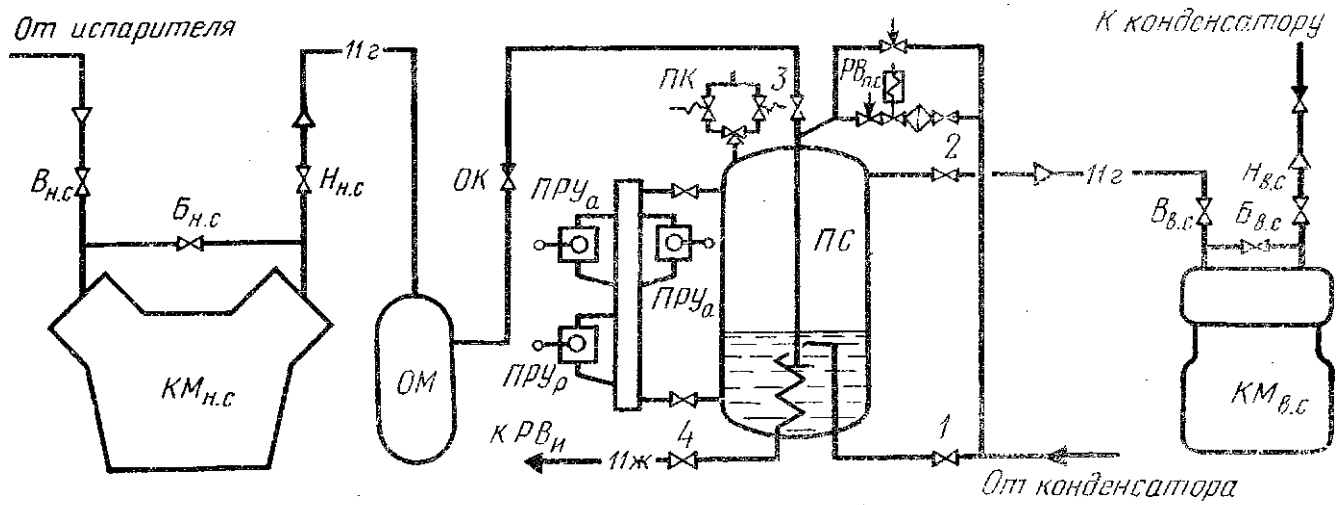


Рис. 63. Схема двухступенчатого холодильного агрегата

влажного хода у компрессора низкой ступени.

При остановке установки двухступенчатого сжатия закрывают регулирующие вентили промежуточного сосуда $РВ_{п.с}$ и испарителя $РВ_к$, отсасывают хладагент из аппаратов в течение 5—10 мин, закрывают сначала всасывающий вентиль компрессора низкой ступени $В_{н.с}$, а затем всасывающий вентиль компрессора высокой ступени $Б_{в.с}$ и отключают компрессоры. Дальнейшие операции проводят, как и при остановке компрессоров одноступенчатого сжатия.

Остановка холодильной установки. После остановки компрессоров отключают электродвигатели прочего холодильного оборудования, закрывают необходимые запорные вентили и записывают в суточный журнал работы причину остановки.

§ 25. ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПРЕССОРОВ

Обслуживание заключается в постоянном надзоре за. состоянием компрессоров и обеспечении наиболее выгодных и безопасных режимов работы.

При обслуживании компрессоров обслуживающий персонал ведет постоянное наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов, установленных на компрессоре. При обнаружении отклонений от оптимальных параметров необходимо установить причины и принять меры к их устранению.

Поршневые компрессоры. При их обслуживании могут встретиться следующие неисправности.

Стуки в сопрягаемых деталях. При исправном состоянии кривошипно-шатунного механизма, клапанов и поршневой группы работа компрессора сопровождается несильными ритмичными стуками. При появлении резких, дребезжащих или неритмичных стуков обслуживающий персонал должен принять меры к их устранению. Основными причинами появления стуков являются: увеличение зазоров между трущимися деталями (шейка вала — шатунный подшипник, палец поршня — втулка верхней головки шатуна и др.), поломка деталей (чаще всего пластин всасывающего или нагнетательного клапана или поршневых колец), влажный ход компрессора, мало линейное вредное пространство.

Повышенный нагрев трущихся частей. По степени нагрева можно судить о правильности изготовления и сборки, правильности поступления смазки, исправности поршневых колец.

Нагрев трущихся частей в общем случае допускается до 50—60 °С. Измеряют температуру нагрева термометрами различных типов или на ощупь, руководствуясь тем, что рука длительное время может вы-

держивать температуру около 50 °С.

Основными причинами повышенного нагрева являются: недостаточное поступление смазки к трущимся частям, применение масла с пониженной вязкостью, неправильная сборка сопрягаемых деталей (например, сильная затяжка подшипника), пропуски через поршневые кольца.

При эксплуатации компрессоров серии П (П110, П220) необходимо учитывать, что применяемые в них поршневые кольца с фторопластовой вставкой обладают высокой износостойкостью, но при работе с повышенной температурой нагнетания трущихся частей может привести к их быстрому выходу из строя, в связи с чем очень важно при их эксплуатации соблюдение температурного режима.

Во всех случаях, когда контролируемые параметры достигают предельных значений, а также при возникновении посторонних шумов и стуков компрессор любой марки должен быть остановлен. Выяснение причин неполадок и их устранение производят после остановки компрессора.

Винтовые компрессоры. В настоящее время в холодильной технике все более широкое применение находят винтовые компрессоры (рис. 64). Эти компрессоры проще в эксплуатации, более надежны, чем поршневые, имеют бесступенчатое регулирование производительности в пределах от 10 до 100 %. Применяются в качестве компрессора низкого давления в двухступенчатых машинах (АД-130, АД-260) **И** самостоятельного одноступенчатого агрегата.

Установленная на винтовых компрессорах система автоматического управления и регулирования обеспечивает работу агрегата в трех режимах: местном, полуавтоматическом и автоматическом.

Местный режим предназначен для кратковременной работы при вспомогательных операциях: пуске маслонасоса для прогрева масла, если

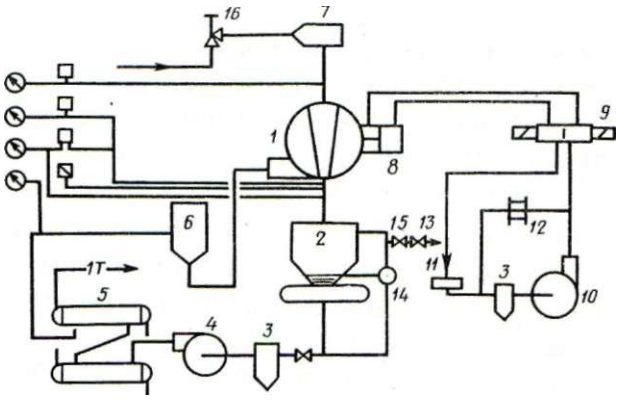


Рис. 64. Схема холодильной установки с винтовым компрессорным агрегатом:

1 — винтовой компрессор; *2* — маслоотделитель; *3* — масляный фильтр; *4* — масляный насос; *5* — масляный холодильник; *6* — фильтр тонкой очистки; *7*—газовый фильтр; *8*—гидравлический цилиндр регулятора производительности; *9* — золотниковое распределительное устройство; *10* — масляный насос; *11* — масляная емкость; *12* — предохранительный клапан; *13* — запорный нагнетательный вентиль; *14* — маслоуказательное стекло; *15* — обратный клапан; *16* — запорный всасывающий вентиль

его температура ниже 15 °С, холостой обкатке компрессора. Постоянная работа на местном режиме категорически запрещена.

Перед пуском винтового агрегата необходимо: осмотреть агрегат и убедиться в отсутствии посторонних предметов; проверить уровень масла по указателю уровня на сепараторе; проверить температуру масла, при температуре масла ниже 15 °С его надо подогреть; регулятор производительности перевести в положение минимальной производительности.

Пуск компрессора осуществляется с открытым нагнетательным вентилем. Всасывающий вентиль открывается сразу после пуска таким образом, чтобы давление во всасывающей полости компрессора находилось в допустимых пределах (например, для агрегата А350-7-2 не более 0,14 МПа).

Автоматический пуск агрегата осуществляется с открытыми всасывающим и нагнетательным вентилями. Регулятор производительности должен находиться в положении «min». Увеличение производительности после пуска происходит автоматически.

Обслуживание винтовых компрессоров сводится к контролю за показаниями контрольно-измерительных приборов, смене фильтрующих элементов и масла. Причем могут применяться масла только тех марок, которые рекомендованы заводом-изготовителем. Для отечественных винтовых компрессоров используется масло марок ХА-30 и ХС-40. Температура масла, подаваемого в компрессор, должна находиться в пределах 25—45 °С.

При эксплуатации винтовых компрессоров системе смазки необходимо уделять особое внимание, так как загрязнение масла может привести к повышенному износу винтов, нарушению плотности их зацепления и в итоге к потере холодопроизводительности.. Давление масла перед подачей его в компрессор должно на 0,3—0,5 МПа превышать давление нагнетания компрессора.

Винтовые компрессоры менее чувствительны к влажному ходу, однако влажный ход и для них является нежелательным. При большом количестве жидкого хладагента, поступающего в компрессор, возможны заклинивание роторов и как результат разрушение подшипников.

В хладоновых винтовых компрессорах при влажном ходе происходят вспенивание масла в маслосборнике и срыв работы масляного насоса. Реле контроля смазки в этом случае автоматически остановит агрегат.

Ротационные компрессоры. Компрессоры типа АК-РАБ применяют в качестве ступени низкого давления в двухступенчатых холодильных установках (типа АД-90). Компрессор рассчитан на температуру кипения —25°С-=——45°С при отношении давления нагнетания и всасывания не более 8.

Основное внимание при эксплуатации ротационных компрессоров необходимо уделять рабочим пластинам, изготовленным из асботекстолита.

При стоянке компрессора мельчайшие поры пластин заполняются жидким аммиаком, что приводит к разбуханию пластин. Скорость разбухания зависит от давления и температуры аммиака: чем выше давление и ниже температура, тем быстрее разбухают пластины. В результате увеличиваются геометрические размеры пластин и может произойти заклинивание пластин между крышками цилиндра или в пазах ротора.

Чтобы избежать заклинивания пластин, необходимо выполнять следующие правила: при стоянке компрессора поддерживать в цилиндре давление, близкое к атмосферному; на 1—2 ч в сутки производить запуск компрессора.

При длительной стоянке пластины должны быть вынуты из ротора и храниться в герметичной упаковке в сухом виде.

При эксплуатации ротационного компрессора необходимо учитывать, что попадание жидкого аммиака в цилиндр не приводит к аварийной ситуации, но пластины из асботекстолита под его воздействием становятся хрупкими и даже могут разрушиться.

§ 26. ОБСЛУЖИВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Основная задача обслуживания теплообменных аппаратов — обеспечение высокоэффективного теплообмена при строгом выполнении норм безопасности, в связи с чем контролируются: уровень жидкого хладагента, температуры обеих сред на входе и выходе. Показатели работы всех аппаратов регистрируют в журнале каждые 2 ч.

Контроль за уровнем жидкого хладагента в аппаратах осуществляется обслуживающим персоналом непрерывно (визуально или посредством приборов).

Конденсаторы всех типов, кроме имеющих ресиверную часть, не должны содержать жидкого хладагента, так как в этом случае сокращаются размеры активной теплопередающей поверхности. По мере перехода в жидкое состояние

хладагент должен отводиться в линейный ресивер. Конденсаторы с ресиверной частью могут содержать жидкий хладагент для переохлаждения в количестве 15—20 % полезного объема корпуса. Так, в горизонтальных кожухотрубных конденсаторах жидкость не должна закрывать более двух рядов нижних трубок.

В линейном ресивере уровень жидкого хладагента колеблется в зависимости от заполнения им батарей, воздухоохладителей, испарителей и других аппаратов установки. Количество хладагента в действующих приборах испарительной системы изменяется в результате неточности регулирования его подачи, а также в зависимости от интенсивности процесса кипения. В затопленных испарителях и приборах охлаждения камер по мере интенсификации процесса кипения (например, при поступлении в камеры теплых грузов или включении дополнительного компрессора) возрастает объем парожидкостной смеси хладагента. Это может вызывать временное переполнение испарителя и привести к гидравлическому удару — с учётом этого обстоятельства переключение аппаратов испарительной системы, связанное с интенсификацией их работы, выполняют с большой осторожностью, предварительно прикрыв регулирующий вентиль. В момент отключения аппаратов уровень жидкого хладагента в них может оказаться значительно больше нормы, поэтому перед отключением рекомендуется удалять его путем выдавливания в жидком виде в дренажный ресивер или отсасывании пара. При правильном заполнении системы уровень жидкого хладагента должен быть виден в указательном стекле ресивера при любом режиме работы установки. Недостаточное количество хладагента в ресивере может привести к тому, что в регулирующий вентиль будет поступать пар вместо жидкости; в результате переполнения ресивера возможно заполнение жидким хладагентом конденсатора, что сокращает размеры активной теплопередающей поверхности последнего и ухудшает режим работы установки. Переполненные ресиверы нельзя отделять запорной арматурой от других элементов системы, так как изменение температуры может вызвать разрыв этих ресиверов.

Правильность циркуляции теплоносителей в теплообменных аппаратах проверяют следующим образом: в вертикальных кожухотрубных конденсаторах проверяют положение колпачков для равномерного распределения воды, стекающей по внутренней поверхности труб; в оросительных конденсаторах — распределение воды по секциям и равномерность орошения всей поверхности секций; в открытых испарителях — правильность циркуляции рассола и работу мешалок; в мокрых воздухоохладителях — работу форсунок и т. п. Периодичность осмотров определяется конструкцией аппаратов.

В кожухотрубных горизонтальных конденсаторах и испарителях нарушение циркуляции теплоносителя и выключение отдельных теплообменных труб происходят вследствие разрыва или неправильной установки прокладок под торцевыми крышками, или скопления под крышками воздуха.

Повседневно при осмотрах аппаратов проверяют толщину снеговой шубы на приборах охлаждения, степень загрязнения секций вертикально-трубных испарителей в открытых баках, интенсивность образования водяного камня на трубах оросительных и вертикальных кожухотрубных конденсаторов.

Периодически (один раз в 2 мес) проверяют толщину водяного камня на закрытых теплопередающих поверхностях конденсаторов и переохладителей, для чего вскрывают крышки или отсоединяют калачи этих аппаратов.

Загрязнённость аппаратов смазкой, уносимой в систему из компрессоров, проверяют путем пробного выпуска смазки. Контроль за общим количеством смазки, находящейся

в системе, осуществляют по специальному журналу, в который заносят сведения о расходе смазки и выпуске ее из аппаратов. На основании обобщения опыта эксплуатации установки разрабатывают календарные графики выпуска смазки из каждого аппарата, которые вывешивают в машинном зале для обслуживающего персонала.

Общая проверка качества работы теплообменных аппаратов осуществляется путем сопоставления фактических разностей температур между средами с расчетными. Увеличение фактической разности температур относительно расчетной свидетельствует о наличии неисправностей.

Защита аппаратов и трубопроводов от разрушения при замерзании теплоносителя в зимнее время осуществляется путем своевременного удаления последнего. Для удаления воды из трубопроводов, аппаратов и резервуаров предусматриваются спускные краны или резьбовые пробки.

Обслуживание рассольных систем заключается в уходе за приборами охлаждения, трубопроводами, центробежными насосами. Основной неисправностью рассольных систем является самопроизвольное прекращение циркуляции рассола в отдельных приборах или участках системы. Это явление может возникать по причинам, указанным ниже.

Не отрегулировано задвижками поступление рассола в приборы или участки системы. Все приборы охлаждения подключаются к магистральным трубопроводам трубами внутренним диаметром 50 мм, скорость движения рассола в которых незначительна. В зависимости от расстояния до центробежного насоса и длины шлангов батарей гидравлическое сопротивление отдельных участков оказывается неодинаковым; соответственно прекращают работу участки системы с наибольшим гидравлическим сопротивлением. Подача рассола регулируется задвижками на коллекторах или приборах охлаждения таким образом, чтобы достичь одинакового гидравлического сопротивления на всех параллельных действующих участках. Контроль осуществляется по интенсивности обмерзания трубопроводов и приборов охлаждения.

Скопление воздуха в магистральных или разводящих трубопроводах. Воздушные пробки создают в системе значительные гидравлические сопротивления, которые при параллельном включении приборов насосы не преодолевают. Поэтому магистральные и разводящие трубопроводы укладывают с подъемом 0,005 по ходу рассола, а в самых высоких точках трубопроводов монтируют устройства для выпуска воздуха — краны.

Снижение производительности рассольного насоса и соответственно падение давления в нагнетательном трубопроводе.

Засорение осадками коррозии и другими загрязнениями разводящих трубопроводов. Это явление наблюдается преимущественно в слабодействующих участках трубопроводов, где находящиеся во взвешенном состоянии частицы загрязнений могут отстаиваться.

Засорение заборных фильтров. В мокрых воздухоохладителях равномерность орошения фарфоровых колец и состояние фильтров проверяют ежедневно. Уровень рассола в баках открытых испарителей должен быть на 100 мм выше поверхности испарительных секций.

Во избежание замерзания рассола ежедневно проверяют его плотность по ареометру при 15 °С. Плотность должна соответствовать температуре замерзания для открытых испарителей, которая на 5 °С, а для закрытых -—на 8 °С ниже рабочей температуры кипения.

Обслуживание градирен и охлаждающих прудов заключается в проверке работы и очистке водо-

распределительных устройств, форсунок, сопел и фильтров. При обслуживании градирен необходимо следить за правильной циркуляцией воздуха.

§ 27. ОБСЛУЖИВАНИЕ НАСОСОВ

В холодильных установках насосы применяют в схемах охлаждения конденсатора и компрессоров, а также для циркуляции хладоносителя в рассольных системах охлаждения (в основном центробежные насосы консольного типа, обозначаемые буквой К) и для подачи хладагента в систему охлаждения (герметичные насосы).

Особенность работы центробежных насосов всех видов состоит в том, что пуск их в работу может быть осуществлен после заполнения жидкостью полостей рабочего колеса и корпуса. Заметим, что насосы для жидкого хладагента устойчиво работают только при обеспечении подпора на стороне всасывания столба жидкого аммиака высотой не менее 1,5 м.

Высота всасывания у большинства центробежных насосов составляет 5—6 м. Наиболее целесообразно размещать насосы ниже уровня воды в резервуаре. При размещении насосов выше уровня воды в резервуаре (рис. 65) на всасывающем трубопроводе монтируется обратный клапан.

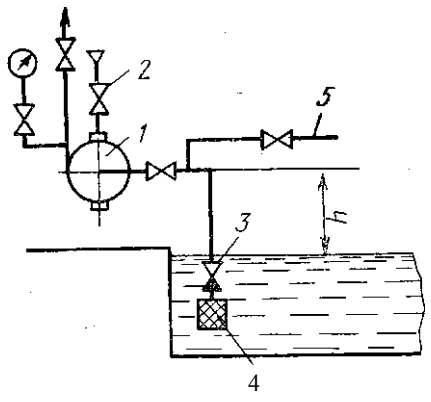


Рис. 65. Схема установки насоса выше уровня жидкости: *1* — насос; *2* — заливная воронка; *3* — обратный клапан; *4* — фильтр; *5*—водопровод

Центробежные насосы запускают с закрытой нагнетательной задвижкой и открытой всасывающей. После того как двигатель разовьет полную частоту вращения, медленно открывают нагнетательную задвижку во избежание гидравлического удара в нагнетательном трубопроводе или разрыва струи во всасывающем. Повышение давления контролируется по манометру. Перед остановкой насоса сначала закрывают задвижку на нагнетательном трубопроводе.

Уменьшение производительности насосов и снижение создаваемого напора могут происходить по следующим причинам: увеличение зазоров между уплотнительными кольцами рабочего колеса и корпуса вследствие их износа или неправильной сборки; разрушение лопастей рабочего колеса вследствие коррозии; смещение отверстий рабочего колеса относительно сборного канала улитки вследствие неправильной сборки; разрывы струи всасываемой жидкости в результате подсоса воздуха через неплотности всасывающего трубопровода или сальника вала (стрелка манометра резко колеблется); засорение отверстий рабочего колеса предметами, попадающими в жидкость из-за плохого состояния заборных фильтров.

Производительность насосов проверя-ют расходомером или по степени обеспечения потребителей нагнетаемой жидкостью. Повышение температуры корпусов водяных насосов или оттаивание инея на корпусах рассольных насосов свидетельствует о значительном снижении их производительности.

Повышенный расход электроэнергии может быть следствием большого гидравлического сопротивления в трубопроводах и соответственно увеличения количества нагнетаемой жидкости, а также наличия механических неисправностей: перекоса или сильной затяжки нажимной втулки сальника, трения рабочего колеса о корпус, перекоса или параллельного смещения осей валов насоса и двигателя и др.

§ 28. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ, АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

Приборы и средства управления и защиты, установленные на холодильных установках, делят на две группы: работающие непрерывно и срабатывающие при аварийных режимах.

К первой группе относятся регуляторы уровня, измерительные и сигнализирующие приборы и др. Их работу контролируют по периодическому срабатыванию. Профилактическая проверка осуществляется в соответствии с графиком планово-предупредительных осмотров. Приборы регулирования и измерения температуры (типа «Амур», ПТР, ТРДК и др.) проверяют 2 раза в год, приборы регулирования и измерения уровня жидкости в аппаратах (ПРУ-5, ПРУД, ТРВ, СВМ и др.) проверяют один раз в 2 мес.

Ко второй группе относятся приборы противоаварийной защиты и предупредительной сигнализации. Эти приборы срабатывают только при возникновении опасных режимов. При нормальной работе холодильных установок дать заключение об исправности этих приборов трудно. Периодическая проверка срабатывания приборов защиты производится в определенные сроки.- Световая сигнализация реле уровня на отделителях жидкости, промежуточных сосудах, испарителях и циркуляционных ресиверах проверяется ежедневно, в дневную смену. Срабатывание этих приборов проверяют каждые 10 дней, остальных приборов защиты (РКС, РД, ТР, РП)— один раз в месяц.

Проверку срабатывания приборов защиты и контроль правильности их настройки выполняют на работающем оборудовании с использованием контрольно-измерительных приборов, которые установлены на нем. Для обеспечения безопасности нельзя допускать переполнения испарительной системы жидким холодильным агентом.

Проверку на срабатывание остальных приборов защиты осуществляют согласно инструкций заводов-изготовителей с учетом особенностей данной холодильной установки.

Результаты проверки срабатывания средств автоматизации и защиты регистрируют в специальном журнале. Проведение работ должно контролироваться администрацией предприятия (начальником цеха, механиком, главным инженером).

§ 29. ОТТАИВАНИЕ БАТАРЕЙ И ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ

Нерегулярное оттаивание охлаждающих батарей приводит к чрезмерному нарастанию на них снега и льда, что может вызвать нарушение герметичности батарей и трубопроводов. Кроме того, из-за понижения температуры кипения, вызванного нарастанием снега и льда, происходит перерасход электроэнергии.

Для выполнения оттаивания перекрывают вентиль подачи жидкого агента в батарею / и вентиль удаления паров *3* (рис. 66). Подключают дренажный ресивер *ДР* к всасывающему трубопроводу, открыв вентиль *7,* и понижают в нем давление до давления всасывания, после чего вентиль 7 закрывают. Вентиль 7

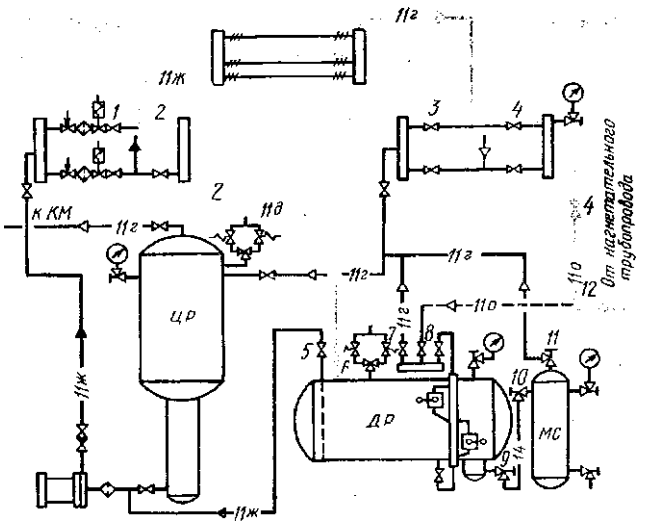


Рис. 66. Оттаивание батарей горячими парами аммиака:

/—12— запорные вентили; *ЦР*—циркуляционный ресивер; *ДР* — дренажный ресивер; *МС* — маслосборник

открывают осторожно из-за возможного наличия в ресивере жидкого холодильного аммиака. При наличии в дренажном ресивере значительного количества жидкого аммиака его следует предварительно перепустить в испарительную систему. Оставшийся в батареях жидкий аммиак сливают в дренажный ресивер. Для этого открывают вентили *2* и *6*.

При невозможности слива жидкого аммиака из батареи самотеком открывают вентили *12* и *4* и выдавливают жидкий аммиак в ресивер. При этом давление в батарее не должно превышать 1 МПа, так как превышение указанной величины давления может привести к нарушению плотности батареи. После выдавливания аммиака вентили *4* закрывают и осторожно открывают вентиль 7 для понижения давления в ресивере. Вентиль 7 открывают медленно, так как в ресивере находится жидкий аммиак. После понижения давления в дренажном ресивере до давления всасывания вентиль 7 закрывают. Затем закрывают вентиль *6,* отсоединяя батарею от дренажного ресивера, и подают в освобожденную от жидкого аммиака батарею горячие пары аммиака, открыв вентили *4*. Подача горячего пара в батареи продолжается до тех пор, пока шуба не будет удалена полностью и наружные поверхности батарей не станут сухими. Одновременно с оттаиванием из батарей удаляется масло. Для полного удаления масла необходимы хороший прогрев батарей и достаточная продолжительность оттаивания.

Отдавая теплоту при оттаивании, горячие пары аммиака конденсируются, поэтому при отсутствии автоматических устройств на дренажной линии периодически в процессе оттаивания открывают вентиль *6* для выпуска из батарей конденсата. Для ускорения процесса оттаивания производят обметание поверхностей батарей. При обметании запрещается наносить удары по батареям.

После оттаивания батарей закрывают вентили *4,* медленно открывают вентиль *6* и после понижения давления в батареях открывают вентиль / на жидкостном трубопроводе. Перепуск жидкого аммиака из дренажного ресивера в испарительную систему производят только после оттаивания масла и выпуска его в маслосборник. После отстоя масла понижают давление в маслосборнике *МС,* открывая вентиль *11*. Когда давление в маслосборнике понизится, вентиль *11* закрывают и открывают вентили *9* и *10*. Выпустив масло из ресивера в маслосборник, вентили *9* и *10* закрывают.

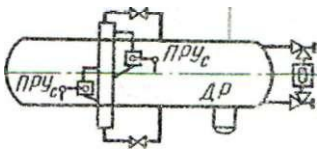
В приведенной схеме жидкий аммиак из ресивера удаляют насосом хладагента при открытом вентиле *5* (в безнасосных системах перепуск жидкого аммиака производят открытием вентилей *5 и 8 и* вентиля у регулирующей станции).

После освобождения ресивера от жидкого аммиака вентили *5* и *8* закрывают и понижают давление в ресивере до давления всасывания открытием вентиля 7. При достижении в ресивере давления всасывания вентиль 7 закрывают, затем закрывают вентили *2* и *12*.

Оттаивание воздухоохладителей производят аналогично оттаиванию батарей с предварительным отключением вентиляторов.

В том случае, если на дренажной линии предусмотрено автоматическое устройство, исключающее прорыв пара высокого давления из охлаждающих приборов, дренажный ресивер в течение всего времени оттаивания находится под низким давлением, что достигается непрерывным удалением из него пара в испарительную систему.

Рис. 67. Схема автоматизации дренажного ресиВеоа



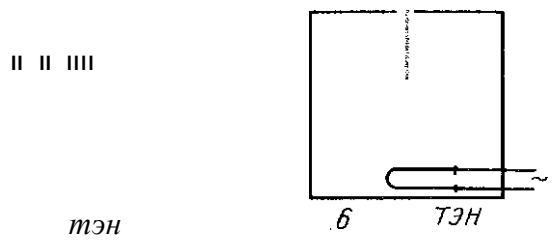


Рис. 68. Схема оттаивания рассольных батарей:

/ коллектор подачи • холодного рассола; *2* — коллектор подачи горячего рассола; *3* - коллектор возврата холодного рассола; *4* — коллектор возврата горячего рассола; *5* насос подачи горячего рассола; *б* — бак для подогрева рассола; 7 — бак для разведения рассола; *8* — насос холодного рассола

Р качестве автоматических устройств используют регулятор уровня высокого давления ПРУДВ или реле уровня ПРУ-5, управляющее соленоидным вентилем. На дренажном ресивере предусматривают реле уровня, сигнализирующее нижний и верхний предельный уровни жидкого хладагента (рис. 67). Реле ПРУДВ пропускает в ресивер только жидкий хладагент, предотвращая повышение давления в дренажном ресивере вследствие попадания паров высокого давления.

Оттаивание снеговой шубы с рассольных батарей производят подогретым рассолом. Для подогрева рассола в бак устанавливают термонагревательные элементы или в схеме предусматривают бойлер, в котором рассол подогревают паром или горячей водой. Схема оттаивания батарей дана на рис. 68. Циркуляция теплого рассола осуществляется рабочим насосом. На крупных холодильных установках с разветвленной сетью для системы оттаивания монтируют отдельные насосы. Циркуляция подогретого рассола продолжается до тех пор. пока поверхность батарей не станет СУХОЙ.

§ 30. ВЫПУСК МАСЛА ИЗ СИСТЕМЫ

Количество масла, уносимого из компрессора в систему, зависит от режима работы компрессора и его технического состояния. Наличие масла в теплообменных аппаратах ухудшает теплопередачу в них. Наиболее совершенные маслоотделители отделяют не более 80—90 % масла, уносимого из компрессора. Поэтому масло необходимо периодически удалять из аппаратов.

При постоянной работе холодильных установок периодичность выпуска масла из аппаратов следующая: из маслоотделителей каждые 5 дней; из промежуточных сосудов через 6 дней; из конденсаторов, линейных ресиверов, отделителей жидкости один раз в месяц; из охлаждающих приборов непосредственного охлаждения при каждом снятии снеговой шубы горячими парами холодильного агента.

Выпуск масла из аппаратов осуществляется только через маслосборники. Схема включения в систему холодильной установки представлена на рис. 69.

Для удаления масла необходимо: понизить давление

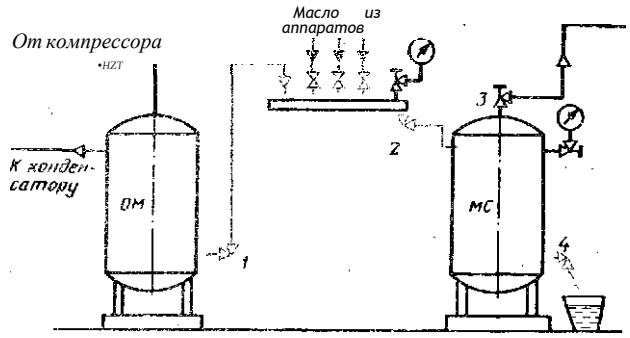


Рис. 69. Схема включения маслособирателя: *ОМ* — маслоотделитель; *МС* — маслособиратель; /4-4 — вентили

в маслособирателе до давления кипения хладагента; открыть вентили спуска масла из аппаратов и вентили заполнения маслособирателя и перепустить масло из аппарата в маслособиратель; отсосать из маслособирателя поступивший вместе с маслом аммиак через линию отсоса паров; удалить масло из маслособирателя в специальную емкость.

Наличие жидкого аммиака в маслособирателе определяют по обмерзанию корпуса при понижении в нем давления.

Выпуск масла из аппаратов, минуя маслособиратель, проводят на малых холодильных установках и при аварийном ремонте. Предварительно в несколько приемов отсасывают хладагент, находящийся в аппарате.. Масло из аппарата выпускают только в том случае, если давление в аппарате, близкое к атмосферному, не изменилось в течение 2—3 ч.

В хладоновых холодильных установках масло циркулирует вместе с хладоном. Замена смазки в них обычно проводится при среднем ремонте. Масло из аппаратов удаляют после многократного отсасывания хладона из него.

§ 31. ДОЗАРЯДКА МАСЛОМ И ХЛАДАГЕНТАМИ

Для смазки холодильных машин применяют специальные масла (табл. 6).

Все холодильные масла при выпуске с заводов-изготовителей снабжаются паспортом. Применять масло, не имеющее паспорта качества, не разрешается.

При работе часть смазки уносится из компрессора в систему. В связи с этим уровень масла в картере поршневого компрессора, в маслосборнике и маслоотделителе винтового и ротационного компрессоров понижается.

Причины повышенного уноса масла из поршневого компрессора: переполнение картера маслом, износ поршневой группы, плохая работа маслосъемных колец, высокое давление в системе смазки, вспенивание масла в картере" из-за попадания жидкого хладагента в картер, чрезмерно высокая температура нагнетания, неплотности в системе смазки.

В процессе эксплуатации масло загрязняется продуктами износа компрессоров, улетучиваются легкие фракции и увеличивается содержание смолистых веществ. Одним из основных признаков ухудшения качества масла является его потемне-

Таблица 6

Холодильный агент	Марка масла	Кинематическая вязкость при 50 °С, 10^{-6} м²/с	Кислотное число, мг КОН на 1 г	Температура, °С	
				вспышки в открытом тигле	застывания
Аммиак	ХА	S 1,5—15,5	0,10	160	- 4 0
	ХА-23	22—24	0,07	175	- 3 8
	ХА-30	28—32	0,07	185	- 3 8
	ХА-34	33—35	0,07	180	- 3 4
R12	ХФ-12-18	28	0,03	160	- 4 0
	ХФ-22-24	24,5—28,4	0,05	125	- 5 5
R22	ХФ-22С 16	16	0,35	225	- 5 8

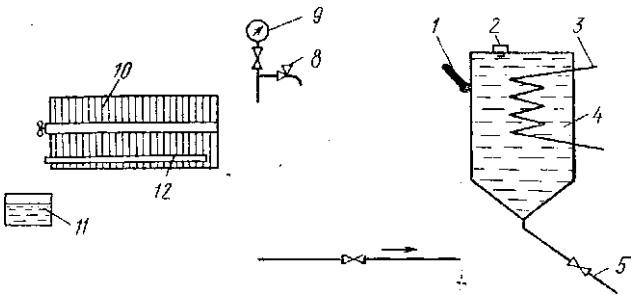


Рис. 70. Схема установки регенерации масла: / — термометр; *2* — отверстие для заливки масла; *3* — змеевик для подогрева масла; *4* — отстойник; 5 — спуск загрязнений; *6* — электродвигатель; 7 — шестеренчатый насос; *8* — пробный кран; *9* — манометр; *10*—фильтр-пресс; // — приемная емкость; *12* — сливной желоб

ние. В связи с дефицитностью масел при заполнении картера маслом к свежему разрешается добавлять до 35—40 % отработавшего масла, подвергнутого регенерации. Схема установки регенерации масла представлена на рис. 70.

Для отстаивания примесей масло подогревают до 70—80 °С. Масло при этом обезвоживается, снижается его вязкость, что способствует выпадению взвешенных в масле частиц. Фильтрация осуществляется при принудительном протекании масла через фильтр-пресс, между пластинами которого заложено фильтрующее сукно.

Добавление **масла** в систему. Для добавления масла в компрессоры средней и крупной производительности целесообразно использовать централизованную систему. Эта система не только облегчает труд обслуживающего персонала, но и обеспечивает чистоту масла, подаваемого в компрессор. Заполняют картер через угловой вентиль с помощью шестеренчатого насоса. Контроль осуществляют визуально по смотровому стеклу.

При отсутствии центральной системы смазки заправка картеров маслом осуществляется вручную через наполнительный вентиль. На штуцере вентиля закрепляют шланг, свободный конец которого опускают в емкость с маслом. Прикрывают всасывающий вентиль компрессора, а когда давление в картере становится ниже атмосферного, открывают наполнительный вентиль. При этом необходимо следить, чтобы свободный конец не оголился и не произошел подсос воздуха в картер компрессора. Картеры мелких хладоновых установок заполняют маслом через тройник всасывающего вентиля.

Масла должны храниться в закрытой таре, исключающей попадания загрязнений и влаги. При хранении хладонового масла в открытой таре оно способно поглощать до 1 % влаги по массе.

Добавление хладагента в систему. Недостаток хладагента в системе обнаруживают по отклонениям от оптимального режима: понижается температура кипения с одновременным возрастанием разности температур между температурой кипения и температурой всасывания; при значительном недостатке понижается и температура конденсации. В линейном ресивере постоянно держится низкий уровень жидкого хладагента, при прохождении хладагента через регулирующий вентиль улавливается характерный шелестящий звук движения пара.

Порядок пополнения системы хладагентом изложен далее.

§ 32. УДАЛЕНИЕ ИЗ СИСТЕМЫ ВОЗДУХА И ВЛАГИ

Удаление воздуха из систем. В системы холодильных установок воздух попадает главным образом во время монтажа и ремонта, а также при вскрытии компрессора и аппаратов для осмотра. При работе испарительной системы с давлением ниже атмосферного возможен подсос воздуха через неплотности. Наличие его в системе холодильной установки заметно ухудшает работу холодильных установок из-за повышения давления конденсации, что снижает холодопроизводительность компрессора, увеличивает удельный расход электроэнергии.

Давление в конденсаторе склады-

вается из парциальных давлении заполняющих его газов (хладагента, воздуха и др.), т. е. $p_к = p_а + p_в$. Парциальное давление хладагента зависит от температуры среды, охлаждающей конденсатор, а парциальное давление воздуха возрастает с увеличением его массы в системе.

Второй причиной повышения давления конденсации при наличии воздуха в системе является то, что у теплопередающей поверхности образуется прослойка из неконденсирующихся газов, затрудняющая теплопередачу, что и приводит к повышению давления конденсации.

Простейший, но и самый неэкономичный способ удаления воздуха из системы заключается в том, что при остановленном компрессоре через конденсатор в течение 2—3 ч пропускают воду, а затем через воздухоспускной клапан удаляют воздух через сосуд с водой. Но при этом способе теряется большое количество хладагента и расходуется вода.

Аммиачные и хладоновые холодильные установки средней и большой производительности снабжаются воздухоотделителями.

Автоматические отделители воздуха типа АВ-4 (рис. 71) конструкции ВНИКТИхолодпрома устойчиво работает при температурах кипекия ниже — 20 °С. При более высоких температурах кипения используют двухтрубный воздухоотделитель типа «труба в трубе» (рис. 72). Принцип их работы подробно изложен в курсе «Холодильно-компрессорные машины и установки». Выпуск воздуха производится в сосуд, с водой.

9 Удаление влаги из систем хладоновых установок. Влага, попадающая в хладоновую систему в связи с нерастворимостью з хладонах, при отрицательных температурах замерзает и закупоривает фильтры перед ТРВ, СВ, а также сами дросселирующие органы. Для сушки хладонов на жидкостном трубопроводе устанавливают фильтр-осушитель, заполненный силика-

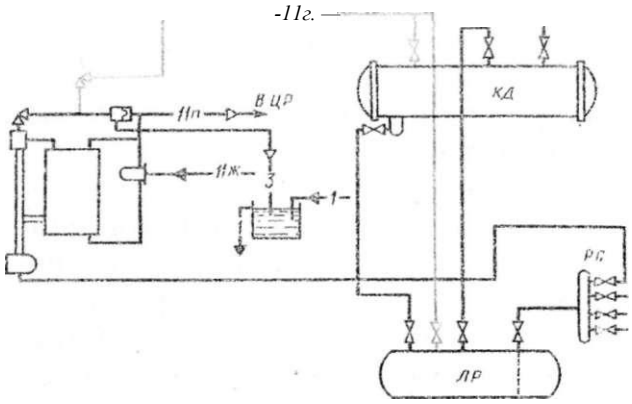


Рис. 71. Схема включения воздухоотделителя АВ-4

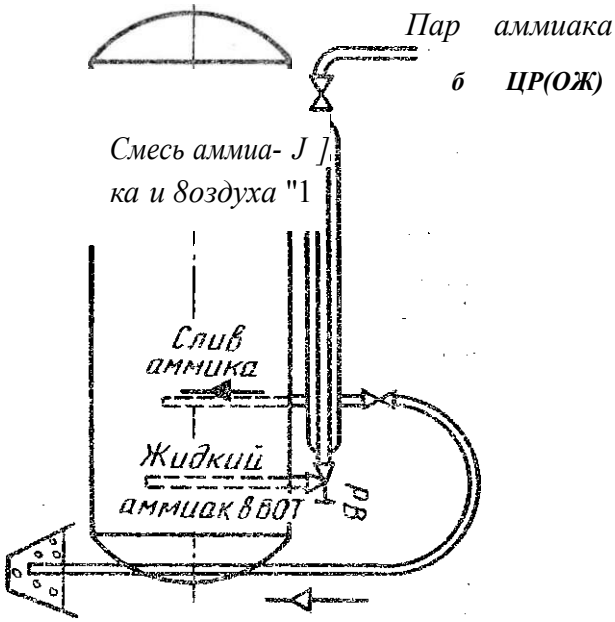


Рис. 72. Схема включения воздухоотделителя типа «труба в трубе»

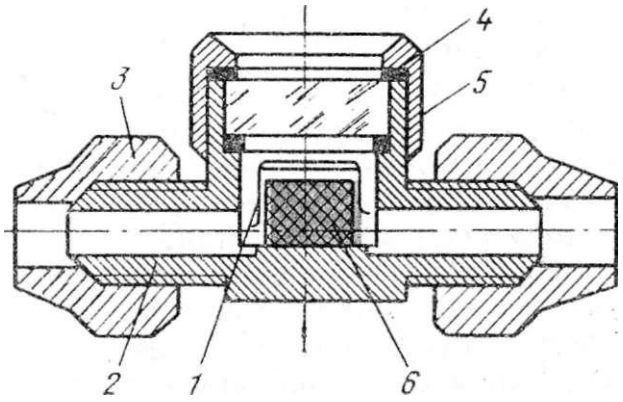


Рис. 73. Индикатор влажности:

1 — влагочувствитсльный элемент; *2* — корпус; *3, 5* — накидные гайки; *4* — смотровое стекло; *6* — капроновый вкладыш

гелем марки ШСМ или цеолитом марки А-2К.Т. При прохождении жидкого хладона через адсорбент влага, содержащаяся в хладоне, поглощается.

Применение силикагеля в качестве адсорбента не всегда дает хорошие результаты, так как его эффективность заметно снижается при повышении температуры, что отрицательно сказывается при работе установок в южных районах.

Цеолиты обладают повышенной влагоемкостью (18 % по массе) и прочностью, поэтому их применение предпочтительнее.

Для определения наличия влаги в системе (а также при необходимости смены адсорбента в фильтре-осушителе на жидкостном трубопроводе) в хладоновых холодильных установках используют индикатор влажности типа ИВ-7 (рис. 73). Принцип его действия основан на изменении окраски солей кобальта в зависимости от степени гидратации. При наличии излишнего количества влаги в системе цвет индикатора из синего постепенно переходит в голубой, а затем в розовый, что и служит сигналом о наличии влаги в системе.

Насыщенные влагой адсорбенты подвергают регенерации. Силикагель регенерирует продувкой через него воздуха температурой около 200 °С в течение б—8 ч. Цеолиты регенерируют также продувкой воздухом температурой 400—450 °С.

§ 33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УТЕЧЕК ХЛАДАГЕНТА

Утечки хладагента приводят к росту эксплуатационных расходов и, кроме того, небезопасны для обслуживающего персонала.

Определение мест утечки аммиака. Для определения мест утечки аммиака применяют обмыливание и проверку с помощью индикаторной бумаги высокой и средней чувствительности.

Индикаторную бумагу высокой чувствительности изготовляют путем погружения полосок фильтровальной бумаги в раствор, состоящий из 100 см° спирта-ректификата, 20 см³ глицерина и 0,2 г фенолрота. Бумагу, пропитанную раствором, высушивают и хранят в герметичной упаковке. По мере надобности используют отдельные полоски для определения мест утечки аммиака. При наличии в воздухе аммиака полоска краснеет. Для приготовления индикаторной бумаги средней чувствительности полоски пропитывают 1 %-ным раствором фенолфталеина в спирте-ректификате.

Серьезное внимание следует уделять проверке плотности конденсаторов и испарителей. В процессе эксплуатации могут появляться неплотности в местах развальцовки труб в трубных решетках, а также свищи и трещины труб. При этом необходимо учитывать, что рассольные и водяные насосы создают давление воды или рассола 0,3—0,5 МПа. В конденсаторах при низком давлении конденсации и особенно в испарителях в этих случаях происходит проникновение воды (рассола) в хладагент. Известны случаи, когда при невнимательном отношении обслуживающего персонала к своим обязанностям трещины труб в конденсаторе приводили к потере всего хладагента, снижению давления в системе хладагента и проникновению в нее большого количества воды. На аммиачных холодильных установках плотность конденсаторов и испарителей проверяют не реже одного раза в месяц путем определения наличия аммиака в охлаждающей воде или рассоле. Пробу воды для анализа отбирают через 4—б ч после остановки накосов.

Присутствие аммиака в воде или рассоле определяют с помощью реактива Несслера. Для проведения анализа в колбу берут 250 см³ рассола или циркуляционной воды из конденсатора. Если рассол кислый, в него добавляют едкий натр или гашеную известь. Колбу соединяют по паровой части с сосудом, охлаж-

/"\даемым водой, и нагревают. При ртом пар кипящей жидкости конденсируется в охлаждаемом сосуде и /образует отгонную часть. К 5 см³ отгонной части добавляют 1,2 см³ реактива Несслера. При концентра- I ции аммиака в исследуемой жидкости выше 0,01 % выпадает красно-бурый осадок. Реактив Несслера следует хранить в хорошо закупоренном сосуде, защищая его от действия аммиака.

Если реактив Несслера отсутствует, то можно воспользоваться индикаторной бумагой высокой чувствительности, которая окрасится в красный цвет, если ее опустить в исследуемую жидкость (при этом 1вода и рассол не должны быть кислыми, а в рассол не должна добавляться щелочь) или поднести к струе пара, получаемого при кипячении исследуемой жидкости,

в Определение мест утечки хладона. Для определения мест утечки в хладоновых холодильных установках применяют следующие основные способы: обмыливание; с помощью галоидных ламп и галоидных течеискателей. Наиболее простой и надежный, но трудоемкий способ — обмыливание проверяемых мест мыльным раствором с добавлением глицерина. Место утечки обнаруживают по появлению пузырьков. Место утечки хладона можно определить по появлению масляных пятен и подтеков. Проверяемые места предварительно очищают от масла растворителем. Однако при сложной конфигурации узла и наличии большого количества уплотнений проверка длительна и малоэффективна.

Наиболее часто определение мест утечки хладона осуществляют с помощью пропановых галоидных ламп (рис. 74). Метод проверки основан на изменении цвета пламени сгораемого топлива. При отсутствии в воздухе паров хладона пламя отрегулированной лампы имеет светло-голубой цвет.

Струя топлива, вытекающая из сопла лампы, создает разрежение в инжекционной камере, в которую

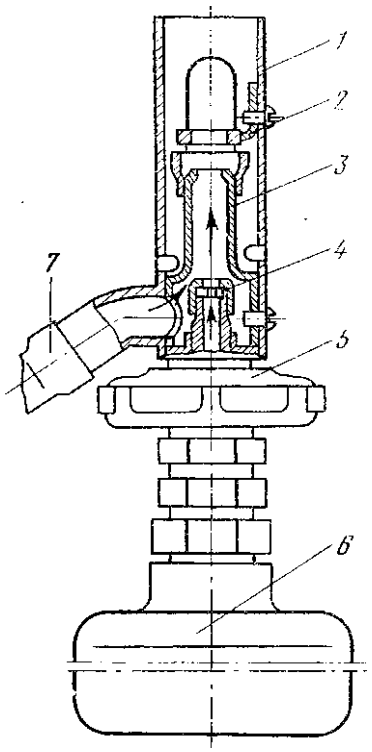


Рис. 74. Пропановая галоидная лампа:
/ — корпус горелки; 2 — красно-медная насадка; *3* — инжектор; *4* — сопло; *5* — маховик вентиля; *6* — баллон; 7 — шланг

через резиновый шланг подсасывается воздух. Смесь топлива и воздуха поступает через инжектор в корпус горелки и сгорает, нагревая до темно-красного цвета медную насадку. Если в воздухе, поступающем вместе с топливом в корпус горелки, имеется пар хладона, то при температуре 600—700 °С хладон разлагается с образованием хлористого и фтористого водорода. В присутствии раскаленной меди эти газы окрашивают пламя в зеленоватый цвет и увеличивают его высоту. При концентрации хладона в воздухе около 0,1 % по объему цвет пламени становится темно-зеленым, при концентрации около 1 %— зелено-синим. Более высокие концентрации хладона вызывают ярко-голубой цвет пламени и приводят к временной потере чувствительности лампы к низким концентрациям. При значительной утечке выделяется дым и пламя гаснет. Порог чувствительности пропановой галоидной лампы 5—7 г в год.

Более точным способом является определение мест утечек с помощью

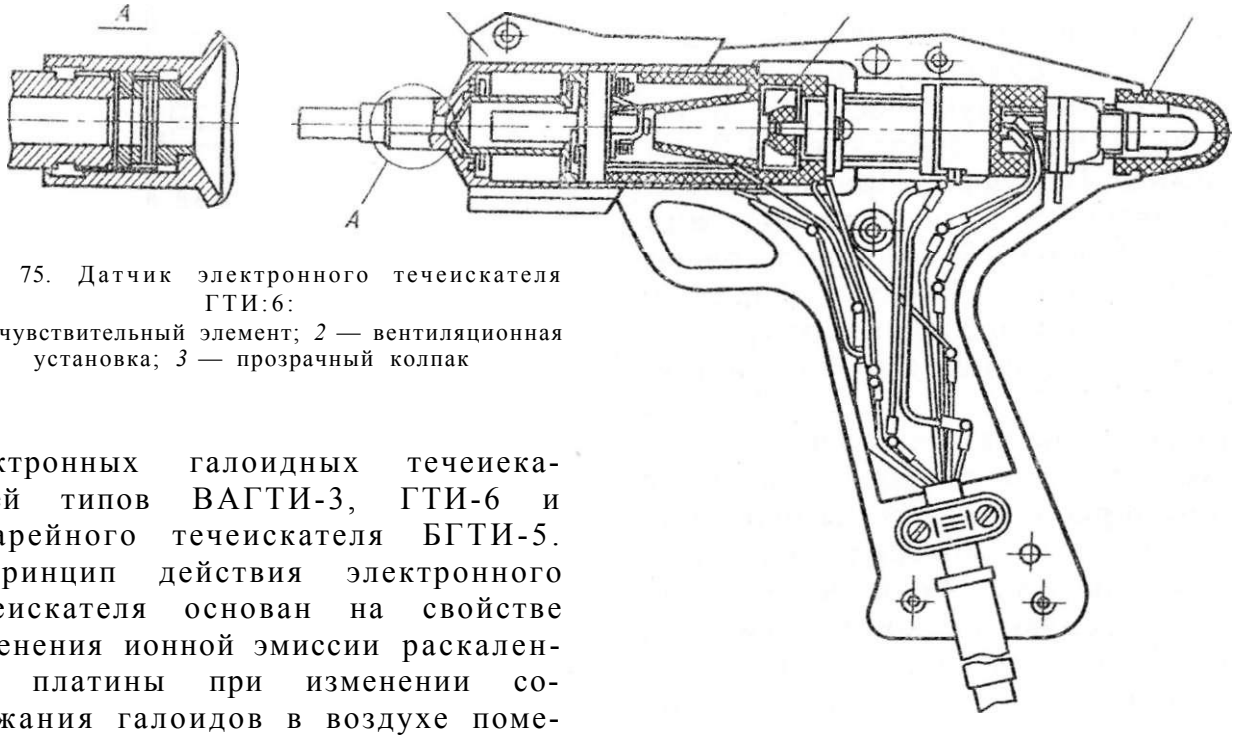


Рис. 75. Датчик электронного течеискателя ГТИ:6:
/ чувствительный элемент; *2* — вентиляционная установка; *3* — прозрачный колпак

электронных галоидных течеиекателей типов ВАГТИ-3, ГТИ-6 и батарейного течеискателя БГТИ-5.

Принцип действия электронного течеискателя основан на свойстве изменения ионной эмиссии раскаленной платины при изменении содержания галоидов в воздухе помещения. Через платиновые электроды атмосферного датчика течеискателя (рис. 75), нагретые до 800—900 °С, вентилятором прогоняется воздух, забираемый в месте предполагаемой утечки хладона. При прохождении воздуха с паром хладона в межэлектродном пространстве датчика возрастает ионная эмиссия с поверхности платины и в цепи миллиамперметра увеличивается ток. Токовый сигнал усиливается в усилителе и поступает в индикатор, который обеспечивает световую индикацию сигнала неоновой лампой и акустическую сигнализацию громкоговорителем. При наличии утечки хладона отклоняется стрелка амперметра и загорается неоновая лампа, а в громкоговорителе прослушиваются щелчки определенной частоты, которая зависит от концентрации хладона в воздухе.

Электронные течеискателя являются надежными приборами для определения мест утечки хладона. Для поддержания постоянной герметичности хладоновых систем на средних и крупных установках необходим еженедельный полный контроль плотности соединений установок. Электронный течеискатель облегчает контроль плотности соединений, так как в отличие от галоидной лампы не требует постоянного внимания и имеет высокую чувствительность. Максимальная чувствительность прибора ГТИ-6 к утечкам хладона 0,2 г в год. Чувствительность прибора можно уменьшить, установив тумблер на регистрирующем блоке в соответствующее положение.

При определении мест утечки хладона галоидными лампами и течеискателями помещение предварительно вентилируют, во время проверки в помещении не должно быть сильных потоков воздуха.

С помощью стационарных газоанализаторов контролируют состав воздуха в машинных, аппаратных и производственных помещениях, а также в камерах замораживания и хранения. Принцип действия газоанализатора основан на сравнении поглощения инфракрасного излучения в камерах с анализируемым и эталонным газами.

§ 34. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И УЧЕТ

Суточный журнал. Учет работы холодильного оборудования производится путем систематических записей в суточном журнале работы машинного отделения. Форма типового суточного журнала приводится в приложении.

Таблица 7

Наименование оборудования и показатели работы	Числа месяца																													Итого за месяц
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Компрессор № 1																																
Число часов работы за сутки																																
Среднесуточная температура																																
кипения																																
всасывания																																
нагнетания																																
Конденсатор № 1																																
Температура, °С																																
конденсации																																
поступающей воды																																
отходящей воды																																
Расход																																
электроэнергии, кВт-ч																																
воды, м³																																
аммиака, кг, и т. д.																																

В журнал заносят сведения о времени работы оборудования, температурные режимы работы, расход эксплуатационных материалов, сведения о выполненных работах по надзору и уходу за оборудованием.

Температурные режимы работы оборудования контролируются дежурным персоналом каждые 2 ч, остальные показатели — один раз в смену. На основании записей в журнале по истечении месяца составляется отчет по технической эксплуатации холодильной установки. Суточный журнал служит основанием для составления сводной ведомости (табл. 7).

В месячный отчет по технической эксплуатации включают сведения о выработке холода, расходе электроэнергии, воды и эксплуатационных материалов.

Выработка холода, расход электроэнергии и воды. Количество выработанного холода большинство холодильных предприятий определяет по среднемесячному режиму работы установки по формуле

$$Qo = Vfkq_v r,$$

где Qo — холодопроизводительность компрессора, кВт; Vf — теоретический объем, описываемый поршнями, ротором или винтами компрессора, м³/с; q_v — теоретическая объемная холодопроизводительность, кДж-с/м³; т — время работы компрессора, ч.

Значение коэффициента подачи X определяют по справочным данным в зависимости от типа компрессора и режима его работы. Для вертикальных и U-образных аммиачных компрессоров коэффициент подачи можно определить по формуле

$$tgl = (0{,}012 + 0{,}437c) (\backslash\text{-}p_к/ Po),$$

где c — величина мертвого пространства, доли рабочего объема (0,03—0,05); $p_к/po$ — отношение давления конденсации к давлению кипения.

При наличии на предприятиях расходомеров хладагента фактическую выработку холода следует определять по формуле

$$Qo = M_а \{ii — J_2) \text{ т},$$

где $M_а$ — расход пара, всасываемого в компрессор (по расходомеру); $i\backslash$, h — соответственно удельная энтальпия жидкого хладагента, поступающего в испаритель, и пара хладагента, выходящего из испарителя; т — время, с.

Теоретическая объемная холодопроизводительность определяется по таблицам или по формуле

$$\frac{tj — u}{v_0}$$

где м, U — разность энтальпии хладагента, отходящего и поступающего в испарители, кДж/кг; vo — удельный объем пара, выходящего из испарителя, м³/кг.

Холодопроизводительность двухступенчатых холодильных машин рассчитывают по компрессору низкой ступени.

Для межцеховых расчетов на холодильных предприятиях месячное количество выработанного холода распределяют по следующим статьям: на компенсацию потерь в окружающую среду, на вентиляцию, на термообработку и на выработку продукции.

Расход холода на компенсацию потерь в окружающую среду рассчи-

тывают по среднему значению коэффициента теплопередачи и средним температурам внутри и вне изолированного контура.

$$Q_i = \frac{24 B K_{ср} F_{общ} (t_н - t_{вн})}{1000}$$

где Qi — месячный расход холода на теплопередачу, кВт-ч; B — число дней в месяце; $K_{ср}$ — средний коэффициент теплопередачи, Вт/ (м -К); $F_{общ}$ — общая поверхность изолированного контура, м²; $t_н$, $t_{вн}$ — средние температуры снаружи и внутри изолированного контура, °С.

Средний коэффициент теплопередачи определяется по формуле

$$K_{ср} = \frac{F_{общ}}{\frac{F_{ст}}{k_{ст}} + \frac{F_{кр}}{k_{кр}}};$$

где $F_{пл}$, $F_{ст}$, $F_{кр}$ — площади пола, стен и кровли, м²; $F_{общ} = F_{пл} + F_{ст} + F_{кр}$; $k_{пл}$, $k_{ст}$, $k_{кр}$ — коэффициенты теплопередачи пола, стен и кровли (из проектных данных).

Расход холода на вентиляцию Q3 и эксплуатационные потери Q_4 рассчитывают по общепринятым формулам.

Расход холода на термообработку рассчитывают для каждого вида груза за месяц, а затем суммируют.

$$Q_2 = \frac{m(i_н - i_к)}{3600}$$

где **Q2** — расход холода на термообработку, кВт-ч; m — масса груза, поступившего на термообработку за месяц, кг; $(i_н - i_к)$ — разность удельных энтальпий поступившего и термообработанного груза, кДж/кг.

Расход холода на выпуск продукции рассчитывают по аналогичной формуле с учетом особенностей технологического процесса и теплопритоков от тары и оборудования. Расход воды определяют по показаниям водомера в конце и начале отчетного месяца. При составлении отчета определяют удельный расход воды на 1 кВт • ч и сопоставляют его с установленной нормой. Расход электроэнергии определяют по показаниям электросчетчиков. Аналогично расходу воды определяют удельный расход электроэнергии и сравнивают его с установленной нормой.

Расход эксплуатационных материалов. При подсчете расхода эксплуатационных материалов необходимо ориентироваться на существующие нормы для сравнения с фактическим расходом. По предприятиям Министерства торговли установлены следующие нормы расхода аммиака (в кг на 1,16 кВт в год): для систем непосредственного охлаждения 4,5; систем с рассольным охлаждением 2,5; смешанная система охлаждения 3,5.

Расход хлористого кальция составляет (в кг на 1 м² площади поверхности испарителей в год): для открытой системы 250, для закрытой — 100.

Расход хладона, масла и клиновых ремней (в год) для небольших установок, применяемых в торговле и общественном питании, приведен в табл. 8.

Таблица 8

Холодильный агрегат	Норма расхода, кг			Клиновой ремень		Холодильный агрегат	Норма расхода, кг			Клиновой ремень	
	R12	R22	масла	Тип	Норма расхода, шт.		R12	R22	масла	Тип	Норма расхода, шт.
ФАК-0,7Е	1		0,4	А1000	0,4	ВС-1250	0,6				
ФАК-1ДЕ	1,2		0,4	А1000	0,6	ВН-350 ВН-400	—	0,2	—	—	—
ФАК-1,5	1,5	—	0,5	А1000	1,2	ВН-630	—	0,3	—	—	—
ВСр-400	0,2	—	—	—	—	АК4,5-1-2	2	—	0,6	—	—
ВС-500	0,4	—	—	—	—	АК6-1-2	3	—	0,6	—	—
ВС-800	0,5	—	—	—	—	АК4,5-2-4	—	2	0,6	—	—
ВСэ-800											
ВСэ-1200	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Анализ работы холодильной установки по технической документации проводится инженерно-техническим персоналом для определения состояния оборудования и оценки качества работы обслуживающего персонала.

Анализируют работу по температурному режиму и технико-экономическим показателям. Для анализа по температурному режиму сопоставляют расчетные разности температур всех аппаратов и элементов установки с фактическими сменными, среднесуточными и среднемесячными. Аналитическому изучению подвергают все показатели температурного режима, при этом особое внимание обращают на разности температур в испарительной системе, конденсаторе и переохладителе. Понижение температуры кипения и повышенные температуры конденсации и переохлаждения относительно оптимальных их значений, соответствующих исходной температуре камер и охлаждающей воды, свидетельствуют о загрязненности аппаратов или неправильном их обслуживании.

Температуры всасывания и нагнетания в большей мере характеризуют качество обслуживания: правильность регулирования подачи агента в испарительную систему, точность настройки приборов, автоматического управления и др.

Анализ работы по технико-экономическим показателям проводится путем сопоставления плановых удельных норм выработки холода и расхода эксплуатационных материалов с фактическими. В результате анализа по технико-экономическим показателям выявляют недостаточно или неправильно организованные участки производства и принимают меры к исправлению их работы.

Раздел SIS

РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 8

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НАДЕЖНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В зависимости от экономической целесообразности и возможности проведения ремонта на месте эксплуатации холодильное оборудование делят на ремонтируемое (планово- и непланово-ремонтируемое[1]) и перемонтируемое. Планово ремонтируемое оборудование по виду основного процесса потери работоспособности подразделяется на изнашиваемое (стареющее в результате изнашивания и усталости металлов), корродирующее (коррозионно-стареющее) и комбинированно-стареющее.

К изнашиваемому оборудованию относят компрессоры и компрессорные агрегаты; к корродирующему — абсорбционные и пароэжекторные машины, аппараты, камерное оборудование, к комбинированно-стареющему — холодильные агрегаты и машины на базе герметичных компрессоров, компрессорно-конденсаторные и компрессорно-испарительные агрегаты, холодильные машины, тепловые насосы.

Состояния технических изделий и события. Состояния, в которых может находиться изделие, определяются в зависимости от соответствия изделия предъявляемым требованиям. Изделие может быть исправным или неисправным, работоспособным или неработоспособным.

Исправность — состояние изделия, при котором его технические параметры удовлетворяют всем требованиям нормативно-технической документации.

Неисправность — состояние изделия, при котором его технические параметры не соответствуют хотя бы одному из требований технической документации.

Работоспособность — состояние технического изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с рабочими параметрами, установленными требованиями технической документации. Работоспособность компрессора, агрегата, холодильной машины определяется холодопроизводительностью, потребляемой мощностью, уровнями шума, вибрации и др.

Понятие «исправность» шире, чем понятие «работоспособность». Работоспособное изделие может быть неисправным. Например, компрессор, имеющий утечку масла из сальника коленчатого вала и выполняющий заданные функции с установленными рабочими параметрами, является неисправным, но работоспособным.

Различают неисправности, не приводящие к отказам, и неисправности, вызывающие их.

Отказ — событие, при котором происходит частичная или полная утрата работоспособности изделия.

Событие, заключающееся в нару-

[1] Различают плановый ремонт, когда ремонт выполняется с периодичностью, установленной технической документацией, и неплановый ремонт — комплекс работ, предназначенный для восстановления работоспособности технического изделия после отказа или устранения повреждения в межремонтный период.

шении исправности изделия, называют повреждением.

Свойства изделий. Надежность изделий машиностроения является важнейшим показателем их качества, так как возникновение отказов вызывает значительные расходы при эксплуатации вследствие простоя оборудования и необходимости замены или восстановления отдельных узлов и деталей.

Надежность — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя рабочие параметры в заданных пределах в течение требуемого времени или требуемой наработки.

Наработка — продолжительность или объем работы изделия, измеряемые в часах или других единицах, специфичных для данного оборудования.

Надежность является комплексным свойством, обусловленным безотказностью, долговечностью, ремонтопригодностью и сохраняемостью.

Безотказность — способность изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных простоев.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на обслуживание и ремонт.

Предельное состояние— состояние, при котором дальнейшая эксплуатация изделия должна быть прекращена из-за выхода его основных технических параметров за установленные пределы. Предельное состояние может быть обусловлено нецелесообразностью дальнейшего использования изделия вследствие физического или морального износа, несоответствия требованиям охраны труда, снижения его экономической эффективности.

Ремонтопригодность — приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость — свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортировки.

Количественные показатели надежности. Для основных видов ремонтируемого и неремонтируемого холодильного оборудования разработан перечень показателей надежности, который подлежит включению во все документы, определяющие требования к качеству оборудования.

Показатели надежности охватывают три основных свойства (безотказность, долговечность и ремонтопригодность) и характеризуют способность оборудования выполнять заданные функции в течение длительной эксплуатации.

Повышение показателей надежности уменьшает вероятность материального ущерба, который может возникнуть вследствие временной неработоспособности оборудования, снижает затраты на его техническое обслуживание и ремонты в процессе эксплуатации. В то же время повышение показателей надежности вызывает рост затрат на производство оборудования и рост себестоимости изделий. Создание высоконадежного оборудования иногда может оказаться нецелесообразным, так как оно морально устаревает, не оправдав части вложенных в него средств. В связи с этим отдельные показатели безотказности и долговечности оборудования нормируют.

Показатели надежности определяют опытным путем, испытывая определенное число изделий на стендах или наблюдая за состоянием изделий в процессе их реальной эксплуатации.

Для определения показателей надежности неремонтируемых изделий испытывают группу из N изделий и через равные интервалы времени $(Ati, At2,. \bullet -Ati)$ регистрируют число отказов $Ami, Amz,. . .,$Дт, в каждом интервале. В процессе испытания вышедшие из строя изделия новыми не заменяют.

Ремонтируемые изделия (холодильные машины, аппараты, компрессоры) после замены отдельных

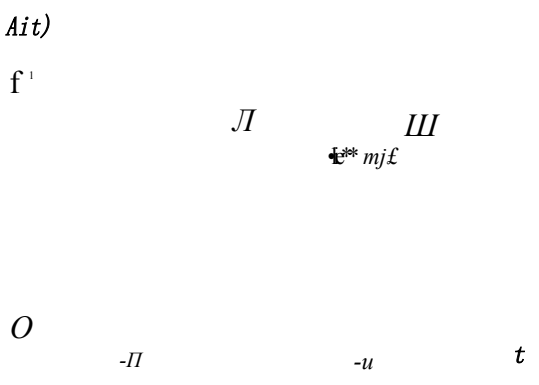


Рис. 76. Типичная кривая интенсивности отказов:
/ — период приработки; // — период нормальной эксплуатации; /// — период повышенного износа

узлов продолжают работать, поэтому количество изделий *N* не изменяется в течение всего срока испытаний.

Основными показателями безотказности холодильного оборудования являются наработка на отказ, параметр потока отказов (ремонтируемое оборудование) и интенсивность отказов (неремонтируемое оборудование) .

Наработка на отказ фактически определяет среднее время безотказной работы и рассчитывается по статистическим данным как отношение суммарной наработки изделий к общему числу их отказов. Нормативная величина наработки на отказ для холодильных компрессоров (в тыс. ч): винтовых — 3,5; аммиачных производительностью свыше 116 кВт — 2,3; аммиачных производительностью до 116 кВт — 5,4; хладоновых производительностью до 36 кВт — 10,3.

Параметр потока отказов ***w*** — отношение среднего числа отказов восстанавливаемого изделия за произвольно малую его наработку к значению этой наработки. Показатель является функцией времени, его увеличение свидетельствует о снижении надежности оборудования.

Интенсивность отказов ***X*** — число отказов в определенном интервале времени, отнесенное к числу невосстанавливаемых изделий, оставшихся исправными к началу этого интервала. Физический смысл показателя — вероятность отказа в достаточно малую единицу времени.

Интенсивность отказов, как и параметр потока отказов, является функцией времени.

Типичная кривая интенсивности отказов (рис. 76) позволяет определить период приработки $t_{,,}$, т. е. период повышенного количества отказов в начале эксплуатации, а также начало наступления периода повышенного износа $/_{„}$, т. е. срок службы изделия.

Интенсивность отказов в период нормальной эксплуатации при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания практически постоянна во времени $A, = \text{const}$.

В период нормальной эксплуатации, когда значение параметра потока отказов постоянно, параметр потока отказов равен интенсивности отказов ***(w = X).*** Это позволяет по параметру потока отказов определять интенсивность отказов на участках нормальной эксплуатации. Нормативная величина интенсивности отказов для герметичных компрессоров[1] $2{,}8\text{-}10^{-6}$ ч$^{-1}$.

Основными показателями долговечности холодильного оборудования являются гамма-процентный ресурс до списания (комбинированно-стареющее и неремонтируемое оборудование) , назначенные ресурсы до соответствующих видов ремонтов, наработка до технического обслуживания, средний срок службы до списания (планово-ремонтируемое оборудование) .

Ресурс — суммарная наработка изделия до предельного состояния, оговоренного в технической документации.

[1] Герметичные компрессоры и холодильные машины на их базе относят к группе неремонтируемого оборудования, если для устранения отказа требуется вскрытие кожуха компрессора. Такое оборудование ремонтируют централизованно на специализированных комбинатах, однако после ремонта потребителю возвращается практически новое изделие, не имеющее никакой преемственности в отношении надежности с тем изделием, которое направлялось на ремонт.

Гамма-процентный ресурс — наработка, в течение которой изделие не достигает предельного состояния с заданной вероятностью у, выраженной в процентах. Статистически гамма-процентный ресурс показывает, что **7** процентов изделий не достигнут предельного состояния за время какой-то наработки (например, до списания).

Назначенный ресурс — суммарная наработка изделия, при достижении которой его эксплуатация должна быть прекращена независимо от технического состояния. Назначенные ресурсы до соответствующих видов ремонтов, а также наработка до технического обслуживания определяют периодичность проведения ремонтов оборудования.

Срок службы до списания — календарная продолжительность эксплуатации изделия до списания (сдачи в металлолом), обусловленного предельным состоянием.

Показателями ремонтопригодности планово-ремонтируемого холодильного оборудования являются средняя оперативная трудоемкость капитального ремонта и объединенная удельная оперативная трудоемкость технических обслуживании и ремонтов.

Средняя оперативная трудоемкость капитального ремонта характеризует совершенство конструкции оборудования с точки зрения приспособленности к проведению ремонтов и оценивается затратами труда . на капитальный ремонт '. Показатель определяют на основе нормирования труда на ремонт методом замены сменных деталей и узлов без учета затрат труда на их восстановление. Численность и квалификацию ремонтного персонала устанавливают в строгом соответствии с технологическим процессом ремонта.

Капитальным называют ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) восстановления ресурса изделия с заменой или восстановлением его частей, включая базовые.

Объединенную удельную оперативную трудоемкость технических обслуживании и ремонтов определяют как отношение суммарной трудоемкости всех ремонтов и технических обслуживании за ремонтный цикл [1] к ресурсу до капитального ремонта (в часах). Трудоемкость ремонта и технического обслуживания определяют путем хронометража времени ремонтников или путем пооперационного нормирования технологических процессов ремонта.

Методы повышения надежности холодильного оборудования. Надежность оборудования зависит от его технического совершенства, уровня технического обслуживания и ремонтов в процессе эксплуатации.

Надежность холодильных машин повышают конструктивными и технологическими методами: выбирают размеры и формы основных деталей, обеспечивающие оптимальные начальные зазоры, нагрузки и скорости в трущихся сопряжениях; обеспечивают оптимальный тепловой режим работы пар трения; используют смазочные масла с улучшенными свойствами; применяют для изготовления высококачественные материалы; снижают вибрацию машин; обеспечивают чистоту и надлежащую степень осушки внутренних рабочих полостей компрессоров и теплообменных аппаратов; обеспечивают необходимую точность геометрической формы, правильное взаиморасположение и оптимальную шероховатость деталей пар трения; применяют современные способы упрочняющей обработки поверхностей деталей пар трения; используют ряд технологических приемов для получения износостойкого поверхностного слоя деталей (тер-

[1] Ремонтный цикл — наименьший повторяющийся интервал времени или наработки изделия, в течение которого выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации все установленные виды ремонта.

мическая и химико-термическая обработка, поверхностное пластическое деформирование, нанесение покрытий электролитическими способами и др.); повышают коррозионную стойкость теплообменных аппаратов; повышают надежность комплектующих изделий.

Надежность оборудования во время эксплуатации обеспечивают следующими способами: применяют рациональную систему технического обслуживания и ремонта; не допускают использования холодильного оборудования в режимах, не оговоренных технической документацией; внедряют современные способы восстановления поверхностей ряда ответственных деталей; проводят своевременную модернизацию холодильного оборудования; непрерывно повышают квалификацию; применяют рациональный метод организации ремонтных работ; внедряют избыточное резервирование отдельных видов оборудования.

Глава 9

ИЗНОС ОБОРУДОВАНИЯ

§ 35. ВИДЫ ИЗНОСА

Износ нормальный и аварийный, допустимый и предельный. Изменения размеров и свойств материалов деталей, происходящие в условиях исправного состояния и правильной эксплуатации оборудования, называют нормальным износом. При этом изменения размеров деталей сопровождаются нарушением правильности их форм.

Интенсивность нормального износа зависит от конструктивных особенностей деталей, износостойкости использованных материалов, условий эксплуатации, качества выполнения работ при монтаже, техническом обслуживании и ремонте оборудования.

Аварийный износ — изменения размеров и свойств материалов деталей, которые произошли в относительно короткий срок вследствие неправильной эксплуатации, некачественного монтажа, технического обслуживания или ремонта оборудования. Аварийный износ может возникнуть также вследствие дефектов изготовления оборудования. Примерами аварийных износов могут служить: разрушение подшипников вследствие их перегрузки, загрязнений или отсутствия смазки; расплавление неметаллических поршневых колец от воздействия высоких температур; разрушение трубопроводов и деталей компрессоров от гидравлических ударов; разрыв сосудов вследствие превышения установленного давления или некачественных сварных швов и т. п.

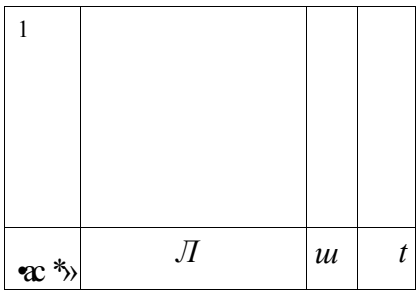


Рис. 77. Характер нарастания износа подвижных соединений

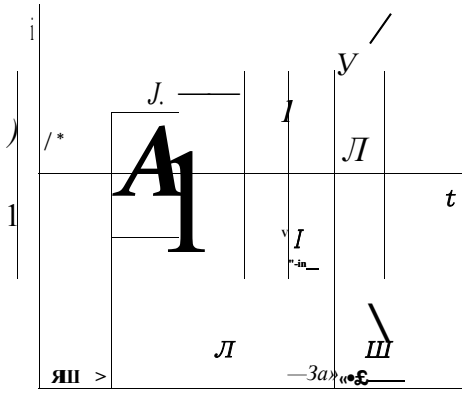
Изнашивание деталей во времени протекает неравномерно. Процесс изнашивания деталей большинства подвижных соединений может быть представлен в виде кривой, характеризующей нарастание износа a в зависимости от времени работы сопряжения / (рис. 77). В периоде времени / происходит процесс приработки поверхностей деталей с интенсивным нарастанием износа. Интенсивный износ в период приработки обусловлен тем, что до начала эксплуатации соединения площадь контакта сопрягаемых поверхностей не превышает 5—15 % номинальной площади рабочих поверхностей из-за микрошероховатостей и волнистости этих поверхностей. В процессе приработки площадь контакта сопрягаемых поверхностей постепенно увеличивается, вследствие чего уменьшается удельное давление, что приводит к снижению скорости изнашивания. В периоде времени //, который называют периодом нормального изнаши-

вания, износ прямо пропорционален времени работы. В этот период нарастание износа происходит равномерно и не вызывает заметного ухудшения работы сопряжения. Периоды *I-{-II* называют периодом естественного изнашивания, период /// — периодом аварийного изнашивания. В периоде времени /// резко возрастает скорость изнашивания, что связано с нарушением жидкостного трения и появлением вибраций из-за увеличения зазора в сопряжении, ухудшением качества сопрягаемых поверхностей и повышением температуры в зоне трения. Быстрое возрастание зазора в сопряжении вызывает форсированный износ, приводящий к разрушению сопряжения.

Схема изменения зазора s в зависимости от времени работы сопряжения *t* изображена на рис. 78. Кривые *1 и 2* характеризуют износ соответственно охватывающей и охватываемой детали, зазоры: $s_н$ — начальный зазор в сопряжении; $s_{,,}$ — зазор после периода приработки; $s_д$ — допустимый зазор; $s_{пр}$ — предельный зазор.

Допустимый износ — износ, при котором деталь может быть установлена в машину (компрессор, насос) без ремонта и будет удовлетворительно работать до следующего планового ремонта. Для сопряжения допустимому износу соответствует зазор $5_д$.

Предельный износ — износ, при котором дальнейшая эксплуатация детали становится недопустимой из-за нарушения работы узла или машины в целом и возможности появления внезапного отказа в работе. Предельному износу в сопряжении соответствует зазор $s_{пр}$. Одним из критериев предельного состояния изделия является предельный износ.



Риг. 78. Схема изменения зазора в сопряжении в зависимости от продолжительности работы

Значения допустимых и предельных износов указывают в технических ' условиях на разбраковку деталей; величины предельных зазоров, размеров, овальности и конусообразности — в технической документации заводов-изготовителей.

Износ деталей компрессоров и вспомогательных механизмов. Основные виды износа деталей: механический, молекулярно-механический и коррозионно-механический.

Механический износ. Он происходит в результате взаимодействия поверхностей деталей при трении или воздействия на поверхность детали различных нагрузок. Механический износ подразделяется на абразивный, усталостный, эрозионный и кавитационный.

Абразивный износ — частичное или полное разрушение поверхностей деталей частицами более твердых материалов — абразивов. Абразивный износ протекает более интенсивно на сопрягаемой поверхности меньшей твердости. Если же одна из трущихся поверхностей значительно мягче другой, то абразивы вдавливаются в нее и вызывают интенсивный износ более твердой поверхности. Абразивами являются частицы минералов и металлов, попадающие извне (песок, стружка, пыль и др.); частицы металлов и их окислов, отделяющиеся от изнашивающихся поверхностей; продукты окисления смазок.

При абразивном износе процесс механического разрушения сочетается с окислительными процессами, так как твердые частицы разрушают окисную пленку, которая вновь восстанавливается.

Для уменьшения абразивного износа необходимо тщательно проводить продувку систем холодильных установок, своевременно заменять

загрязненные смазки, промывать и очищать детали и узлы ', применять высокоэффективные газовые и масляные фильтры.

Усталостный износ — образование поверхностных микротрещин при воздействии на деталь знакопеременных или меняющихся по величине однозначных нагрузок. Микротрещины со временем разрастаются, сливаются и образуют очаг разрушения, приводящий в дальнейшем к образованию крупных трещин и поломке детали. Микротрещины зарождаются в местах наибольшей концентрации напряжений, которыми являются риски, подрезы, заусенцы, впадины поверхности, места инородных включений, острые края кромок. В компрессорах усталостному износу подвержены коленчатые валы, шатунные болты, пластины клапанов, пружины.

Разновидностью усталостного износа является осповидный износ, при котором микротрещины возникают в толще металла, а затем выходят на поверхность детали. Износ сопровождается отслоением пленок металла и проявляется в образовании местных очагов разрушения в виде осповидных углублений. Осповидному износу подвержены рабочие поверхности зубьев шестерен, детали подшипников качения.

Для уменьшения усталостного износа детали изготовляют из материалов с высокой усталостной прочностью, не допуская дефектов механической обработки. Поверхности деталей, подверженных усталостному износу, подвергают термической обработке и упрочняют пластическим деформированием.

Эрозионный износ — механическое разрушение поверхностных слоев материала деталей частицами газообразной или жидкой среды, перемещающимися с большой скоростью. Эрозионному износу подвержены уплотнительные поверхности рабочих клапанов и запорной арматуры.

Для уменьшения эрозионного износа детали изготовляют из высокопрочных вязких материалов, своевременно устраняют неплотности клапанов и запорной арматуры.

Кавитационный износ — разрушение поверхности детали вследствие гидравлических ударов, возникающих при нарушении сплошности потока жидкости с образованием кавитационных (воздушных или . паровых) пузырей, которые уменьшаются в объеме с большой скоростью и затем разрываются. Износ выражается в местном разрушении или образовании углублений на поверхности детали. Кавитационный износ может наблюдаться у деталей центробежных насосов.

Молекулярно-механический износ (износ схватыванием). Этот вид износа представляет собой интенсивное разрушение поверхностей деталей, возникающее в результате схватывания поверхностей, глубинного вырывания металла, переноса его с одной поверхности на другую и воздействия образующихся неровностей на сопрягаемые поверхности.

Условия для износа схватыванием создаются в момент пуска машины до образования разделяющего детали смазочного слоя, при перегрузке или неправильной смазке узлов машин. При схватывании образуются молекулярные связи между металлами поверхностей деталей, которые под воздействием механических сил в узлах трения разрушаются в наиболее слабых местах. Износ схватыванием, протекающий при высоких температурах (для стали около 900 °С), называют тепловым.

В компрессорах износ схватыванием может наблюдаться у цилиндров и поршней, шеек валов.

Для уменьшения износа схватыванием необходимо использовать соответствующие сорта смазок, устанавливать зазоры в узлах трения не менее допустимых величин.

Узел — сборочная единица, которая может собираться отдельно от других сборочных единиц или изделия в целом и выполнять определенную функцию в изделии только совместно с его составными частями.

Коррозионно-механическийизнос. Различают окислительный износ и износ при фретинг-коррозии.

Окислительный износ поверхностей трения возникает при наличии на них окисных пленок. Окисные пленки стальных деталей слабо связаны с основным металлом, поэтому при работе узлов трения легко отделяются и способствуют абразивному износу поверхностей.

Износ при фретинг-коррозии происходит при малых колебательных перемещениях контактирующих поверхностей в результате периодических деформаций или вибраций элементов конструкции. Износ характерен для поверхностей деталей в неподвижных соединениях, воспринимающих вибрационные нагрузки (наружных поверхностей колец подшипников качения, поверхностей отверстий в корпусах подшипников).

Фретинг-коррозия может возникать в условиях смазки и при сухом трении. Износ при фретинг-коррозии уменьшают снижением уровня виброактивности машин.

Износ аппаратов и трубопроводов. Поверхности аппаратов и трубопроводов холодильных установок подвержены в основном коррозионному износу, который в зависимости от условий и характера протекания подразделяют на химическую и электрохимическую коррозии.

Химическая коррозия выражается в образовании пленок окислов на поверхности металлов при их контакте со средой, не проводящей электричества: воздухом, газами, смазочными маслами. Процесс окисления в среде, содержащей кислород, протекает быстро, при этом на поверхности металлов образуется защитная пленка окислов.

Пленки окислов на цветных металлах и их сплавах, а также на коррозионно-стойких сталях обладают хорошими защитными свойствами. Пленки окислов на черных сплавах легко отделяются, открывая доступ кислороду к металлу, поэтому их защитные свойства выражены слабо.

Электрохимическая коррозия возникает при контакте поверхности металлов с электролитами, которыми в холодильных установках являются вода и рассолы. Поверхностный слой металла неоднороден и содержит кроме зерен металла различные токопроводящие примеси и загрязнения, включения окалины и ржавчины. В присутствии электролита на поверхности металла образуются микроскопические гальванические пары, что связано с неодинаковым электрическим потенциалом зерен металла, включений и примесей.

Участки с более низким потенциалом (зерна металла) выполняют роль анода, участки с высоким потенциалом (примеси, включения) — роль катода. С анодных участков в электролит переходят образующиеся ионы металла, отделяющиеся при этом электроны перемещаются по металлу к катодам. Избыточные электроны на катодных участках связываются растворенным в электролите кислородом или ионами водорода, в результате чего образуются ионы гидроокислов. Ионы металла и ионы гидроокислов соединяются в электролите, образуя продукты коррозии.

На интенсивность коррозии стали значительное влияние оказывают количество кислорода, находящегося в электролите, температура и скорость среды, являющейся электролитом, состояние среды, характеризуемое водородным показателем pH [1].

В открытых системах хладоносителя, в которых насыщение среды кислородом воздуха значительно выше, чем в закрытых, коррозия протекает более интенсивно. При увеличении концентрации рассола процесс коррозии замедляется, так как содержание кислорода в растворе высокой концентрации уменьшается. Коррозия стали усиливается с повышением температуры и скорости движения среды.

[1] Водородный показатель (pH) — десятичный логарифм концентрации водородных ионов H^+, взятый с обратным знаком.

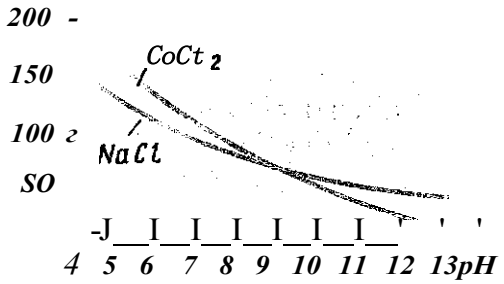


Рис. 79. Относительная скорость коррозии р в зависимости от кислотности и щелочности рассола

При оттаивании рассольных батарей рассол нагревают до температуры не более 40—45 °С, так как при более высоких температурах трубы из малоуглеродистой стали подвержены сильной язвенной коррозии, а на трубках бойлеров — нагревателей — могут появиться трещины.

При pH < 7 рассол считают кислым, при pH > 10 — щелочным. Рассол, у которого pH находится в пределах от 7 до 10, является нейтральным, или слабощелочным. Наиболее интенсивно коррозия протекает в присутствии кислой среды. При увеличении щелочности рассола скорость коррозии уменьшается, однако щелочные рассолы (pH > 10) при снижении скорости' общей коррозии вызывают сильную точечную коррозию ('рис. 79).

Определяют pH с помощью приборов (pH-метры ЛПС-02, ЛП-58) или индикаторов (фенолфталеин, лакмус). При определении pH с помощью индикатора к 10 $см^3$ отфильтрованного рассола, разбавленного равным количеством дистиллированной воды, добавляют 10—12 капель индикатора. При кислой реакции (индикатор лакмус) цвет раствора красный, при нейтральной, или слабощелочной,— фиолетовый, при щелочной — синий. Для уменьшения агрессивности среды (pH < 7) к рассолу добавляют гашеную известь Ca(OH)г или каустическую соду NaOH.

Снижение щелочности достигается обогащением рассола углекислым газом из баллонов. Оптимальным значением pH для рассолов является pH 9,5—10.

Значительно стимулируют общую и точечную коррозии хлориды и сульфиды, являющиеся компонентами вод рек, водоемов, артезианских скважин.

Интенсивный процесс коррозии наблюдается в конструкциях из неоднородных металлов. В таких конструкциях более активный металл становится анодом гальванической пары и подвергается разрушению. У испарителей и конденсаторов холодильных установок, имеющих стальные трубные решетки и медные трубки, для предотвращения коррозии на решетки наносят слой меди или покрытие из эпоксидной смолы.

§ 36. ЗАЩИТА АППАРАТОВ И СИСТЕМ ТРУБОПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Коррозия не только разрушает металл теплообменных аппаратов и сокращает срок их службы, но и ухудшает теплопередачу, образуя на стенках труб слой продуктов коррозии.

Основными мерами борьбы с коррозией на холодильных установках являются: соблюдение правил технического обслуживания аппаратов и систем, нанесение защитных покрытий, уменьшение агрессивности контактируемой с металлом среды, электрохимические способы защиты.

При обслуживании аппаратов и систем необходимо своевременно удалять из них воздух, поддерживать уровень хладоносителя в аппаратах открытого типа таким образом, чтобы металлические поверхности не вступали в контакт с воздухом, контролировать и поддерживать оптимальное значение pH рассола.

В качестве защитных покрытий используют краски (свинцовый или железный сурик), лаки (бакелитовый, ЭП-547К, ФП-561), битум, тонкие металлические пленки, получаемые горячим цинкованием, лужением. Временное (межоперационное)

защитное покрытие для стальных труб, используемых в хладоновых установках, может быть нанесено химическим способом (фосфатирование). При этом на- поверхности металла образуется пленка фосфорнокислых солей марганца и железа, предохраняющая металл от внешней коррозионной среды. Наиболее устойчивыми металлическими покрытиями являются для наружных поверхностей приборов охлаждения холодильных установок цинковые покрытия, для поверхностей, омываемых морской водой, кадмиевые.

Уменьшение агрессивности среды достигается введением в нее ингибиторов. Ингибиторы снижают скорость коррозии, изменяя потенциал анодных участков (анодные ингибиторы) или образуя на поверхности тонкие защитные пленки, а в некоторых случаях — нерастворимые осадки (катодные ингибиторы).

Анодными ингибиторами являются хроматы, нитриты, фосфаты и др. Для защиты рассольных систем холодильных установок используют хроматы натрия и калия ($Na_2CrC>4$ и К2СЮ4), бихромат натрия ($Na_2Cr_2Q7 \cdot 2H2O$) и двуметаллический фосфат натрия (Na_2HP0_4X $X12H_20$).

Нормы расхода ингибиторов для растворов NaCl и $CaC1_2$ (в кг/м^3): хромата натрия 2,5^-3,0 (1,2ч-1,8); хромата калия 3,0-^-4,0(1,64-2,0); бихромата натрия 3,2 (1,6) ''.При использовании бихромата натрия к указанным количествам ингибитора при нейтральной реакции раствора добавляют каустическую соду: 0,45 кг для раствора NaCl и 0,9 кг для раствора $CaC1_2$.

Со временем активность ингибиторов падает, поэтому один раз в год к рассолу добавляют 50 % первоначального количества хромата или бихромата и щелочи. Наилучший защитный эффект ингибиторов достигается при pH 9, поэтому количество каустической соды, добавляемой к рассолу, уточняют в зависимости от pH раствора.

Из электрохимических способов защиты на холодильных установках получила широкое распространение протекторная защита. Сущность протекторной защиты заключается в том, что в агрессивной электролитической среде искусственно создается гальваническая пара из металла конструкции и соединенного с ним другого более активного металла (протектора).

Протектор в такой гальванической паре является анодом и разрушается агрессивной средой, коррозия металла конструкции, являющегося катодом, прекращается. Активность металлов определяется рядом напряжений '. Металл, стоящий в ряду левее защищаемого, является более активным и может выполнять роль протектора. Стальные конструкции защищают протекторами из цинка, конструкции из бронзы, меди и латуни — протекторами из цинка и железа.

Протекторы применяют для защиты рассольных испарителей и трубопроводов, а также конденсаторов и трубопроводов при использовании морской воды. Изготовляют протекторы в виде пластин, закрепляемых на крышках испарителей и конденсаторов, стержней или полых цилиндрических втулок, устанавливаемых на трубопроводах (рис. 80).

Толщину пластин, стержней и стенок втулок принимают не менее 8 мм, сопрягаемые поверхности протекторов и элементов конструкций должны быть чистыми и плотно прилегать друг к другу для обеспечения электрического контакта. Зона действия^ протекторов ограничена и составляет 2— Юм. Площадь поверхности протектора, соприкасающаяся с рассолом или водой, должна составлять 3— 5 % площади защищаемой поверхности.

' В скобках указаны нормы расхода ингибиторов для раствора хлористого кальция.

Ряд напряжений для металлов, расположенных в порядке уменьшения активности, имеет следующий вид: K, Na, Ca, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, Cu, Hg, Ag, Au.

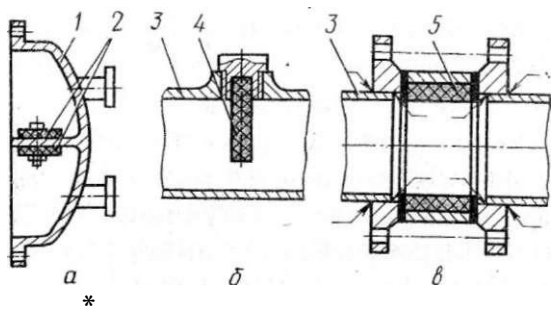


Рис. 80. Расположение протекторов:

а — на перегородке крышки кожухотрубного аппарата; *б* — в трубопроводе; *в* — между фланцами; *1* — крышка; *2* — протектор-пластина; *3* — труба; *4* — протектор-стержень; 5 — протектор-цилиндрическая втулка

Периодически поверхности протекторов очищают от продуктов коррозии, заменяют протекторы по мере их разрушения.

Коррозия в среде хладагентов. При наличии воды в хладоновых системах происходит гидролиз хладонов с образованием минеральных кислот. Скорость гидролиза возрастает при повышении температуры среды и в присутствии алюминия и углеродистой стали. При взаимодействии хладонов с маслами образуются минеральные и органические кислоты. Присутствие в рабочей среде кислот приводит к коррозии металла, а в определенных условиях (повышенная концентрация соляной кислоты, высокая температура) — к омеднению стальных поверхностей. Особо опасны последствия коррозии и омеднения в системах малых холодильных машин. Поэтому при изготовлении и ремонте малых холодильных машин проводят тщательную подготовку холодильных агентов и масел, глубокую осушку деталей, узлов и систем.

Для уменьшения коррозии и омеднения к маслохладоновым смесям добавляют вещества, которые связывают образовавшиеся кислоты или снижают активность медных поверхностей. К рабочей среде добавляют борный ангидрид (0,01 — 1 %), к маслу — пикалиновую кислоту (0,05—1 %) и «противоомеднители» (0,1 %), например перекись дибензоила.

Водоаммиачный раствор в абсорбционных установках вызывает незначительную коррозию стали. Накапливающиеся продукты коррозии могут вызвать засорение труб малого диаметра. Для замедления процесса коррозии к водоаммиачному раствору добавляют хромат натрия.

Глава 10

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

§ 37. СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе эксплуатации оборудования возникают отказы, которые по характеру изменения параметра подразделяют на постепенные и внезапные.

Постепенные отказы характеризуются постепенным изменением одного или нескольких контролируемых параметров (производительности, потребляемой энергии, зазора в сопряжении и т. д.) вследствие износа трущихся деталей, загрязнения труб теплообменных аппаратов и др.

Внезапные отказы характеризуются скачкообразным изменением параметров вследствие поломки, заклинивания деталей и т. д.

Появление постепенных отказов поддается прогнозированию на основе исследования процессов изнашивания деталей. Внезапные отказы не поддаются прогнозированию.

Различная природа постепенных и внезапных отказов вызывает необходимость в применении для обеспечения требуемого уровня надежности оборудования двух одновременно действующих направлений обслуживания: планово-предупредительной замены деталей по наработке и профилактических работ (осмотров).

Планово-предупредительная замена по наработке предусматривает принудительную замену деталей через период времени, определяемый путем расчета. Своевременное проведение замены деталей по наработке предупреждает

постепенные отказы оборудования.

Возникновение внезапных отказов может быть предупреждено проведением профилактических осмотров, предусматривающих очистку поверхностей, замену смазочных масел, подтяжку крепежных деталей, регулировку зазоров, а также замену неисправных деталей, дальнейшая эксплуатация которых может привести к отказу в ближайший период времени.

В реальных условиях эксплуатации только техническим обслуживанием не удается обеспечить оптимальный срок службы оборудования, поэтому возникает необходимость в проведении дополнительных работ по восстановлению изношенных деталей и узлов.

Надежность и долговечность холодильного оборудования в значительной степени зависят от правильного и своевременного проведения ремонтных работ.

Бесперебойная и безопасная работа оборудования достигается действующей в СССР системой планово-предупредительного ремонта' (ППР).

Система ППР — это комплекс организационно-технических мероприятий профилактического характера, проводимых по заранее составленному плану и направленных на предотвращение прогрессивно нарастающего износа деталей и узлов, поломок и преждевременного выхода из строя холодильного оборудования.

Основой системы ППР является проведение комплекса работ по ремонту, регулировке и очистке, а также по профилактической замене деталей и узлов после наработки оборудованием заранее установленного количества часов.

Система ППР холодильного оборудования обеспечивает снижение материальных затрат при эксплуатации и ремонте в результате применения оптимальной структуры ремонтного цикла, сокращения времени непроизводительного простоя машин и аппаратов, совершенствования технологии и внедрения прогрессивных форм организации ремонтных работ.

Классификация ремонтов. Система ППР предусматривает: межремонтное обслуживание (О), состоящее из технических уходов и профилактических осмотров; плановые ремонты — малый (М), средний (С) и капитальный (К).

Профилактический осмотр предназначен для обеспечения работоспособности изделий в течение небольшого промежутка времени (от 3 до 6 мес) путем очистки, регулировки, а также замены по мере необходимости неисправных деталей.

Малый (текущий) ремонт предназначен для обеспечения работоспособности изделий в течение относительно небольшого промежутка времени (не более года). Малый ремонт предусматривает очистку, регулировку, а также плановую принудительную замену наименее долговечных деталей, а в некоторых случаях и их восстановление.

Средний ремонт выполняют для восстановления работоспособности и частичного ресурса изделий посредством замены или восстановления ограниченного ряда более долговечных деталей.

Капитальный ремонт выполняют для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) ресурса изделий с заменой или восстановлением любых деталей, включая базовые.

Обслуживание и **ремонт поршневых компрессоров' с ходом поршня 50, 70** и **130 мм.** При этом производят следующие работы.

Ежедневный технический уход предусматривает внешний осмотр и контроль уровня масла в картерах компрессоров, регулирование режима работы, наблюдение за работой приборов автоматики и устранение неплотностей.

Декадный технический уход предусматривает кратковременную остановку компрессоров и

Объем, содержание и периодичность ремонтных работ для аппаратов холодильных установок рассмотрены в главе 12.

проверку правильности показаний измерительных приборов, проверку плотности сальников коленчатых валов, состояния муфт сцепления, крепления трубопроводов и арматуры, подтяжку сальников запорных вентилей.

Профилактический осмотр включает следующие работы:

демонтаж, разборку и промывку нагнетательных и всасывающих клапанов (клапанных досок), шатунно-поршневых групп[1];

демонтаж и промывку газовых и масляных фильтров;

осмотр деталей клапанов, пружин и поршневых колец с заменой деталей, имеющих дефекты;

регулировку шатунных подшипников (для компрессоров с ходом поршня 130 мм);

проверку состояния крепежных деталей и их подтяжку;

промывку и очистку картера, нагнетательных полостей и гильз цилиндров (для аммиачных компрессоров), замену смазочного масла;

сборку и проверку герметичности компрессора;

При малом ремонте дополнительно проводят следующие работы:

демонтаж и разборку шатунно-поршневых групп (хладоновые компрессоры с ходом поршня 50 и 70 мм);

демонтаж и разборку узла сальника, предохранительного клапана, запорных вентилей[2];

замену клапанных пластин, поршневых колец, уплотнительного элемента предохранительного клапана;

тарировку предохранительного клапана;

осмотр деталей сальника, замену резиновых колец и прокладок, притирку трущихся поверхностей;

осмотр трущихся поверхностей втулок верхних головок шатунов, поршневых пальцев, вкладышей или баббитовой заливки шатунов, гильз или блоков цилиндров и устранение рисок, натиров и наволакивания металла;

проверку удлинения шатунных болтов и отсутствия в них микротрещин;

шлифование вручную шеек коленчатого вала в случае необходимости их зачистки;

перезаливку баббитом клапанов запорных вентилей;

промывку и очистку картера, всасывающих и нагнетательных полостей (для хладоновых компрессоров);

проверку зазора между статором и ротором, проверку изоляции обмоток статора (для хладоновых бессальниковых компрессоров).

Средний ремонт включает все работы, предусмотренные малым ремонтом, а также дополнительно:

демонтаж и разборку узла сальника, замену резиновых колец и прокладок, притирку трущихся поверхностей (для компрессоров с ходом поршня 50 мм);

демонтаж, разборку и ревизию масляного насоса;

замену вкладышей или перезаливку баббитового слоя нижних головок шатунов, замену втулок верхних головок шатунов, поршневых пальцев, трущихся деталей сальников, замену части седел и розеток рабочих клапанов и буферных пружин, замену поршней ступени высокого давления (у двухступенчатых компрессоров), замену резинового кольца муфты.

Капитальный ремонт включает дополнительно к объему среднего ремонта:

полную разборку компрессора с демонтажем гильз (блоков) цилиндров и коленчатого вала;

замену гильз (блоков) цилиндров, поршней, клапанных досок и части деталей масляного насоса, имеющих значительный износ;

проверку коленчатого вала на наличие микротрещин, промывку и очистку масляных каналов, шлифование шеек под следующий ремонтный размер;

замену коренных подшипников качения, болтов противовесов и шатунных болтов;

сборку, окраску и испытания отремонтированного компрессора.

Обслуживание и ремонт поршневых компрессоров с ходом поршня 82 мм. Проводят ряд работ.

Профилактический осмотр предусматривает:

демонтаж и промывку масляных и газовых фильтров;

разборку, промывку и осмотр нагнетательных и всасывающих клапанов, при необходимости замену пластин;

осмотр рабочих поверхностей гильз цилиндров (без выемки поршней);

проверку качества затяжки и стопорения шатунных болтов;

промывку картера и нагнетательных полостей, замену смазочного масла.

Малый ремонт в дополнение к работам осмотра включает:

демонтаж, разборку и промывку шатунно-поршневых групп и предохранительного клапана, контроль состояния их деталей;

тарировку предохранительного клапана;

замену пластин и пружин нагнетательных и всасывающих клапанов;

[1] Для хладоновых компрессоров с ходом поршня 50 и 70 мм демонтаж шатунно-поршневых групп не производят.

[2] Для компрессоров с ходом поршня 50 мм демонтаж и разборку узла сальника и предохранительного клапана, а также замену поршневых колец не производят.

устранение рисок и натиров на рабочих поверхностях пар трения механизма движения;

контроль состояния монтажных проводов и катушек электромагнитов (для компрессоров с регулированием холодопроизводительности).

Средний ремонт включает все работы малого ремонта, а также дополнительно:

разборку сальника, контроль состояния его деталей, притирку трущихся поверхностей;

проверку уплотнения гильз и натяга буферных пружин;

проверку и регулировку величины линейного мертвого пространства, высоты подъема пластин всасывающих клапанов;

замену втулок верхних головок шатунов, вкладышей, резиновых уплотнений и паронитовых прокладок;

выявление дефектов шатунных болтов;

очистку водяной рубашки.

Капитальный ремонт дополнительно к работам среднего ремонта предусматривает:

замену гильз, поршней и поршневых пальцев, клапанов, сальника, масляного насоса, предохранительного клапана, роликоподшипников, буферных пружин, шестерен;

выявление дефектов коленчатого вала;

перешлифовку шеек коленчатого вала под ремонтный размер;

гидравлические испытания корпусных деталей;

холостую обкатку и обкатку на холодильном агенте.

Винтовые компрессоры 5ВХ-350. Предусмотрен следующий объем работ: при профилактическом осмотре производят очистку газовых и масляных фильтров; при малом ремонте проверяют состояние сальника коленчатого вала, соосность валов компрессора и электродвигателя, заменяют смазочное масло; при среднем ремонте проверяют состояние подшипников качения, шеек роторов, контролируют величины зазоров в подшипниках скольжения, между торцом ротора и вставкой, между поверхностью роторов и корпусом, между торцами роторов и корпусом, заменяют прокладки и резиновые уплотнительные кольца; при капитальном ремонте заменяют радиальные подшипники скольжения, пружинное кольцо, стопорные шайбы.

Ремонтный цикл, **его** структура. Ремонтный цикл — период работы оборудования между двумя капитальными ремонтами или между началом эксплуатации оборудования и первым капитальным ремонтом.

Структура ремонтного цикла является постоянной для однотипного оборудования и определяет количество, периодичность и последовательность профилактических осмотров и плановых ремонтов в ремонтном цикле. Структуру ремонтного цикла изображают графически или в виде последовательности букв, обозначающих виды ремонтных и профилактических работ (табл. 9).

При графическом изображении структуры ремонтного цикла (рис. 81) цифры на графике указывают

Таблица 9

Оборудование	Структура ремонтного цикла	Межремонтный период		Межосмотровый период	
		в часах	в календарных годах	в часах	в календарных годах
Компрессоры, ФВ20, ФУ40, ФУУ80	К — О — О — М — О — О — С — О — — О — М — О — О — К	6000	-	2000	
Компрессоры типа 5ВХ-350	К — О — М — О — М — О — С — — О — М — О — М — О — С — О — — М — О — М — о — к	5600	—	2800	
Кожухотрубные теплообменные аппараты	К — О — О — О — М — О — О — — О — М — О — О — О — С — О — — О — О — М — О — О — О — м — — О — О — О — С — О — О — О — — М — О — О — О — М — О — О — - О - К				0,25

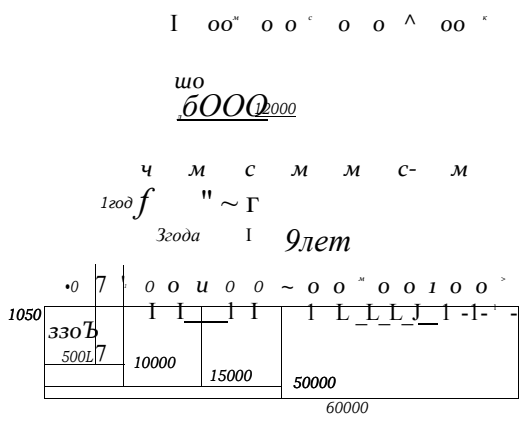


Рис. 81. Структура ремонтного цикла:

а — компрессоров ФВ20, ФУ40, ФУУ80; б — аммиачных батарей; *в* — компрессоров П110, П220; *О* — профилактический осмотр; *М* — малый ремонт; *С* — средний ремонт; *К* — капитальный ремонт; *Р* — полный ресурс

величины межосмотрового и межремонтного периодов, а также периоды времени до первых'плановых ремонтов каждого вида.

При изображении структуры цикла в виде последовательности букв дополнительно указывают величины межосмотрового и межремонтного периодов.

Межосмотровой период — это период работы оборудования между двумя последовательными профилактическими осмотрами или между осмотром и плановым ремонтом.

Межремонтный период — период работы оборудования между двумя последовательными ремонтами или от начала эксплуатации до первого ремонта.

Для компрессоров, насосов и вентиляторов величины межосмотрового и межремонтного периодов измеряют в часах наработки, для теплообменной, емкостной, мелкой аппаратуры и приборов — в календарных годах или месяцах.

При расчете структуры ремонтного цикла оборудование подразделяют на группы деталей и узлов, имеющих приблизительно одинаковую долговечность (ресурсы). Количество видов ремонтов принимают равным количеству этих групп (обычно 3—4).

Величину межремонтного периода определяют по группе деталей с наименьшим ресурсом так, чтобы обеспечить требуемый уровень безотказности оборудования в межремонтный период по постепенным отказам.

Необходимый уровень безотказности оборудования по внезапным отказам обеспечивается путем проведения профилактических осмотров в течение межремонтного периода. Периодичность проведения профилактических осмотров компрессоров определяется необходимостью осмотра и регулировки деталей, наиболее подверженных внезапным отказам: пластин клапанов, вкладышей подшипников и т. д.

Определение трудоемкости ремонтных работ и продолжительности простоя оборудования в ремонте. Планирование и учет трудоемкости профилактических и ремонтных работ следует производить по категориям сложности ремонта и ремонтным единицам.

Категория сложности ремонта — это отношение трудоемкости капитального ремонта конкретной марки оборудования к трудоемкости капитального ремонта оборудования-эталона. В качестве оборудования-эталона принимают простейшее оборудование, требующее минимальных затрат труда при капитальном ремонте.

Категория сложности устанавливается расчетом и является постоянной величиной для каждой марки оборудования.

Ремонтная единица, характеризующая трудоемкость капитального ремонта оборудования-эталона, для любого вида холодильного оборудования при капитальном ремонте одинакова и равна 12 чел.-ч при среднем пятом разряде слесаря-ремонтника для ремонта компрессоров, насосов и вентиляторов и среднем четвертом разряде для ремонта теплообменной, емкостной и мелкой аппаратуры.

При проведении профилактических осмотров, малых и средних ремонтов ремонтная единица имеет различные величины для каждого вида оборудования (табл. 10).

Таблица 10

Структура ремонтных единиц, чел.-ч

Марка оборудования							
	О						
Компрессоры							
ФВ20	11	0	2,9			0,6	3,5
ФУ40	18	М	4,2	—	—	0,8	5,0
ФУУ80	25	С	5,1	—	—	0,9	6,0
		К	10,2	—	—	1,8	12
Ресиверы							
1.5РДВ	3	О	0,72	—	—	0,28	1,0
2,5РДВ	4	М	1,33	—	—	1,0	2,33
3,5РДВ	5	—		—	—	—	—
5РДВ	6	К	4,2	—	—	7,8	12,0

Трудоемкость ремонтной работы любого вида определяют по формуле

$$T = RK,$$

где ***R*** — ремонтная единица, чел.-ч; ***K*** категория сложности ремонта.

Продолжительность простоя холодильного оборудования в ремонте

$$H = TL/N = RKL/N,$$

где ***R*** — ремонтная единица для данного вида ремонтной работы, чел.-ч; ***K*** — категория сложности ремонтируемого оборудования; ***L*** — коэффициент, определяющий отношение трудоемкости работ, выполняемых слесарями-ремонтниками, к общей трудоемкости ремонтных работ; ***N*** — количество слесарей-ремонтников в бригаде, выполняющих основной объем ремонтных работ.

При определении продолжительности простоя в ремонте для холодильного оборудования рекомендованы следующие значения *N* и L: бескрейцкопфные аммиачные компрессоры, насосы и вентиляторы — 2 (0,9) *; хладоновые компрессоры с ходом поршня 50 мм — 1 (0,85); хладоновые компрессоры всех остальных типов — 2 (0,85); испарители типа ИКТ, конденсаторы типов КТГ и КТВ — 2 (0,7), конденсаторы типа МКО — 2 (0,45); испарители типа ИА и ИП — 2 (0,6); ресиверы РД и РДВ — 2 (0,65), маслоотделители, маслособиратели— 1 (0,5); отделители жидкости, промежуточные сосуды— 1 (0,95).

* В скобках указаны значения коэффициента ***L.***

§ 38. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Методы организации производства ремонтных работ. Ремонт холодильного оборудования может осуществляться подрядным или хозяйственным способом.

Планово-предупредительный ремонт торгового холодильного оборудования и малых холодильных установок производят специализированные производственные комбинаты на основании договоров, заключенных с предприятиями-заказчиками.

На крупных холодильниках и производственных объединениях ремонт холодильного оборудования в большинстве случаев выполняют хозяйственным способом силами отделов главного механика или главного энергетика.

В зависимости от количества, типов оборудования, объемов работ и технической оснащенности ремонтных цехов применяют различные методы организации производства ремонтных работ.

Индивидуальный метод применяют при ремонте небольшого количества холодильного оборудования различного типа. Ремонтные работы выполняет одна бригада в составе 3—5 человек. Оборудование разбирают на узлы, а узлы — на детали.

После дефектации[1] детали, требующие ремонта, передают в ремонтно-механический цех для восстановления, а детали, пришедшие в негодность, заменяют новыми из числа запасных частей. Восстановленные детали и узлы устанавливают на то

[1] Дефектация — процесс выявления неисправностей (дефектов) изделия.

же оборудование, с которого они были демонтированы.

Недостатками • метода являются: длительность простоя оборудования, высокая стоимость ремонта и необходимость в высококвалифицированном ремонтном персонале. Преимущество метода — простота организации ремонтных работ. Метод широко распространен при ремонте холодильного оборудования предприятий мясной и молочной промышленности.

Узловой метод предусматривает разборку оборудования на ряд узлов, последующую разборку и ремонт которых производят специализированные бригады, оснащенные специальными приспособлениями и инструментом.

В процессе выполнения ремонта производят дефектацию деталей узла, негодные узлы списывают, а узлы, подлежащие ремонту, отправляют в ремонтный цех.

Вместо снятых с оборудования узлов устанавливают новые или отремонтированные узлы из оборотного фонда. Оборотный фонд своевременно пополняется отремонтированными и новыми деталями и узлами. В оборотном фонде детали и узлы обезличены, поэтому к ним предъявляются те же технические требования, что и к новым промышленного изготовления.

Этот метод наиболее эффективен при наличии значительного парка однотипного оборудования. Основными преимуществами метода являются: высокая производительность труда, высокое качество ремонта деталей и узлов, низкая себестоимость ремонта, сокращение простоя оборудования в ремонте. Метод применяется на местах эксплуатации, а также используется специализированными производственными комбинатами при ремонте оборудования холодильных установок малой и средней производительности.

Поточный метод предусматривает полное обезличивание ремонтируемого оборудования. Ремонт выполняют на поточных линиях ремонтных цехов специализированных производственных комбинатов, оснащенных специальным технологическим оборудованием, приспособлениями и транспортными средствами. Обезличенный ремонт позволяет упростить разбраковку и комплектацию деталей, ускорить выдачу оборудования из ремонта, широко использовать обменный фонд.

Преимущества метода — высокая производительность труда, низкая себестоимость работ за счет специализации производства, высокое качество ремонта. Однако метод может быть применен только при большом количестве однотипного оборудования, удобного для транспортировки.

Ремонт на базе готовых сменных деталей является наиболее эффективным методом, предусматривающим замену изношенных деталей на новые из запасных частей, изготовленных централизованным способом. Восстановление изношенных деталей производят только в отдельных случаях.

Метод обеспечивает значительное снижение трудоемкости ремонтных работ, повышение качества ремонта, сокращает простой оборудования в ремонте. При проведении ремонтных работ не требуется персонал высокой квалификации. Возможность применения этого метода зависит от обеспеченности предприятия достаточным количеством запасных частей заводского изготовления.

Планирование ремонтных работ. В процессе эксплуатации холодильных установок средней и крупной производительности обслуживающий персонал ведет суточный журнал, в котором фиксирует время пуска и остановки, режимы работы установки, обнаруженные неисправности и замечания по работе оборудования.

На основании этих данных составляют: журнал наработки оборудования (компрессора, насоса, вентилятора) за месяц; журнал годовой наработки оборудования и журнал учета отказов. Планирование ремонтных работ включает определение сроков проведения профилактических осмотров и ремонтов, а также

№ п/п	Наименование оборудования	Инвентарный номер	Проведение ремонта по месяцам											
2	Компрессор ФУ40		О 11 — 14			О 11 — 14							М 19—23	
3														

соответствующую подготовку К НИМ.

Структура ремонтного цикла и данные о годовой наработке оборудования, определяемые по нормативным документам или по журналам годовой наработки предыдущих лет, являются основой для составления графика планово-предупредительного ремонта оборудования на последующий год. При составлении годового графика предусматривают такую очередность работ, которая позволила бы проводить ремонт оборудования, не нарушая режима работы холодильной установки и бесперебойного снабжения предприятия холодом.

В годовом графике планово-предупредительного ремонта оборудования (табл. 11) в соответствии с расчетом указывают, в каком месяце будет проводиться очередной профилактический осмотр или ремонт (числитель), а также дни месяца, в которые оборудование будет находиться в простое (знаменатель).

Пример. Рассмотрим в качестве примера расчет графика планово-предупредительного ремонта компрессора ФУ40. Компрессор принят в эксплуатацию после среднего ремонта 10 декабря текущего года. Годовая наработка компрессора 6000 ч, межосмотровый период 2000 ч, что при равномерной работе компрессора в течение года составит 4 месяца его эксплуатации.

Следовательно, профилактические осмотры компрессора следует проводить в апреле и августе следующего года, а малый ремонт — в декабре (см. структуру ремонтного цикла).

Продолжительность простоя компрессора при осмотре $H_o = R_oKL/N = 3S$-18-0.85/2 = = 26,8 ч, а при малом ремонте $H_м = R_мKL/N$ = = 5,0-18-0,85/ 2 = 38,3 ч (см. табл. 10).

Предполагая, что ремонтные работы производятся в одну смену (за 8 ч), время простоя компрессора при осмотре составит около 3, а при малом ремонте около 5 суток.

Зная дату окончания среднего ремонта и продолжительность простоя компрессора при осмотрах и малом ремонте, можно планировать в графике конкретные даты проведения ремонтных работ. Для конкретизации сроков проведения ремонтов составляют месячные графики ремонта оборудования.

Подготовка к очередному ремонту (осмотру) предусматривает: подготовку запасных частей, вспомогательных материалов и инструмента, проведение инструктажа ремонтных бригад, оформление нарядов и других необходимых документов, подготовку рабочих мест, приспособлений, такелажного оборудования и подъемных механизмов. Сдача оборудования в ремонт оформляется актом.

Работы технического обслуживания и малого (текущего) ремонта торгового холодильного оборудования и малых холодильных установок выполняются на месте эксплуатации по установленному графику механиком специализированного производственного комбината. На предприятии торговли или общественного питания ведется журнал технического обслуживания, в который механик комбината заносит сведения о техническом состоянии холодильного обо-" рудования, проведенных работах по его ремонту; предписания, связанные с соблюдением правил безопасности и эксплуатации оборудования.

Ремонтный персонал должен быть обеспечен технической документацией на ремонт, к основным документам которой относятся: общее руководство по ремонту, технологические процессы ремонтов, техни-

ческие условия на средний и капитальный ремонты, ремонтные чертежи, каталог деталей и сборочных единиц, нормы расхода запасных частей, инструкции по выполнению отдельных видов работ.

К отчетной ремонтной документации относятся: дефектная ведомость, акты сдачи в ремонт и приемки из ремонта оборудования, журнал по учету фактических ремонтных затрат.

Дефектная ведомость содержит краткое описание дополнительных ремонтных работ с указанием заменяемых деталей и узлов, используемых вспомогательных материалов.

В журнале по учету фактических ремонтных затрат отражают трудовые затраты на ремонт, расход сменных деталей и вспомогательных материалов.

Глава 11

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ

§ 39. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОК В СОПРЯЖЕНИЯХ

Износ деталей в процессе эксплуатации приводит к увеличению зазоров в подвижных соединениях и к ослаблению натягов в неподвижных.

Посадки в сопряжениях восстанавливают следующими методами: изменением начальных размеров сопрягаемых деталей с заменой одной из них, восстановлением первоначальных размеров изношенных деталей, восстановлением посадки без замены деталей.

Восстановление посадки изменением начальных размеров сопрягаемых деталей с заменой одной из них выполняют путем применения способа ремонтных размеров. При этом у одной из сопрягаемых деталей механической обработкой изменяют размер и устраняют искажение геометрической формы, а другую деталь заменяют новой или восстановленной с измененными размерами.

Различают способы свободных и стандартных ремонтных размеров. При обработке под свободный ремонтный размер с поверхности одной детали снимают минимальный слой металла, необходимый для устранения дефектов геометрической формы. Вторую деталь обрабатывают или восстанавливают и обрабатывают с учетом нового размера первой детали.

При способе свободных ремонтных размеров срок службы дорогостоящей детали наибольший, но нарушается взаимозаменяемость, так как требуется индивидуальная подгонка дешевой детали.

Способ стандартных ремонтных размеров предусматривает механическую обработку дорогостоящей изношенной детали до заранее установленного ремонтного размера и замену более дешевой сопрягаемой детали на новую, заранее изготовленную под этот же размер. Преимуществом способа является сохранение принципа взаимозаменяемости в пределах одного ремонтного размера, недостатком — увеличение номенклатуры запасных частей.

Оба способа обеспечивают восстановление посадки и правильной геометрической формы деталей, однако способ стандартных ремонтных размеров является более прогрессивным и получил широкое распространение.

Восстановление первоначальных размеров изношенных деталей применяют в тех случаях, когда износ влияет на механическую прочность деталей или когда изношенные поверхности сопрягаются со стандартными деталями или узлами, например подшипниками качения.

Восстановление первоначальных размеров достигается следующими основными способами:

заменой изношенного участка дополнительной ремонтной деталью;

наращиванием изношенной поверхности наплавкой, металлизацией напылением и т. д.;

пластической деформацией материала детали.

Восстановление посадки без замены сопрягаемых деталей осуществляют регулировкой зазора или изменением рабочего положения односторонне изношенных деталей.

Способ регулировки зазора заключается в перемещении одной или нескольких деталей относительно сопрягаемых. Этим способом регулируют зазоры в разъемных подшипниках скольжения с набором прокладок, а также в подшипниках качения.

В подшипниках скольжения зазор изменяют удалением одинакового числа прокладок с каждой плоскости разъема шатуна, в подшипниках качения — перемещением одного из колец относительно другого с помощью регулировочных прокладок или гаек.

Примером изменения рабочего положения односторонне изношенных деталей являются поворот зубчатого колеса и превращение противоположных изношенным поверхностей зубьев в рабочие.

Применение этого метода не восстанавливает полностью работоспособность узла, так как сохраняется искажение геометрической формы деталей, в результате чего узел имеет пониженную долговечность.

Выбор метода восстановления посадки определяется конструктивными особенностями сопряжения и технико-экономической целесообразностью.

§ 40. СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ

Особенности ремонтной обработки деталей на металлообрабатывающих станках. На металлообрабатывающих станках изменяют первоначальный размер детали, восстанавливают правильность формы и необходимую шероховатость изношенных поверхностей, изготовляют ремонтные детали. Качество выполнения ремонтной обработки существенно зависит от правильного выбора технологических баз и сохранения первоначальных допусков всех звеньев размерной цепи узла.

Технологические базы. Технологическими базами называют такие поверхности детали (заготовки), которые в результате ее установки на станке или в приспособлении занимают определенное положение относительно режущего инструмента. Для сохранения первоначальных осей детали ее выверку при закреплении в станке для ремонтной обработки производят по базовым поверхностям.

Различают основные и вспомогательные технологические базы. Основные базы — это поверхности, являющиеся неотъемлемым элементом конструкции детали и выполняющие определенную роль при ее работе в изделии. Поверхность отверстия ступицы зубчатого колеса является основной базой. Вспомогательные базы — это поверхности, которые не выполняют определенной роли при работе детали, но необходимы для облегчения установки детали при ее обработке. Центровые отверстия валов, центрующий поясок на внутренней поверхности юбки и торец юбки поршня являются вспомогательными базами. Деталь может иметь одну или несколько базовых поверхностей.

При выборе технологических баз руководствуются следующими основными соображениями:

обработку детали начинают с той поверхности, которая используется в качестве базы при последующей обработке;

при обработке детали на нескольких станках стремятся использовать в качестве технологической базы одни и те же поверхности;

базовые поверхности выбирают с таким расчетом, чтобы деформации детали от усилий зажима и резания при обработке были минимальными.

Если базовые поверхности в процессе эксплуатации повреждены, ремонт детали начинают с их восстановления. Выверку деталей для восстановления баз производят по наименее изношенным поверхностям.

Соблюдение размерных цепей и оптимальных зазоров в сопряжениях деталей. Ремонтная обработка деталей должна обеспечивать сохранение первоначальных допусков всех звеньев размерной цепи узла.

Размерная цепь — это совокупность размеров, образующих замкнутый контур и связывающих детали, взаимное положение которых необходимо определить. Размеры деталей, составляющие размерную цепь, называют звеньями. Звено размерной цепи, Получающееся при ее построении последним, называется замыкающим. Замыкающим звеном чаще всего является зазор или натяг в соединении деталей.

Допуск на замыкающее звено размерной цепи

$$i - m - 1$$

1

где $б_i$ — допуски составляющих звеньев размерной цепи; m — число звеньев размерной цепи, включая замыкающее звено.

Для подвижных сопряжений узлов трения это означает, что максимальный монтажный зазор в них должен быть равен минимальному зазору, обеспечивающему нормальные условия работы пары трения, плюс сумма допусков охватывающей и охватываемой деталей. Сумма допусков деталей обычно значительно превышает величину минимального зазора.

Наибольший ресурс узлов достигается при минимальных начальных зазорах в сопряжениях. При ремонте эти зазоры могут быть достигнуты за счет уменьшения допусков, т. е. повышением точности изготовления деталей, а также применением метода селективной сборки.

Уменьшение допуска на обработку усложняет и удорожает изготовление деталей и сборку узлов, а следовательно, и стоимость машин.

Сущность метода селективной сборки заключается в том, что детали изготовляют с расширенными полями допусков, а перед сборкой сопрягаемые детали сортируют по размерным

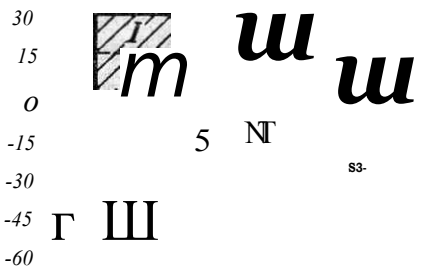


Рис. 82. Изменение характера сопряжений в результате сортировки деталей на две группы по действительным размерам

группам для обеспечения допуска посадки (зазора), предусмотренного конструктором (рис. 82).

Например, для посадки H7/f7 с диаметром отверстия $60H7^{(+0,03)}$ и вала 60f7 (Го;,б) наибольший зазор равен 90 мкм, а допуск посадки — 60 мкм. После изготовления деталей сортировкой их можно разделить по размерам на две группы: первая группа — детали с размером отверстия от 60,015 до 60,03 мм, вала — от 59,955 до 59,97 мм; вторая группа — детали с размером отверстия от 60 до 60,015 мм, вала — от 59,940 до 59,955 мм.

При соединении деталей одной группы (первой или второй) величина наибольшего зазора составит 75 мкм, допуска посадки — 30 мкм. Недостатками селективной сборки являются: повышенные требования к правильности геометрических форм сопрягаемых поверхностей, ограниченная взаимозаменяемость, необходимость сортировки изготовленных деталей на группы.

Преимущества селективной сборки заключаются в высокой точности соединений, большой производительности труда при обработке деталей и снижении себестоимости изделий. Селективная сборка находит широкое применение при ремонте малых и средних компрессоров.

Слесарно-механические способы ремонта деталей. Слесарную обработку при ремонте применяют в качестве основных (опиливание, шабрение, притирка) или окончательных (развертывание, доводка) операций. Механическую обработку применяют

в качестве подготовительных и заключительных операций при восстановлении деталей наплавкой, металлизацией напылением, электролитическими покрытиями и другими методами, а также в качестве самостоятельных способов ремонта, к которым относятся: обработка деталей под ремонтные размеры, постановка дополнительной ремонтной детали, замена части детали.

Способы ремонта поверхностей слесарной обработкой. К таким способам относятся опиливание, шабрение, притирка, развертывание и др.

Обработка напильником обеспечивает шероховатость поверхности ^а = 80ч-20 мкм и применяется при работах, не требующих высокой точности.

Шабрением достигается шероховатость поверхности R_a = 1,25 -f- -^0,32 мкм. Шабрение применяют при ремонте подшипников скольжения и некоторых других деталей компрессоров.

Притирка пастами обеспечивает шероховатость поверхности R_a = 0,63-^0,02 мкм и точность 5—7 квалитетов. Притирка находит широкое применение при ремонте деталей рабочих клапанов,сальников, запорной арматуры.

Развертывание применяют для чистовой обработки отверстий, например отверстий в бобышках поршня. Развертывание обеспечивает точность 7—9 квалитетов и шероховатость поверхностей /?$_a$ == 1,25-f- -=-0,16 мкм.

Способ стандартных ремонтных размеров. Способ применяют при ремонте сопряжений цилиндр — поршень, шейка вала — подшипник скольжения, поршневой палец — бобышка поршня, а также при ремонте резьбовых соединений.

В сопряжении шейка вала — подшипник скольжения (рис. 83) изношенную шейку обрабатывают до заранее установленного ремонтного размера (*dp.*$_р$), а подшипник скольжения (втулку или вкладыши) заменяют новым, заранее изготовленным

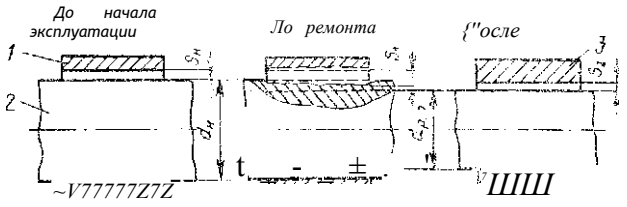


Рис. 83. Схема восстановления зазора в сопряжении шейка вала — подшипник скольжения способом ремонтных размеров:

/—вкладыш номинального размера; *2*—шейка вала; *3* — вкладыш ремонтного, размер а

под этот же размер. При этом полностью восстанавливается работоспособность сопряжения, так как обработка под ремонтный размер осуществляется с теми же допусками, с которыми изготовляют новые детали (52==5$_н$). Вкладыши (втулки) ремонтных размеров отличаются от вкладышей номинального размера только толщиной.

Для ремонтируемого сопряжения может быть установлено несколько ремонтных размеров. Очередной ремонтный размер детали типа вал определяют по формуле

$$dpi = d_{,,} — 21\ (6_{max}\text{-f}x)\ ,$$

где $d_{,,}$ — номинальный диаметр вала; *i* — порядковый номер ремонтного размера; б$_{max}$ — наибольший износ на одну сторону; *x* — припуск на сторону при обработке.

Очередной ремонтный размер отверстия втулки

$$D_р; = D_{,,} + 2/\ (6_{max}\text{-}\{f,x$$

где Он — номинальный размер втулки.

Припуск на сторону при чистовой обточке или расточке ориентировочно составляет 0,05 0,1 мм, при шлифовании — 0,03 0,05 мм.

Предельно допустимый размер, до которого обрабатывают деталь под ремонтные размеры, зависит от условий прочности и условия сохранения термически обработанного поверхностного слоя.

Число устанавливаемых ремонтных размеров определяют по формулам:

для вала *rid— (d,, — d*$_v$ О / ос;

для втулки п$_0$ = : (/)$_{рп}$ -О$_н$)/а,

где $d_{р\ ,,}$, $D_{v\ п}$ - предельно допустимый ремонтный размер; *а* — ремонтный интервал,

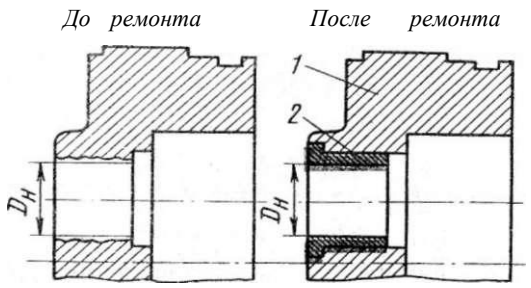


Рис. 84. Схема восстановления размера отверстия в корпусе масляного насоса:

/ — корпус масляного насоса; *2* — ремонтная деталь (втулка)

т. е. разность между номинальным и первым ремонтным размером или между соседними ремонтными размерами.

Способ ремонтных размеров относительно дешев и доступен в условиях ремонтных мастерских, поэтому получил широкое распространение.

Способ постановки ремонтной детали. Этот способ применяют при ремонте посадочных поверхностей отверстий корпусов машин, зубчатых колес, муфт сцепления, шкивов, резьбовых отверстий в корпусных деталях, а также при значительном износе деталей, когда их из соображений прочности нельзя обрабатывать под следующий ремонтный размер.

Размеры изношенных цилиндрических поверхностей восстанавливают установкой ремонтной втулки (рис. 84), а в резьбовые отверстия устанавливают резьбовые ввертыши. Например, номинальный диаметр цилиндра компрессора при его износе после обработки под предельно допустимый ремонтный размер может быть -восстановлен расточкой . цилиндра и запрессовкой в него ремонтной детали — гильзы.

Технологический процесс установки ремонтной втулки ' включает следующие операции:

механическую обработку изношенной поверхности по 7—8-му квалитету с шероховатостью R_a = 1,25-f-4-0,32 мкм:

запрессовку (напрессовку) ремонтной втулки;

фиксацию при необходимости ремонтной детали с помощью резьбового штифта, винта, сваркой;

механическую обработку рабочей поверхности втулки до требуемого размера.

Для восстановления резьбовых отверстий их рассверливают и нарезают новую резьбу под ввертыш, в котором выполняют внутреннюю резьбу номинального размера.

Способ замены части детали. Этот способ применяют при ремонте неответственных или малонагруженных деталей. Обломанную или изношенную часть детали вырезают, а на ее место укрепляют новую, специально изготовленную. Новую часть соединяют с основной деталью винтами, шипами с резьбой, сваркой. Шероховатость сопрягаемых поверхностей $^{\wedge}_{a}$ = 2,5 мкм.

§ 41. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Восстановление методом пластической деформации основано на способности детали изменять свою форму, размеры и механические свойства материала без разрушения под действием внешних сил. Восстановление размеров деталей осуществляют перемещением металла под давлением к изношенным поверхностям детали.

Ремонт деталей методом пластической деформации требует специальных приспособлений (матриц, пуансонов, штампов, оправок, роликов), поэтому экономически оправ-

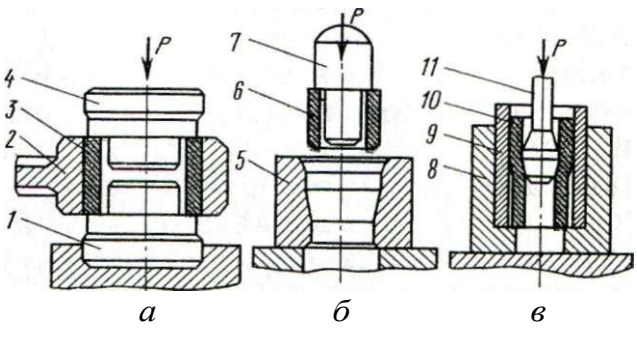


Рис. 85. Схема изменения размеров деталей пластической деформацией:

а — осадка; б — обжатие; *в* — раздача; */*, *4* — оправки; *2*—шатун; *3*—втулка верхней головки шатуна; *5* — обжимка; *6* — втулка; *7, 11*— пуансоны; *8*—штамп; *9* — матрица; *10* — поршневой палец

дан только при восстановлении большого количества однотипных деталей.

Детали восстанавливают в холодном или горячем состоянии. При обработке давлением в холодном состоянии деформация происходит вследствие сдвига частиц внутри кристаллов металла, что приводит к изменению его физико-механических свойств (повышению твердости, снижению вязкости и др.). При обработке деталей давлением в горячем состоянии деформация происходит вследствие сдвига зерен металлов. Нагрев деталей сопровождается изменением физико-механических свойств и структуры металла, поэтому после обработки в горячем состоянии детали необходимо подвергнуть повторной термической обработке.

При ремонте деталей холодильного оборудования применяют следующие способы ремонта деформацией: осадку, обжатие, раздачу, правку, обкатку роликом.

Осадка. Применяют осадку для увеличения наружного диаметра сплошных деталей или уменьшения внутреннего диаметра полых деталей путем уменьшения их длины (рис. 85,а).

Этим способом восстанавливают различные втулки, зубчатые колеса и другие детали при износе не более 1 % их диаметра.

Втулку верхней головки шатуна осаживают без распрессовки с помощью двух оправок, опирающихся на торцы втулок. Путем изменения длины втулки диаметр отверстия уменьшают на 0,15—0,25 мм, после чего отверстие развертывают под номинальный размер. Осадку втулок проводят в холодном состоянии.

Для осадки цилиндрических колес небольшой ширины используют специальные штампы, позволяющие получить утолщение зубьев и уменьшение диаметра отверстия ступицы. Осадку колес проводят в нагретом состоянии.

Обжатие. Этот способ ремонта применяют для уменьшения внутреннего диаметра изношенных полых деталей путем изменения наружного диаметра (рис. 85,6). Бронзовые втулки обжимают под прессом путем проталкивания их через отверстие матрицы с помощью пуансона.

Так как наружный диаметр втулки после обжатия уменьшается, его восстанавливают нанесением электролитического покрытия (омеднением) или металлизацией. После запрессовки втулки в шатун или корпусную деталь ее отверстие развертывают до номинального размера.

Раздача. Раздачей увеличивают наружный диаметр изношенных поршневых пальцев и втулок путем изменения их внутреннего диаметра (рис. 85,б). Перед раздачей для повышения пластичности металла производят отпуск пальцев при 650—680 °С. Нагретый палец устанавливают в матрицу и под усилием пресса проталкивают через него пуансон. После раздачи пальцы закаливают (или цементируют и закаливают) и подвергают шлифованию, суперфинишированию и полированию. Бронзовые втулки раздают в холодном состоянии.

Правка. Правкой устраняют изгибы и скручивания шатунов и валов, коробления тонкостенных деталей. Для правки используют прессы, домкраты, специальные приспособления. Правка может быть холодной, горячей, с местным нагревом и местным наклепом.

При холодной правке в стальных деталях возникают значительные остаточные напряжения, для снятия которых рекомендуется подвергнуть детали стабилизирующему нагреву. Если при термической обработке новой детали температура отпуска была выше 500 °С, деталь после правки нагревают до 400—450 °С и выдерживают при этой температуре в течение 0,5—1 ч; при температуре отпуска ниже 500 °С деталь нагревают до 200—260 °С с выдержкой в течение 2—3 ч. Нагрев ответственных деталей допустим только в том случае, если в результате его воздействия не возникают

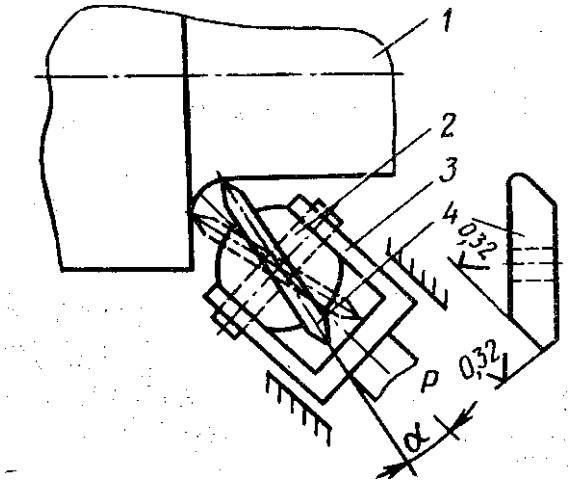


Рис. 86. Приспособление для обкатки галтелей шатунной шейки коленчатого вала:

/ - коленчатый вал; *2* — ось; *3* — вилка; *4* — ролик

нарушения соосности конструктивных элементов.

Значительные деформации деталей устраняют горячей правкой, нагревая детали до 600—800 °С. После такой правки необходима повторная термическая обработка детали.

При правке местным нагревом деталь нагревают до 800—900 °С. в месте наибольшего прогиба с выпуклой стороны.

Для правки местным наклепом вогнутый участок поверхности детали наклепывают пневматическим молотком, оснащенным специальным инструментом.

Обкатка роликом. Для упрочнения поверхностного слоя деталей применяют обкатку роликом. Усталостное разрушение коленчатых валов в большинстве случаев начинается в районе галтелей шеек. Упрочнение галтелей проводят роликом с качающимся профилем (рис. 86). Обкатка галтелей роликом повышает усталостную прочность на 50—100 %. Одновременно обеспечивается шероховатость поверхности /?$_a$ = 0,32 мкм.

Твердость поверхностей после обкатки повышается на 15—25 %.

§ 42. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВКОЙ

Наплавкой восстанавливают изношенные поверхности деталей. Качество наплавленного слоя зависит от выбора метода и материалов, соблюдения технологического режима сварки и наплавки.

Из механизированных способов наплавки при восстановлении деталей холодильного оборудования получила распространение вибродуговая наплавка. Ее применяют при восстановлении размера изношенных шеек валов, резьбовых участков деталей, шлицев и т. п.

Низкое напряжение, при котором идет наплавка, и ее прерывистый характер позволяют вести процесс при малой глубине нагрева детали, практически без ее деформации. Это особенно важно при восстановлении ответственных деталей типа коленчатых валов.

Для вибродуговой наплавки используют наплавочные головки, устанавливаемые на суппорт токарного станка. Наплавляемая деталь медленно вращается и периодически (100 раз в 1 с) входит в соприкосновение с электродом, который подается роликовым механизмом из кассеты в вибрирующий мундштук наплавочной головки (рис. 87). Мундштук с электродом приводится в колебательное движение электромагнитным или механическим вибратором.

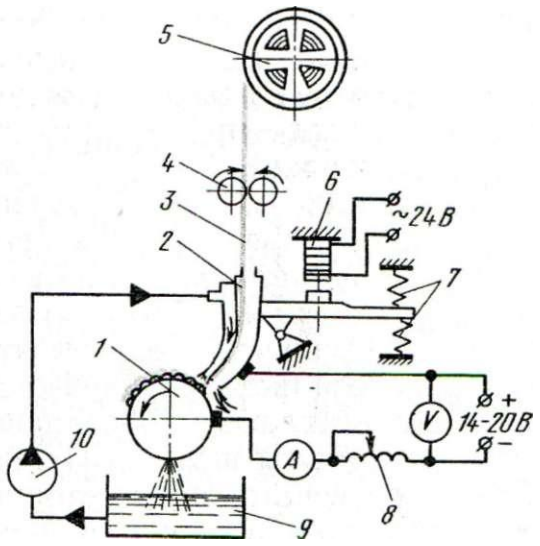


Рис. 87. Схема установки для вибродуговой наплавки:

/ — наплавляемая деталь; *2* — вибрирующий мундштук; *3* — электродная проволока; *4* — ролики механизма подачи проволоки; 5 — кассета; *6* — вибратор; 7 — пружины; *8* — индуктивное сопротивление; *9* — ванна для жидкости; *10* — насос

Вибродуговая наплавка представляет собой чередование циклов, состоящих из короткого замыкания, разрыва цепи и холостого хода. При коротком замыкании в момент соприкосновения электрода с поверхностью детали сила тока возрастает до максимального значения и происходит контактная сварка. Различие в массах детали и электрода приводит к тому, что зона наиболее высокой температуры образуется на электроде на расстоянии 1—3 мм от места контакта. При отводе мундштука от поверхности детали электрод в этом месте обрывается и в образовавшемся промежутке возникает кратковременный дуговой разряд с выделением основного количества теплоты. Дуга оплавляет оставшийся на поверхности детали металл, капли металла расплавленной кромки электрода также переходят в наплавленный шов. При дальнейшем отводе мундштука дуга гаснет, наступает период холостого хода, затем цикл повторяется.

Для уменьшения потерь металла на разбрызгивание и улучшения устойчивости процесса в сварочную цепь включают индуктивное сопротивление. Изменяя индуктивную емкость цепи, можно изменить характер и продолжительность дугового разряда.

Вибродуговую наплавку выполняют под флюсом, в среде защитных газов, но наиболее часто с применением охлаждающей жидкости (3—5 %-ный раствор кальцинированной соды). Подача жидкости непосредственно в зону наплавки позволяет повысить твердость и износостойкость наплавленного слоя, но при этом снижается усталостная прочность детали вследствие образования трещин и пористости слоя. Подвод жидкости на некотором расстоянии от зоны наплавки повышает усталостную прочность, но снижает твердость и износостойкость наплавленного слоя.

Наплавку ведут при постоянном токе обратной полярности напряжением 12—24 В, используя в качестве источников тока сварочные преобразователи, выпрямители и низковольтные генераторы. Сила тока зависит от диаметра электродной проволоки (1,5—2,5 мм) и скорости ее подачи (0,6—1,5 м/мин) и составляет 120—210 А. Твердость наплавленного слоя в зависимости от напряжения и материала электрода HRC 30—60.

Достоинствами вибродуговой наплавки являются: незначительная зона термического воздействия и отсутствие деформации детали, высокая производительность процесса: недостатком — снижение усталостной прочности детали после наплавки на 30—40 %.

§ 43. МЕТАЛЛИЗАЦИЯ НАПЫЛЕНИЕМ

Процесс металлизации заключается в нанесении на восстанавливаемую поверхность детали расплавленного металла струей воздуха, плазмы или смеси газов. При ремонте холодильного оборудования применяют газопламенную металлизацию для восстановления поверхности шейки под сальник, шатунных и коренных шеек коленчатых валов.

Напыление изношенных поверх-' ност@й производят металлизатором МГИ-4А. Присадочная проволока с помощью направляющих роликов подается в зону ацетилено-кислородного пламени. Расплавленный металл в виде мелких частиц распыляется сжатым воздухом и переносится на восстанавливаемую поверхность, образуя на ней покрытие (рис. 88).

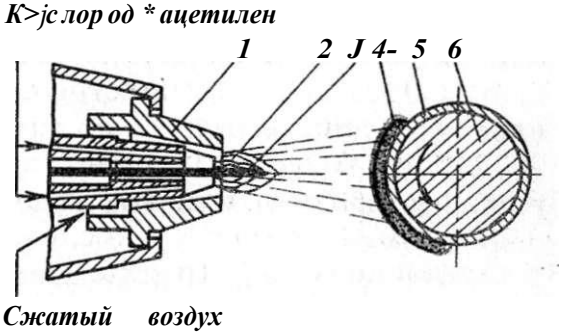


Рис. 88. Схема газопламенной металлизации напылением:

1 — насадок; *2* — факел; *3* •— оплавляющийся конец проволоки; *4* — основной слой покрытия; 5 — подслой; *6* — деталь

Процесс напыления состоит из подготовки изношенной поверхности детали к металлизации, нанесения подслоя и основного слоя покрытия и механической обработки напыленного слоя детали после металлизации.

При подготовке изношенных поверхностей коленчатого вала к напылению его шейки шлифуют на круглошлифовальном станке для придания им правильной геометрической формы. После механической обработки вал промывают в щелочном растворе и обдувают сжатым воздухом. Напыляемые поверхности обезжиривают хладоном-30, поверхности, не подлежащие напылению, покрывают специальной смазкой для предотвращения налипания на них металла. Для улучшения сцепления покрытия с основным металлом напыляемые поверхности подвергают обработке электрокорундом зернистостью 50—160 мкм в дробеструйной камере. Во избежание окисления обработанных поверхностей, а также . попадания на них влаги и пыли напыление проводят не позже 3 ч после подготовки детали.

При нанесении подслоя и основного слоя покрытия на резьбовую часть вала наворачивают гайку, предохраняющую резьбу от попадания расплавленных частиц металла, вал закрепляют в центрах токарного станка, а металлизатор устанавливают на суппорте. В металлизатор закладывают проволоку марки «Алюник 7/1» (сплав алюминия с никелем), регулируют и включают металлизатор и станок. Шейки вала, подлежащие напылению, в течение 5—10 с подогревают пламенем металлизатора до 70—90 °С, затем включают подачу проволоки и наносят подслой толщиной 0,1—0,15 мм.

Основной слой покрытия толщиной не более 1,5 мм наносят не позже 1 ч после нанесения подслоя, используя проволоку марки 30Х13 или 20Х13 диаметром 3 мм.

Качество покрытия зависит от ряда факторов: давления воздуха в

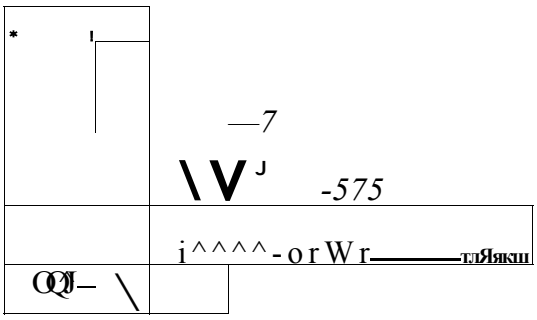


Рис. 89. Горелка типа ОКС-5531:

/ — бачок с порошком; *2*— курок; *3*—корпус; *4* — наконечник для подачи порошка; 5 — мундштук-наконечник; *6* — трубка для подачи смеси кислорода и ацетилена; 7 — штырь для установки горелки на суппорт станка; *8* — рукоятка

процессе напыления, расстояния от сопла металлизатор*а до детали, скорости движения детали относительно потока распыляемого металла и скорости подачи проволоки, принятого режима металлизации. Газопламенное напыление ведут при следующем рабочем режиме: давление сжатого воздуха 0,4—0,6 МПа, ацетилена 0,08—0,1, кислорода 0,4—0,5 МПа. Используемый сжатый воздух очищают от влаги и масла при помощи масловлагоотделителя.

Частота вращения шпинделя станка 40 об/мин, расстояние от сопла металлизатора до поверхности детали выдерживают в пределах 150—180 мм. При напылении металла температура поверхности детали не должна превышать 150 °С.

Механическую обработку напыленного слоя производят на токарно-винторезном и круглошлифовальном станках. После токарной обработки шейки вала шлифуют до номинального или ремонтного размера. Шатунные шейки шлифуют с помощью центросместителей.

К преимуществам газопламенного напыления относят: получение равномерных покрытий значительной толщины на ограниченных участках деталей; отсутствие деформации детали; высокую износостойкость пористого покрытия, способствующего удержанию в напыленном слое смазочного масла; к недостаткам —

пониженную усталостную прочность деталей.

К перспективным способам газопламенного напыления относится нанесение покрытия с применением порошковых материалов и газопламенной горелки типа ОКС-5531 (рис. 89).

Для металлизации наружных поверхностей менее ответственных деталей применяют как газовые, так и электрические металлизаторы (ЭМ-3, ЭМ-9). Толщина напыляемого слоя может достигать от 0,5 до 10 мм.

§ 44. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Электролитические покрытия применяют для восстановления размеров изношенных деталей, повышения твердости и износостойкости их поверхностей, защиты деталей от коррозии. Электролитическое наращивание покрытий осуществляют в специальных ваннах или без них (вневанный процесс наращивания).

Из электролитических процессов наращивания металла наибольшее распространение получили хромирование и осталивание, в меньшей степени — никелирование, меднение, цинкование.

Простейшая схема электролитического процесса показана на рис. 90. При прохождении постоянного тока через электролит его молекулы расщепляются на положительно заряженные частицы (катионы) и отрицательно заряженные частицы (анионы). Катионы перемещаются к катоду и осаждаются на нем, превращаясь в нейтральные атомы. Анионы перемещаются к аноду, теряют свой заряд и также превращаются в нейтральные атомы. Электролитом является раствор в дистиллированной воде соединений (солей) осаждаемого металла.

Хромированием восстанавливают поршневые пальцы и кольца подшипников качения, упрочняют рабочие поверхности гильз цилиндров и поршневых колец.

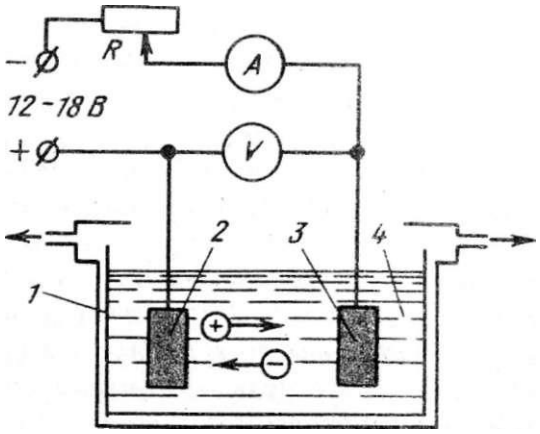


Рис. 90. Схема установки для электролитического осаждения металла:
/ — ванна; 2 — анод; 3 — катод; 4 — электролит

Технологический процесс подготовки и хромирования деталей состоит из механической обработки поверхности для устранения дефектов геометрической формы, достижения определенной шероховатости (не более R_a=1,25 мкм) и доведения размеров до требуемой величины с учетом припуска на толщину покрытия; промывки детали органическим растворителем; изоляции участков, не подлежащих покрытию, целлулоидом, винипластом или хлорвиниловым лаком; монтажа детали на подвесное приспособление; электрохимического обезжиривания в ванне с щелочным раствором; промывки в горячей и холодной воде; удаления окисных пленок с поверхности детали декапированием (подключением на 30—90 с к детали плюса источника тока, а к аноду — минуса); наращивания покрытия.

При хромировании в качестве электролита используют водный раствор хромового ангидрида СгОз (120—350 г на 1 л раствора) с добавкой серной кислоты (1,2—3,5 г/л). Серная кислота в электролите выполняет роль катализатора и способствует осаждению хрома. В ремонтной практике наиболее распространен универсальный электролит с содержанием на 1 л раствора хромового ангидрида 250 г, серной кислоты 2,5 г. Температура раствора 50—60 °С.

В процессе хромирования исполь-

зуют нерастворимые аноды из свинца или сплава, содержащего 92—93 % свинца и 7—8 % сурьмы. Толщина анодов 8—15 мм, расстояние до восстанавливаемой детали 40—50 мм.

К недостаткам хромирования относят ограниченную толщину покрытия (не более 0,3 мм), низкую скорость осаждения металла (до 0,03 мм/ч), высокую стоимость процесса. Кроме того, хромовые покрытия обладают слабой смачивающей способностью по отношению к маслу. Для устранения этого недостатка применяют пористое хромирование. При переключении полярности тока (к детали подключают плюс, а к пластинам — минус) происходит растворение хрома по границам микротрещин, образовавшихся в процессе наращивания покрытия. Через непродолжительное время (5—15 мин) в слое покрытия формируются канальчатые или точечные поры глубиной до 0,06 мм. Износостойкость деталей, покрытых пористым хромом, возрастает в 3—4 раза, а срок службы сопряженных деталей-примерно в 2 раза.

Осталивание применяют для восстановления размеров деталей с большим износом (до 3 мм), наращивания поверхностей под неподвижные посадки, а также в целях получения подслоя толщиной 1—3 мм для тонкого хромового покрытия.

Скорость осаждения металла при осталивании в 5—6 раз выше, чем при хромировании. Сцепляемость покрытия с поверхностью детали и его твердость достаточно высокие. Технологический процесс осталивания в основном аналогичен процессу хромирования.

Для получения покрытий твердостью HRC 30—48 используют электролит, содержащий * двухлористое железо ($FeCl2\text{-}4H_2O$) — 300—360 г/л и соляную кислоту (HC1) — 1,5 г/л. Нанесение покрытий повышенной твердости (HRC 50—52) производят в электролите следующего состава: двухлористое железо — 300—360 г/л; хлористый марганец ($MnCl2\text{-}4H_2O$) — 60; соляная кислота — 1,5 г/л. Соляная кислота способствует устойчивой работе ванны, хлористый марганец — повышению сцепляемости покрытия с основным металлом.

В качестве анода при осталивании используют пластины из малоуглеродистой стали.

К недостаткам осталивания относят снижение усталостной прочности деталей (до 30 %), интенсивную коррозию оборудования и инструмента.

Напряжение тока при осталивании и хромировании 12—18 В.

Вневанное электролитическое осаждение металла применяют при восстановлении отдельных изношенных участков поверхности крупногабаритных дета-

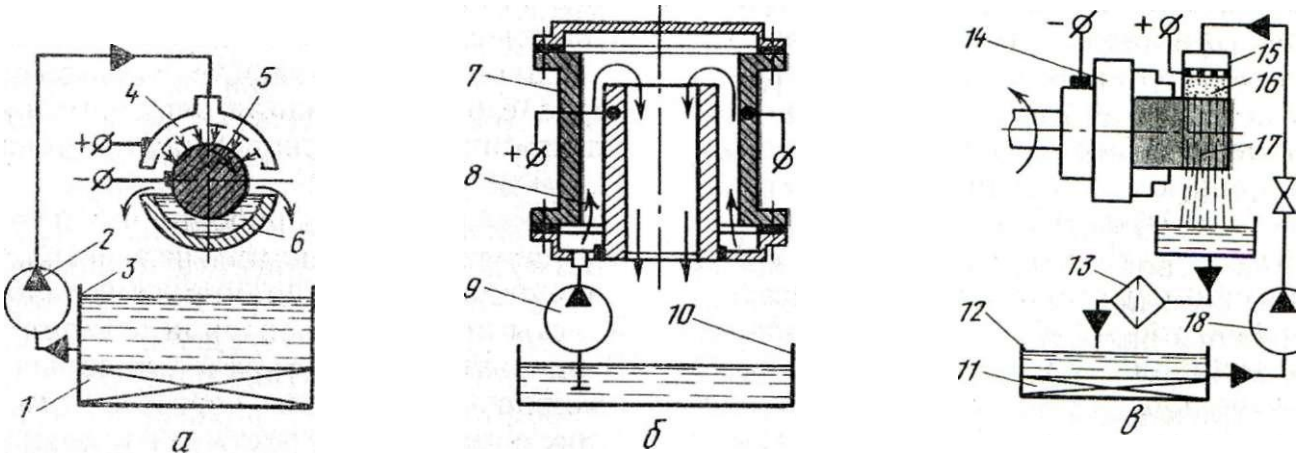


Рис. 91. Схемы вневанного электролитического осаждения металла:

а — струйный способ; б — проточный способ; *в* — способ натирания; *I*, *II* — электроподогреватели; 2, *9, 18* — насосы; *3, 10, 12* — ванны с электролитом; *4*—анод-насадка; 5, *7, 17* — детали; *6*—местная ванночка; *8* — анод-втулка; *13* — фильтр; *14* - патрон станка; *15* — анодная пластина; *16* — тампон

лей. При этом местная ванна создается только в зоне покрытия.

Покрытие струйным способом применяют при восстановлении шеек валов (рис. 91 *,а)*. Электролит из бака подается насосом через насадку на шейку медленно вращающегося вала (2—6 об/мин). Под шейкой вала расположена местная ванночка. Из нее непрерывно поступающий электролит стекает в бак.

При покрытии внутренних поверхностей отверстий корпусов и цилиндров применяют проточный способ. В зоне покрываемой поверхности создается местная ванна, через которую циркулирует электролит (рис. 91,б).

Покрытие наружных цилиндрических поверхностей может быть также осуществлено способом натирания (рис. 91,в). К вращающейся детали прижимается анодная головка, в которой находятся тампон и анодная пластина. Электролит, подаваемый насосом, проходит через отверстия анодной пластины и смачивает тампон.

В процессах вневанного осаждения на омываемых (натираемых) поверхностях деталей, которые являются катодом, откладывается слой металла.

§ 45. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ РЕМОНТЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При ремонте холодильного оборудования для заделки в деталях пор, раковин, трещин, пробоин, отколов, для восстановления посадочных мест отверстий для подшипников качения в корпусных деталях используют эпоксидные смолы ЭД-5, ЭД-6, ЭД-16, ЭД-40.

Для устранения хрупкости к эпоксидным смолам добавляют пластификатор (дибутилфталат), непосредственно перед употреблением в полученную смесь вводят отвердитель (полиэтиленполиамин).

Сочетание материалов с различными коэффициентами линейного расширения (например, металлов и эпоксидной композиции) приводит к возникновению внутренних напряжений в процессе эксплуатации. Для уменьшения внутренних напряжений в композицию вводят наполнители: железный или чугунный порошок; алюминиевую или бронзовую пудру; графит; кварцевую пыль; портландцемент; измельченный асбест, сажу и др.

При ликвидации пор, мелких трещин (с зазором между кромками до 0,05 мм), склеивании частей неответственных деталей применяют эпоксидный клей без наполнителя*. Наполнитель вводят при больших зазорах между кромками и при восстановлении изношенных поверхностей (эпоксидная паста).

Для изготовления клея или пасты к подогретой до 60—70 °С эпоксидной смоле при тщательном перемешивании в течение 3—4 мин добавляют пластификатор в количестве 12—15 % массы смолы.

Перед употреблением в смесь вводят отвердитель в количестве 7—10% массы смолы, а для паст — дополнительно наполнитель.

При ремонте чугунных деталей на 100 частей добавляют 150 частей чугунного порошка или 50 частей графита (по массе); для ремонта стальных деталей — 150 частей железного порошка и 20 частей молотой слюды; алюминиевых деталей — 20 частей алюминиевой пудры. Металлические порошки перед введением в пасту прокаливают.

Металл в зоне дефекта зачищают до блеска, концы трещины засверливают, а ее кромки разделывают. После обезжиривания бензином или ацетоном углубление заполняют пастой.

При ремонте пробоин их перекрывают накладками из металла или стеклоткани. Формирование слоя пасты при восстановлении отверстий под подшипники в корпусных деталях можно произвести через 30 мин после нанесения пасты с помощью пуансона заданного размера, смазанного тонким слоем масла.

Затвердевшие композиции на основе эпоксидных смол не разрушаются

хладагентами и маслами, обладают достаточной плотностью и не теряют своих качеств до температуры 180 °С.

Глава 12
РЕМОНТ КОМПРЕССОРОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

§ 46. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РЕМОНТА

Ремонт компрессоров, вспомогательных механизмов и другого оборудования проводят в соответствии с технологическими процессами ремонта, разработанными научно-исследовательскими институтами или техническими отделами ремонтных предприятий.

Технологический процесс ремонта определяет объем и последовательность выполнения работ, а также содержит указания по сборочно-разборочным, восстановительным, регулировочным, проверочным и испытательным работам.

Примерная схема технологического процесса наибольшего по объему капитального ремонта средних и крупных компрессоров выглядит следующим образом:

остановка компрессора на ремонт;
разборка компрессора на узлы и детали;
очистка и мойка деталей;
осмотр, дефектация и разбраковка деталей (при разбраковке детали разделяют на три группы: годные для использования без ремонта, требующие ремонта и подлежащие выбраковке из-за непригодности к ремонту);
восстановление или замена изношенных деталей;
сборка узлов компрессора;
общая сборка компрессора, регулировка, обкатка, испытание, окраска.

Технологический процесс ремонта разрабатывают для каждого наименования оборудования с учетом его конструктивных особенностей; например, технологический процесс ремонта герметичных компрессоров включает в себя ряд дополнительных операций: разрезку кожуха компрессора, выпрессовку статора электродвигателя и др.

На всех этапах технологического процесса отдел технического контроля выборочно или в полном объеме деталей (узлов) контролирует качество выполненных работ.

Технологический процесс ремонта включает в себя маршрутную карту ремонта изделия, операционные карты, карты эскизов и дефектов, ведомость оснастки и др.

Маршрутная карта — описание процесса ремонта по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных по оборудованию и оснастке. Содержание операций излагают без указания переходов[1] и режимов обработки.

Операционная карта — описание технологической операции с указанием переходов, технологического режима, оборудования, оснастки.

Карта эскизов — эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса или перехода.

Ведомость оснастки — перечень применяемых приспособлений и инструмента, необходимых для выполнения технологического процесса (операции).

§ 47. ПОДГОТОВКА КОМПРЕССОРОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ К РЕМОНТУ

Компрессоры и вспомогательные механизмы холодильных установок средней и крупной производительности ремонтируют на месте их эксплуатации в компрессорном цехе. Остановку машин на ремонт производят по графику планово-предупредительного ремонта. Перед остановкой у работающих машин проверяют отсутствие посторонних шумов и стуков, нагрев трущихся деталей, расход масла (у компрессоров), состояние системы смазки и общее состояние машины. В случае

[1] Переход — законченная часть операции, составляющая совокупность приемов, выполняемых над определенным соединением при неизменных инструментах и средствах для закрепления, регулирования и контроля.

обнаружения дефектов составляют дефектную ведомость. После проверки компрессоры и вспомогательные механизмы останавливают на ремонт с соблюдением правил безопасной эксплуатации.

Компрессоры холодильных установок предприятий торговли и общественного питания производительностью от 17,4 до 104,4 кВт, средний и капитальный ремонт которых производят на специализированных производственных комбинатах, после проверки демонтируют с фундаментов и доставляют на ремонтное предприятие. К отправленному в ремонт оборудованию прилагают дефектную ведомость и талон гарантийного ремонта, если не истек срок его действия.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты и компрессоры малых холодильных машин, и установок при неисправностях, которые невозможно устранить на объекте эксплуатации, а также при необходимости производства среднего или капитального ремонта демонтируют и доставляют на комбинат. Механик комбината перед отправкой агрегата (компрессора) составляет акт, в котором указывает марку и заводской номер оборудования, наименование объекта и обнаруженные неисправности.

§ 48. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЗБОРКЕ И СБОРКЕ МАШИН

Порядок выполнения работ, маркировка деталей. При разборке и сборке компрессоров, вспомогательных механизмов и других машин соблюдают последовательность выполнения работ, установленную технологическим процессом ремонта.

Разборку машин проводят по методам последовательного или комбинированного хода операций. При последовательном методе снимают и разбирают сначала один узел, затем другой и т. д. При комбинированном методе одновременно снимают и разбирают несколько узлов, если это позволяет конструкция машины. Комбинированный метод позволяет значительно сократить время разборки машины и уменьшить ее простой в ремонте.

При разборке машин соблюдают следующие основные правила:

перед разборкой изучают технологический процесс ремонта данной машины, чертежи основных узлов;

начинают разборку со снятия ограждений, крышек и других деталей, которые могут препятствовать доступу к разбираемым узлам;

разбирают только те узлы машины, которые подлежат ремонту (полную разборку производят при капитальном ремонте);

одинаковые узлы с невзаимозаменяемыми и сбалансированными деталями (например, шатуны, коленчатые валы с противовесами и т. п.) после разборки содержат комплектно;

не подлежат разборке без особой необходимости соединения деталей, выполненные с применением прессовых посадок, а также соединения неответственных деталей, не требующие проверки (резьбовые штуцера с корпусами и т. п.);

при разборке проверяют наличие заводской маркировки ряда деталей, а при ее отсутствии наносят маркировку.

По ходу разборки (или сборки) проводят необходимые измерения: у компрессоров измеряют зазор между поршнем и цилиндром при положении поршня в верхней и нижней мертвых точках, зазоры в шатунных подшипниках, зазоры между поршневым пальцем и втулкой верхней головки шатуна и др.

Знаки маркировки определяют место и положение детали в узле. Знаки наносят стальными клеймами (цифрами, буквами), краской, кислотой, электрографом. При невозможности использования указанных способов к детали привязывают бирку с необходимыми данными. На смежных деталях знаки располагают таким образом, чтобы при правильной сборке они находились рядом и с одной стороны. Обязательной маркировке подлежат невзаимоза-

меняемые и используемые с индивидуальной сборочной подгонкой детали, а также детали, прирабатывающиеся в процессе эксплуатации и не подлежащие замене при ремонте.

Сборку деталей в узлы и установку узлов в машины ведут в последовательности, обратной разборке. Перед сборкой детали тщательно промывают, проверяют отсутствие в их отверстиях и внутренних полостях посторонних предметов (пробок, стружки и т. п.), а затем обдувают сжатым воздухом. Обработанные поверхности деталей не должны иметь заусенцев и забоин. Перед сборкой деталей неподвижных и резьбовых соединений одну из деталей смазывают маслом. Трущиеся поверхности деталей перед сборкой смазывают чистым или отфильтрованным маслом. Использование поврежденных прокладок при сборке не допускается.

Специальный инструмент **и** оборудование для разборочных и сборочных работ. В условиях цехов ремонтных предприятий разборку и сборку узлов и машин выполняют на слесарных верстаках, стендах, поворотных сборочных столах, кантователях, поворотных стойках с изменяющимся наклоном. Кантователи и поворотные стойки позволяют придавать деталям положение, наиболее удобное для разборки или сборки узлов (машин). Отвинчивание и завинчивание гаек, шпилек и винтов производят с помощью гайко- и шпильковертов с пневматическим или электрическим приводом. Для обеспечения определенного момента затяжки при сборке используют предельные или динамометрические ключи.

Разборку и сборку соединений с натягом (прессовых соединений) проводят с помощью винтовых приспособлений и съемников (рис. 92), а также реечно-рычажных, винтовых, гидравлических, пневматических и эксцентриковых прессов.

При разборке соединений с натягом для предохранения деталей от повреждений применяют подкладки, оправки, выколотки и молотки из мягких металлов.

Разборка и сборка неподвижных и прессовых соединений. Разборку соединений вручную проводят с помощью выколоток и съемников. Выколотку подбирают по диаметру, близкому к диаметру вала, и устанавливают на торце по центру вала.

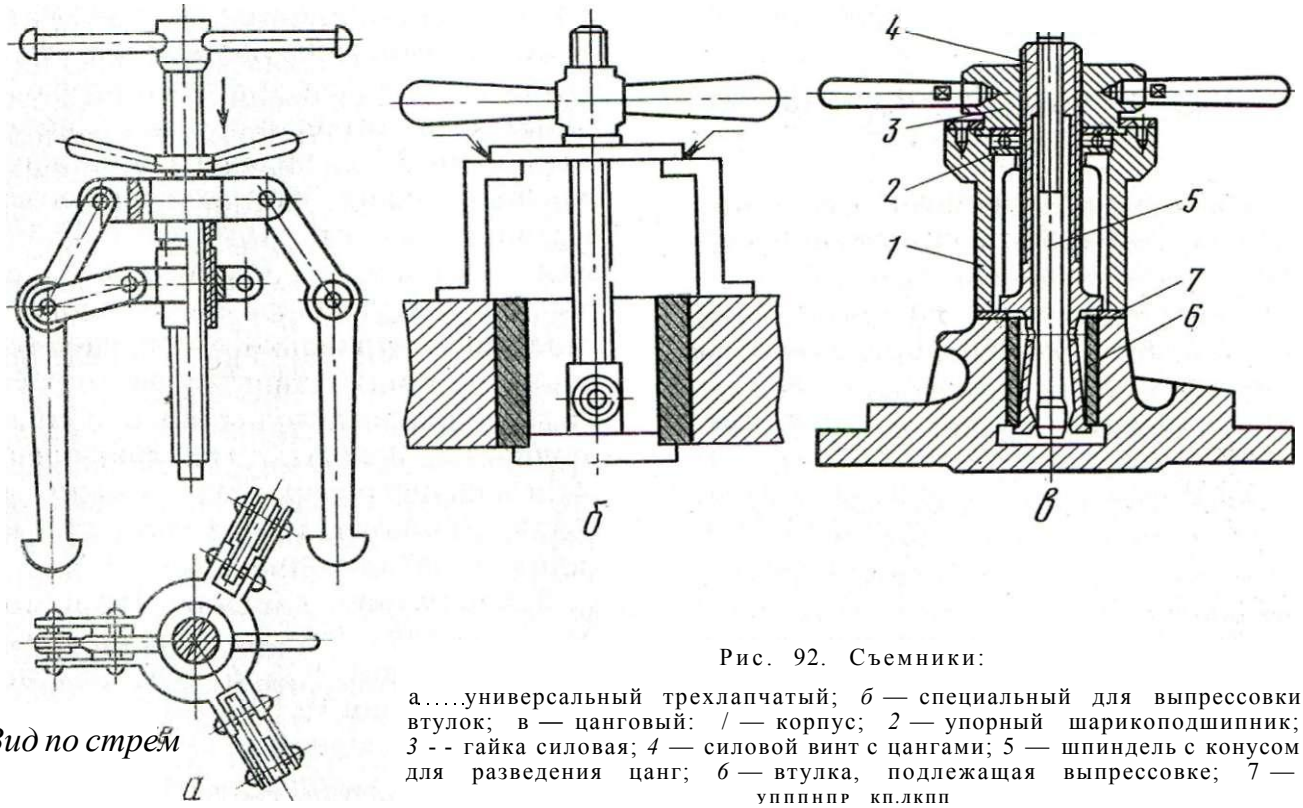


Рис. 92. Съемники:

а.....универсальный трехлапчатый; *б* — специальный для выпрессовки втулок; в — цанговый: / — корпус; *2* — упорный шарикоподшипник; *3* - - гайка силовая; *4* — силовой винт с цангами; 5 — шпиндель с конусом для разведения цанг; *6* — втулка, подлежащая выпрессовке; 7 — упорный подшипник

Удары по выколотке наносят редко с задержкой бойка молотка на выколотке. Перед разборкой соединения, имеющего признаки коррозионного износа, соединение смачивают керосином таким образом, чтобы керосин проник между деталями. Перед сборкой прессовых соединений осматривают поверхности деталей, удаляют заусенцы и выступающие кромки забоин, детали смазывают маслом.

Усилие запрессовки, необходимое для сборки соединения с гарантированным натягом, определяют по формуле

$$P = fnDLp,$$

где f — коэффициент трения при запрессовке, зависящий от материала сопрягаемых деталей, шероховатости их поверхностей и других факторов (принимается равным от 0,02 до 0,3); D — номинальный диаметр сопряжения, м; L — длина сопрягаемых поверхностей, м; p — напряжение сжатия на сопрягаемых поверхностях, МПа.

Значительно облегчают разборку (сборку) соединений нагрев охватывающих и охлаждение охватываемых деталей. Нагрев деталей в жидкостной среде до 150 °С проводят в машинном масле, до 350 °С — в цилиндровом масле или глицерине. При нагреве деталей в газовой среде (в печи) предусматривают восстановительную атмосферу во избежание образования окалины. Нагрев деталей выше 450 °С не рекомендуется.

Охватываемые детали охлаждают твердым диоксидом углерода (сухим льдом) или жидким азотом.

Температуру нагрева $/_{н}$ или охлаждения деталей определяют по формулам:

$$t_{н} = t\backslash + (b + S)/a_{р}d;$$

$$to = t\backslash - (6 + S)/a_{с}d,$$

где $t\backslash$ — температура охватывающей (охватываемой) детали до начала нагрева (охлаждения), °С; б — натяг для данного соединения, мм; S — минимальный зазор, обеспечивающий свободное соединение сопрягаемых деталей, мм; $cc_{р}(a_{с})$ — коэффициент линейного расширения (сжатия), d — диаметр сопряжения, мм.

Значение $a_{р}(<i_{с})$ для стали составляет 11,5-10^6 (8.5-10"6), для чугуна — 10,4- 10~6 (8,6- 10~6), для бронзы — 17,5• 10 6 (15,0- 10~6).

§ 49. ОЧИСТКА И ОБЕЗЖИРИВАНИЕ МАШИН И ДЕТАЛЕЙ

Качество очистки и обезжиривания деталей и узлов машин существенно влияет на надежность оборудования. При производстве ремонтных работ с поверхностей деталей, узлов и машин жировые загрязнения, продукты механического износа, нагар и лакокра"сочные покрытия удаляют промывкой растворителями или водными щелочными растворами, продукты коррозии — кислотными растворами.

Растворители. При ремонте машин на месте их эксплуатации в качестве основных растворителей используют керосин или уайт-спирит, в отделениях химической очистки — бензин, трихлорэтилен и хлористый метилен (R30).

Трихлорэтилен и R30 пожаробезопасны, относительно стабильны в присутствии металлов, обладают хорошей растворяющей способностью, легко проникают в зазоры, углубления, прорези, канавки и отверстия узлов и деталей, поддаются регенерации, быстро испаряются и легко конденсируются.

Трихлорэтилен — трудногорючая жидкость, температура кипения которой 87,3 °С, температура самовоспламенения 380 °С, пределы воспламенения от 16,8 до 40,7 %. Растворяющая способность паров трихлорэтилена по отношению к маслам значительно выше, чем бензина. В присутствии воды трихлорэтилен разлагается с образованием соляной кислоты. Для повышения стабильности к трихлорэтилену добавляют уротропин (1 г на 100 кг) или анилин в количестве 0,1 %.

Температура кипения хлористого метилена 404 °С, температура самовоспламенения 556 °С, пределы воспламенения от 12 до 22 %. Применение R30 в качестве растворителя позволяет при ремонте малых холодиль-

ных машин совместить операции осушки и обезжиривания ряда деталей и узлов компрессоров. Остатки R-30 в очищенных системах (до 5 %) практически не влияют на работу холодильных установок.

Очистку бензином, трихлорэтиленом и R30 проводят в моечных машинах и ваннах повышенной плотности, так как пары их токсичны. Моечные машины и ванны оборудуют специальными устройствами для отделения растворителей от воздуха и вентиляционными системами, помещения отделений химической очистки усиленно вентилируют.

Промытые керосином поверхности деталей вытирают насухо и покрывают смазкой, так как керосин может вызвать коррозию стали.

Водные щелочные растворы. Их приготовляют из синтетических моющих средств (смесей химических веществ, выпускаемых промышленностью в готовом виде). Синтетические моющие средства одновременно очищают и обезжиривают черные и цветные металлы. В состав синтетических моющих средств кроме щелочей входят поверхностно-активные вещества, способствующие образованию в растворе мелкодисперсных эмульсий (ситанол, ДС-РАС и др.); вещества, обволакивающие твердые частицы загрязнений и способствующие их осаждению на дно (метасиликат натрия); ингибиторы коррозии, позволяющие хранить промытые детали на воздухе без предварительного пассивирования.

Для первичной струйной мойки внешних поверхностей агрегатов, очистки деталей и узлов компрессоров и агрегатов, внутренних поверхностей конденсаторов и ресиверов на ремонтных предприятиях наиболее часто применяют водные растворы синтетических моющих средств «Тракторин» и «Лабомид-101» на основе кальцинированной соды. Концентрация растворов 2%, температура 90—95 °С.

При наличии на поверхностях деталей старой краски к раствору добавляют каустическую соду (концентрация 5—6%). Лакокрасочные покрытия у больших партий деталей снимают в ваннах, погружая детали в раствор, состоящий из каустической соды — 20 %, глюканата натрия — 0,5, этиленгликоля — 8, воды — 71,5%. После обработки деталей их промывают горячей водой и обдувают сжатым воздухом.

Для первичной мойки могут быть использованы также моющие средства «Лабомид-102», МЛ-2, МЛ-51, МЛ-52, МС-5, МС-6, МС-8, СМ-1, СМ-2. Моющая способность этих средств в 2—5 раз выше, чем у растворов на основе каустической соды.

Водные щелочные растворы на основе каустической соды используют для обезжиривания стальных и чугунных деталей. Растворы содержат 50—80 г/л каустической соды, температура раствора 80—90 °С. После промывки раствором детали обязательно моют горячей водой (50—60 °С) и просушивают. Растворы на основе каустической соды могут вызвать коррозию металлов, разрушают детали из алюминия.

Кислотные растворы. Для удаления с поверхностей деталей продуктов коррозии используют ингибированную соляную кислоту [1]. Процесс обработки деталей кислотным раствором состоит из следующих операций: травление кислотой, удаление остатков кислоты погружением в ванну с холодной проточной водой, нейтрализация 5 %-ным раствором кальцинированной соды, промывка в горячей воде (50—60 °С) погружением в ванну, пассивирование 5 %-ным раствором нитрита натрия.

На ремонтных предприятиях применяют 19—20 %-ный раствор соляной кислоты, в который введен ингибитор ПБ-5 (продукт конденсации анилина и уротропина).

Моечное оборудование. При ремонте оборудования на месте эксплу-

[1] Ингибированная соляная кислота — водный раствор соляной кислоты, в который для придания антикоррозийных свойств введен ингибитор.

атации детали промывают в ваннах из листового железа или в передвижных моечных ваннах, оборудованных насосом, нагнетающим растворитель или моющий раствор в орошающие форсунки или шланг, струя из которого направляется на поверхности деталей.

В цехах ремонтных предприятий для очистки и обезжиривания деталей и машин используют: конвейерные моечные машины, моечные камеры с поворотным столом, установки для промывки конденсаторно-ресиверных групп герметичных агрегатов, установки для мойки деталей и компрессоров герметичных агрегатов в сборе органическими растворителями (трихлорэтиленом или хлористым метиленом), ванны для кислотного травления, нейтрализации, пассивирования, промывки горячей и холодной водой, а также ванны для снятия лакокрасочных покрытий.

Конвейерная моечная машина (рис. 93) состоит из следующих основных частей: ванны, транспортера, моечной камеры, душевого устройства, насоса, вытяжного устройства, парового нагревателя, поддона и пульта управления.

В нижней части ванны установлено три бака: сливной — для отстоя и сброса масла, переливной — для отстоя загрязнений и бак для чистого раствора синтетического моющего средства.

Насос моечной машины забирает из бака нагретый до 75—95 °С раствор и подает его в душевое устройство. Детали и узлы, размещенные на движущемся транспортере, омываются раствором, после чего он сливается в поддон и через систему фильтров в бак чистого раствора. На выходе из моечной камеры промытые детали и узлы обдувают воздухом.

Установка для мойки деталей и компрессоров герметичных агрегатов (рис. 94) выполнена в виде сварной камеры /, в которую на вращающийся стол *2* устанавливают промываемое изделие. При промывке компрессора в сборе его ротор стопорится тормозным устройством *12,* что при вращении стола обеспечивает движение шатунно-поршневой группы, работу клапанной груп-

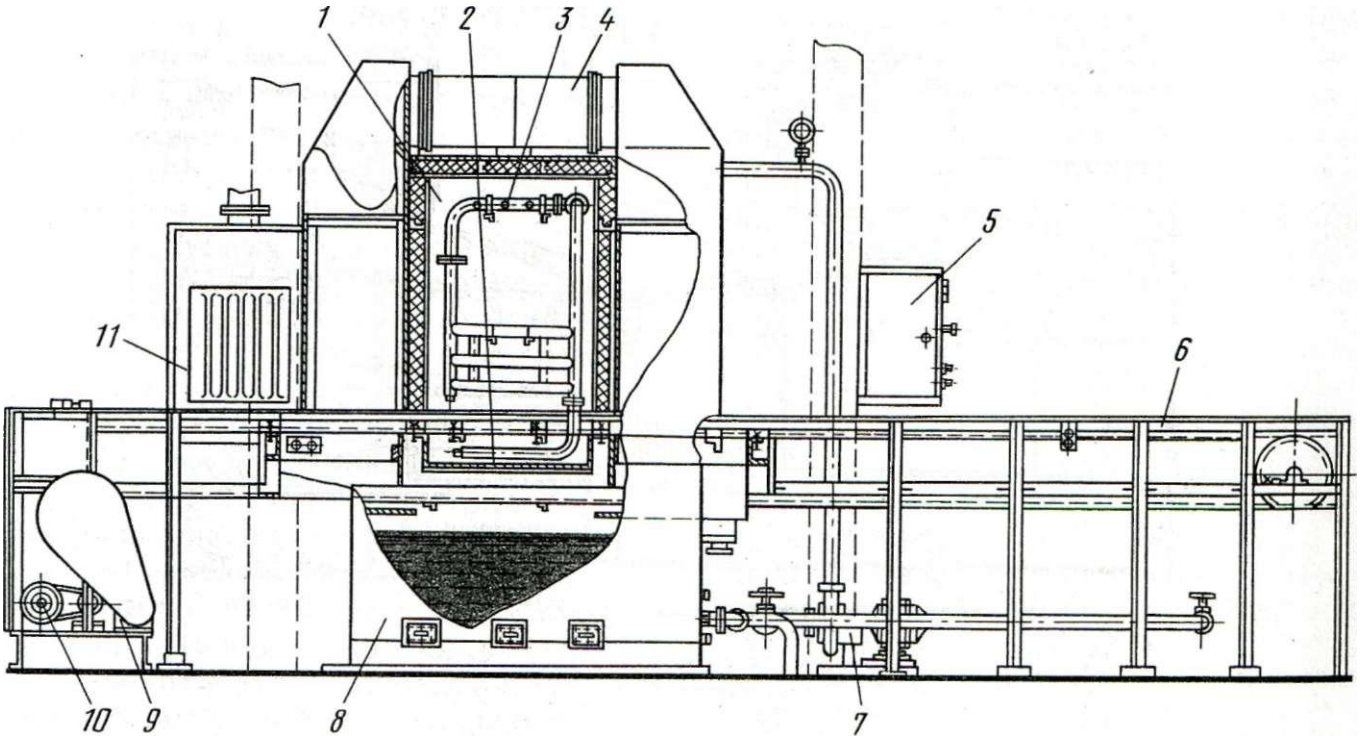


Рис. 93. Конвейерная моечная машина:

/ — моечная камера; 2 — поддон; *3* — душевое устройство; *4* — вытяжное устройство; *5* — пульт управления; *6* — транспортер; 7 — насос; *8* — бак чистого раствора; *9* — редуктор; *10* — электродвигатель; *11* — обдувочная камера

пы и очистку внутренних полостей компрессора. Органический растворитель заливают в ванну *4,* из которой насосом *10* его подают в коллектор с форсунками //. Растворитель промывает изделие, после чего через гидрозатвор 7 стекает в ванну. Нагрев растворителя осуществляют паровым змеевиком или трубчатыми электронагревателями. После окончания промывки вентилятор *13* удаляет пары растворителя из камеры. При этом парожидкостная смесь растворителя проходит через влагоотделитель и конденсатор водяного охлаждения *17.* Отделившиеся капли и конденсат растворителя сливаются в ванну. Одновременно с отделением влаги и конденсацией паров растворителя происходит сушка изделия, так как при циркуляции воздуха остатки растворителя на поверхностях изделий быстро испаряются.

По окончании сушки вентиляционная система переключается задвижками *16* на выброс остаточных паров растворителя из камеры в атмосферу.

Перевод работы установки с мойки на сушку и на выброс паров растворителя в атмосферу осуществляется автоматически.

При обезжиривании деталей и узлов герметичных компрессоров в загрязненном трихлорэтилене допускается концентрация масла не более 5-10%.

Степень загрязнения растворителей можно определить по температуре кипения или по плотности раствора.

Загрязненный растворитель периодически регенерируют.

Ультразвуковая очистка деталей. Детали, к качеству очистки которых предъявляют повышенные требования (шариковые и роликовые подшипники и др.), целесообразно промывать в ваннах с ультразвуковыми установками. В дне таких ванн смонтированы магнитострикционные преобразователи электрической энергии в ультразвуковые колебания.

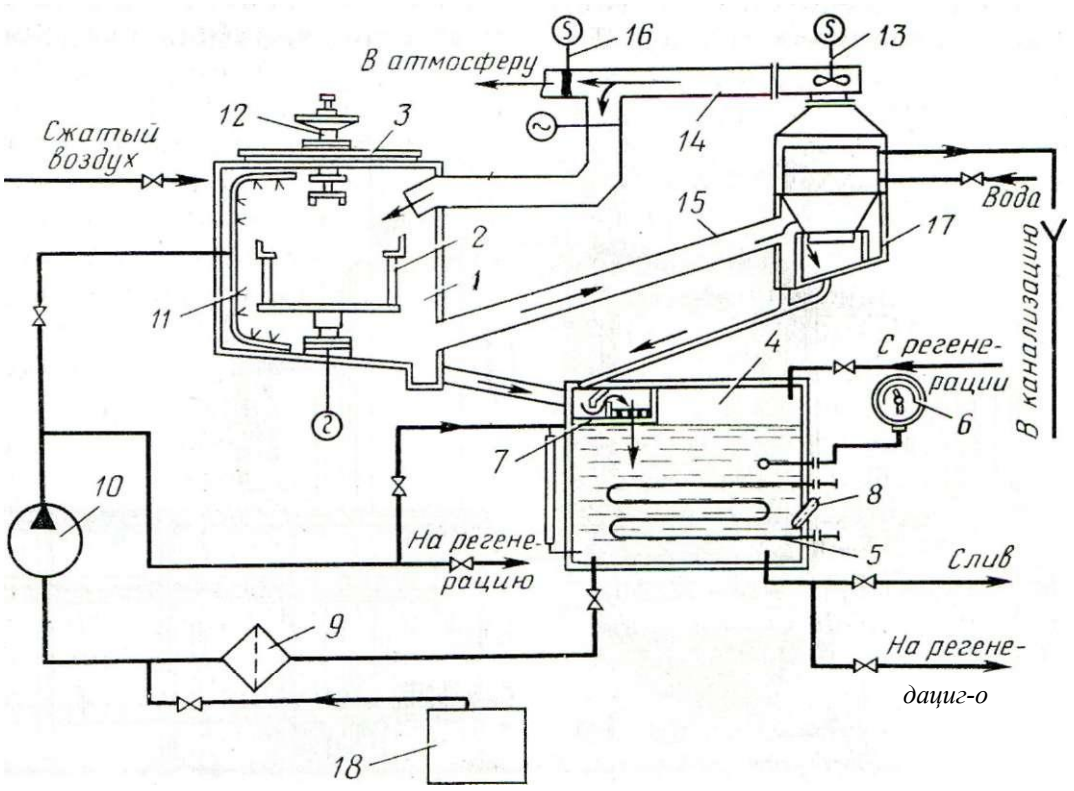


Рис. 94. Установка мойки деталей и компрессора в сборе в органическом растворителе:

/ — камера; *2* — стол; *3* — дверь камеры; *4* — ванна; 5 — нагреватель; *6* — электроконтактный термометр; *7* — гидрозатвор; *8* — термометр; *9* — фильтр; *10*—насос; *11* — коллектор с форсунками; *12* — тормозное устройство; *13*—вентилятор; *14, 15*—воздуховоды; *16* — электромеханическая задвижка; *17*—конденсатор водяного охлаждения; *18* — бак с чистым растворителем

Ультразвуковые колебания передаются моющей жидкости (трихлорэтилену, бензину, щелочному раствору) и значительно улучшают качество очистки, а также ускоряют процесс обработки деталей.

Положительный эффект очистки обусловлен действием ударных волн, возникающих в результате кавитационных взрывов, разрушающих жировые пленки и ускоряющих отрыв загрязнений от поверхностей деталей.

Ультразвуковые моечные ванны марки УЗВ с одним — четырьмя преобразователями выпускают вместимостью 30—160 л, потребляемая мощность 2,5—10 кВт. Температуру моющей жидкости поддерживают в пределах 20—70 °С, продолжительность очистки деталей от жиров и масел 30—50 с.

Механическая очистка деталей. Наиболее трудоемкими являются операции по очистке и обезжириванию деталей и узлов герметичных компрессоров после «грязного» сгорания, при котором на поверхности деталей образуются осадок и твердая полимеризованная пленка. Очистка от загрязнений деталей и узлов компрессоров «грязного» сгорания предусматривает размягчение загрязнений и промывку растворами синтетических моющих средств, травление деталей и узлов в 20 %-н.ом растворе ингибированной соляной кислоты с последующей ее нейтрализацией и пассивированием поверхностей.

Детали сложной конфигурации и ротор компрессора с дефектами «грязного» сгорания могут быть очищены механическим способом на установке для очистки деталей косточковой крошкой, состоящей из камеры очистки и пылеулавливающего агрегата.

Детали загружают в камеру очистки и укладывают на решетке. Очистку проводят сжатым воздухом давлением до 0,6 МПа со взвешенной в нем косточковой крошкой диаметром 1,5—2 мм. Крошка и сжатый воздух подаются к форсунке, размещенной в камере очистки. Пыль и частицы загрязнений удаляются пылеулавливающим агрегатом.

Струя воздуха с косточковой крошкой, вылетающая из сопла форсунки, очищает не только поверхности деталей, но и пазы и отверстия ротора электродвигателя. Поверхности деталей после очистки не изменяют свои линейные размеры.

§ 50. ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Дефектацией называют процесс выявления дефектов технического изделия. При дефектации оценивают пригодность деталей к дальнейшей эксплуатации или ремонту и делят их на три категории: детали, годные без ремонта; детали, требующие ремонта; детали негодные, требующие замены. Выявление дефектов деталей и их сортировку осуществляют на основании технических условий на ремонт и карт дефектов технологических процессов ремонта.

Методы определения степени износа и выявления дефектов. Определение степени износа деталей и узлов оборудования проводят методом измерений, выявление дефектов, связанных с продолжительностью и условиями работы деталей,— методами неразрушающего контроля (визуально-оптическим, капиллярным, магнитно-порошковым и др.). Для проверки прочности и плотности отдельных деталей, сосудов и систем трубопроводов применяют метод испытания давлением.

Метод измерений. Метод основан на измерении детали (или зазора **в** узле) до и после определенного периода эксплуатации. При этом определяют величины зазоров **в** сопряжениях, отклонений фактических размеров от первоначальных, отклонений от правильной геометрической формы, отклонений расположения поверхности.

В качестве измерительного инструмента при определении степени износа используют универсальный (штангенциркули, микрометры, рычажные и индикаторные скобы, инди-

каторные нутромеры, щупы и др.) и жесткий предельный инструмент (пробки для контроля отверстий, скобы для контроля валов и др.).

Для выявления ряда отклонений отдельных деталей (погнутости и скручивания шатунов, биения и погнутости валов и др.) используют специальные приборы и приспособления. Точность измерений обычно составляет 0,01—0,001 мм.

Методы неразрутающего контроля. Визуально-оптический метод (наружный осмотр). Осмотр производят невооруженным глазом, с помощью лупы, микроскопа или других оптических приборов. Осмотром выявляют относительно крупные трещины, изломы, вмятины, забоины, риски, выкрашивания антифрикционного слоя подшипников, коррозионные поражения, значительные изгибы и скручивания, дефекты в шпоночных пазах, резьбовых соединениях и зубчатых зацеплениях и др. Минимальный размер дефектов, выявляемых невооруженным глазом, составляет 0,1—0,2 мм. Эффективность метода зависит от остроты зрения и опыта работы оператора и условий контроля (освещенности, контраста).

Капиллярные методы дефектоскопии. Эти методы основаны на явлении капиллярного проникновения смачивающей жидкости в поверхностные трещины, поры и коррозионные поражения. К капиллярным методам относят керосиновую, масляную, цветную и люминесцентную пробы.

Керосиновую пробу применяют для выявления дефектов картеров, цилиндровых гильз и поршней компрессоров, корпусов насосов, сварных швов аппаратов. На очищенную деталь кистью или пульверизатором наносят керосин, небольшие по размерам детали погружают в сосуд с керосином на 15—3Q мин. Затем деталь обдувают сжатым воздухом, протирают и покрывают тонким слоем мела, разведенного водой. После высыхания раствора оставшийся в трещине керосин увлажняет мел и изменяет цвет покрытия в месте дефекта.

Масляную пробу применяют для выявления поверхностных трещин от термообработки и шлифования, усталостных трещин у валов, шатунных болтов и других деталей.

Промытую деталь погружают на 2—3 ч в нагретое до 50—60 °С машинное или трансформаторное масло. После этого деталь протирают насухо и покрывают меловым раствором или на несколько минут погружают в насыщенный раствор соды. После высыхания покрытия в месте дефекта появляются темные масляные полосы.

Цветную пробу применяют для выявления поверхностных дефектов деталей компрессоров и насосов. Цветная проба состоит из следующих операций: подготовки поверхности детали, нанесения на нее проникающей жидкости с красителем, удаления излишков жидкости, нанесения белого адсорбирующего покрытия, осмотра контролируемой поверхности.

Подготовка поверхности детали является важным этапом пробы. С поверхности необходимо удалить загрязнения, нагар, окалину, следы масла и смазки. Остатки масла трудно удаляются из дефектов, поэтому эффективность пробы может оказаться низкой.

Для повышения эффективности пробы используют проникающий раствор следующего состава: скипидар марки **А** — 200 мл, керосин — 800 мл, краситель жирорастворимый **Ж** (или краска «Судан») — 15 г на 1 л жидкости. Порошок красителя растворяют в скипидаре, добавляют керосин, полученную смесь подогревают на водяной бане до 40—50 °С, выдерживают в течение 20 мин, затем фильтруют.

Приготовленный раствор наносят на поверхность детали. После выдержки в течение 5—15 мин излишки раствора удаляют с поверхности (деталь промывают 5 %-ным раствором соды и вытирают). На сухую поверхность детали наносят тонкий

слой белого покрытия, адсорбирующего остатки раствора, проникающего в дефект. Состав покрытия: 400 г каолина, растворенного в 1 л спирта этилового технического, или 350 г мела, растворенного в 1 л жидкости, состоящей из 600 мл воды и 400 мл спирта. Толщина нанесенного слоя покрытия влияет на результаты контроля, так как слишком толстый и неровный слой может закрыть мелкие дефекты и их слабые окрашенные следы. Через 5—15 мин в местах дефектов на белом фоне возникают красные следы. Трещины выявляются в виде тонких красных линий, поры и раковины — в виде красных точек и пятен.

Цветная проба позволяет обнаружить поверхностные дефекты с шириной раскрытия 1—3 мкм. Проба не требует значительных затрат времени, проста и надежна; может применяться, как и керосиновая или масляная проба, непосредственно в цеховых условиях на месте эксплуатации.

Люминесцентная проба, как и цветная, позволяет выявить поверхностные открытые трещины, поры, раковины. Люминесцентный (флюоресцирующий) метод контроля основан на свойстве некоторых веществ (люминофоров) светиться при облучении их ультрафиолетовыми лучами.

Такие вещества (дефектоль, антрацен и др.) добавляют к проникающему раствору и наносят на очищенную поверхность детали. Состав проникающего раствора: керосин — 500 мл, трансформаторное масло и бензин — по 250 мл. На 1 л раствора добавляют 0,15 г дефектоля.

Через 10—15 мин после нанесения раствора поверхность детали протирают, просушивают подогретым сжатым воздухом и посыпают тонким слоем порошка, имеющего большую поглотительную способность (углекислый магний, тальк, силикагель). Порошок впитывает жидкость, оставшуюся в трещинах или порах, и через 10—15 мин деталь в затемненном помещении облучают ультрафиолетовыми лучами. Люминофор, адсорбированный покрытием в месте дефекта, начинает светиться ярким зелено-желтым светом.

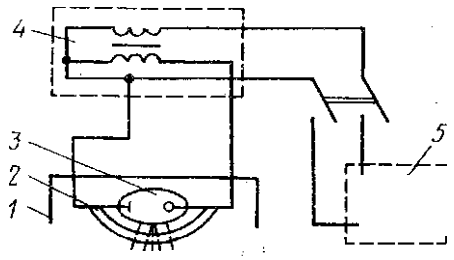


Рис. 95. Схема люминесцентного дефектоскопа ЛД-3:

1 — рефлектор; *2* — светофильтр; *3* — ртутно"-кварцевая лампа; *4* — высоковольтный трансформатор; *5*—силовой трансформатор; *6*—деталь; 7 — дефект поверхности

В ремонтной практике могут быть применены стационарные дефектоскопы ЛД-3 (рис. 95), ЛД-4 или переносной дефектоскоп ЛЮМ-1.

При относительной простоте и возможности механизировать операции контроля эта проба имеет пониженную по сравнению с цветной пробой достоверность результатов.

Магнитно - порошковый метод дефектоскопии. Метод используют для выявления поверхностных и подповерхностных (на глубине не более 3 мм) трещин, раковин и других дефектов в ферромагнитных деталях машин. У намагниченной детали в районе дефекта происходит рассеяние магнитных силовых линий с образованием местного магнитного поля. Зону поля рассеяния обнаруживают с помощью суспензии, приготовленной из смеси керосина и трансформаторного масла (в пропорции 2:1) и 40—50 г магнитного порошка (крокуса) на 1 л жидкости. Частицы магнитного порошка на детали, смоченной суспензией, осаждаются в зоне поля рассеяния и указывают на место расположения дефекта.

Контроль изделий предусматривает следующие основные операции: очистку поверхностей, намагничивание изделий, нанесение суспензии на

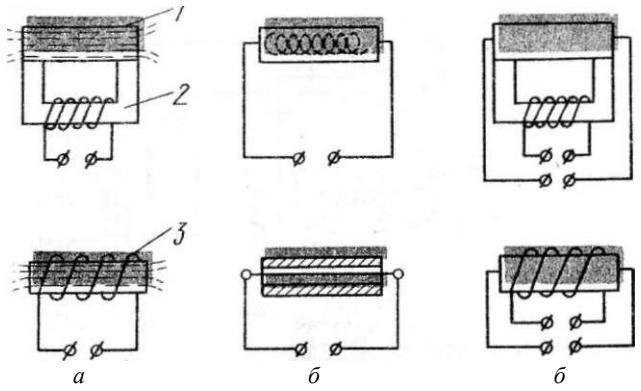


Рис. 96. Схема намагничивания деталей:
а — продольное намагничивание; б — циркулярное намагничивание; *в* — комбинированное намагничивание; /—деталь; *2* — электромагнит; *3* — соленоид

контролируемую поверхность, выявление дефектов, удаление магнитных частиц и размагничивание изделия.

Для выявления дефектов, расположенных перпендикулярно оси детали, применяют продольное намагничивание; вдоль оси — циркулярное, в различных направлениях— комбинированное (рис. 96).

При контроле изделий возможно появление ложных дефектов в районе рисок, резких границ различных структур, в местах изменения сечений деталей при завышенной напряженности поля. Для определения истинных и ложных дефектов проводят повторный контроль с использованием эталонов дефектов.

Для контроля деталей компрессоров могут быть использованы дефектоскопы ДМП-2, УМДЭ-2500 и др. Для обеспечения удовлетворительной намагниченности сила тока должна составлять 16—32 А на 1 мм диаметра детали.

Для размагничивания деталь помещают внутри катушки соленоида, а затем постепенно выводят за пределы действия магнитного поля или уменьшают ток в соленоиде от максимального значения до нуля.

Ультразвуковой, рентгеновский и гамма-графический методы дефектоскопии. Они могут быть использованы для выявления внутренних скрытых дефектов (трещин, раковин, непровара, неспая, шлаковых включений и т. д.) Однако по ряду причин (необходимость разработки специальных методик и конструкций ультразвуковых искателей для каждой контролируемой детали, сложность рентгеновской аппаратуры, необходимость набора радиоактивных изотопов и др.) эти методы в практике ремонта холодильного оборудования широкого распространения не получили.

Метод испытания давлением. Гидравлические и пневматические испытания применяют для проверки прочности изделий и выявления трещин, пористости, неплотностей сопрягаемых поверхностей и неподвижных разъемных соединений. При гидравлическом испытании неплотности обнаруживают по появлению течи или увлажнению (потению) поверхностей стенок. При пневматическом испытании неплотности выявляют по образованию мыльных пузырей на поверхностях стенок, сварных швах и соединениях, предварительно покрытых водным раствором мыла, или по появлению пузырей (пузырчатой сыпи) воздуха в ванне с водой, в которую погружают испытываемое изделие.

Технические условия на разбраковку изделий, карты дефектов. Технические условия на разбраковку и карты дефектов являются частью ремонтной документации производственных комбинатов по ремонту холодильного оборудования, в которой излагаются технические требования к дефектации деталей и узлов машин.

В технических условиях на разбраковку изделий приводятся эскизы деталей, обозначения поверхностей, подвергающихся проверке; характеристики дефектов, номинальные, ремонтные и предельные размеры; предельные отклонения от правильности геометрической формы, наименование рекомендуемого измерительного инструмента, условия при которых деталь годна без ремонта, подлежит ремонту или выбраковке.

Карта дефектов является составной частью технологического процесса на ремонт изделия. Ниже приведена в качестве примера карта

дефектов (табл. 12) на ремонт поршня, чертеж которого дан на рис. 97.

Указания по дефектации деталей компрессоров, ремонтируемых на месте эксплуатации, приводятся в технических описаниях и инструкциях по эксплуатации, разрабатываемых заводом-изготовителем.

При дефектации непригодными для дальнейшей эксплуатации без ремонта признаются детали, износ которых может превысить нормативную величину в течение ближайшего межремонтного периода.

Дефектные ведомости. Объемы работ при плановых ремонтах определены технологическими процессами на ремонт или техническими описаниями и инструкциями по эксплуатации машин. Если в процессе дефектации при ремонте выявляются неисправности, устранение которых не предусмотрено в данном виде ремонта, то составляют дефектную ведомость, в которой дается описание обнаруженных дефектов, перечисляются восстановительные работы, указываются количество деталей, подлежащих замене, и необходимые вспомогательные материалы.

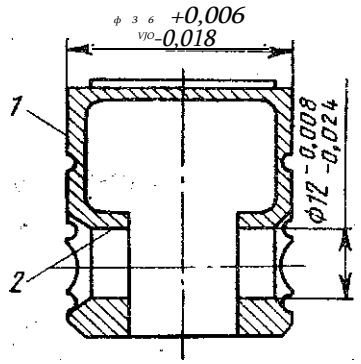


Рис. 97. К табл. 12

Ведомость составляет начальник или механик цеха и утверждает главный инженер предприятия.

Дефектная ведомость является основанием для сверхнормативных ремонтных затрат.

§ 51. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЯХ И РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Резьбовые соединения просты и надежны и при соблюдении определенных условий позволяют проводить многократную сборку и разборку без замены деталей.

Разборка и сборка резьбовых соединений. Разборку соединений производят стандартными ключами. Не допускается использование нестандартных и разводных ключей другого размера, удлинителей. Для облегчения разборки соединений, подвергшихся коррозии, применяют следующие способы:

в течение 15—30 мин соединение смачивают керосином, который проникает между деталями и облегчает

Таблица 12

№ по эскизу	Наименование дефекта	Способ выявления дефекта и измерительный инструмент	Заключение по дефекту		
			годен без ремонта	подлежит ремонту	подлежит выбраковке
	Трещины и обломы	Осмотр, лупа двухкратная			Браковать
1	Равномерный износ по 0 3 6 + Ж	Измерение, скоба рычажная	В пределах OS Of;+0.006		Менее 0 35,982 - браковать
1	Овальность и конусообразность по 036o.oI*	Измерение, скоба рычажная	Не более — 0,004 мм		Более 0,004 мм - браковать
	Равномерный износ по 0, I 12_0,024	Измерение, индикаторный нутрометр	В пределах </) IZ—0.024		Более 0 ! 1,992 - браковать
	Овальность и конусообразность по 012Zo,o24	Измерение, индикаторный нутрометр	Не более 0,004 мм		Более 0,004 мм - браковать

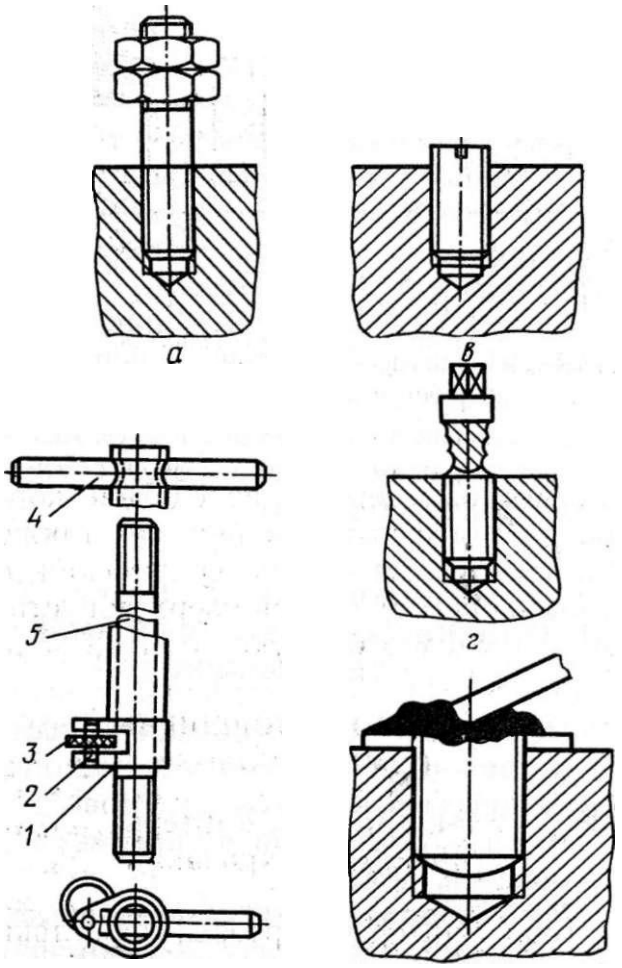


Рис. 98. Приемы вывертывания шпилек:

а — с помощью двух гаек; *б*—эксцентриковым ключом; *в* — посредством шлица под отвертку; *г* — с помощью экстрактора; *д* — с помощью приваренного прутка; *1* — корпус.; *2* — ось; *3* — рифленый ролик; *4* — вороток; *5* — шпилька

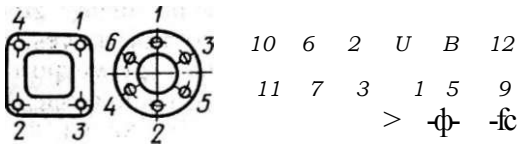


Рис. 99. Последовательность завертывания гаек при креплении крышек и фланцев

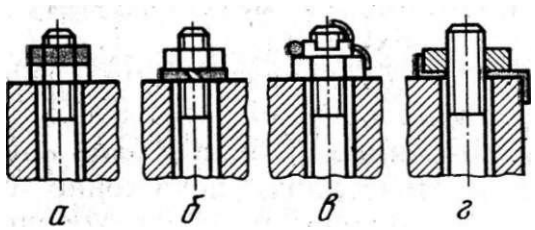


Рис. 100. Предохранение гаек от самоотвинчивания:

а — контргайкой; *б* — пружинной шайбой; *в* — шплинтом; *г* — стопорной шайбой

разборку; по граням гайки наносят молотком легкие и частые удары; нагревают гайку паяльной лампой или газовой горелкой (температура нагрева не выше 450 °С).

Шпильки вывертывают и завертывают при помощи двух законтренных гаек (рис. 98,а), ключами специальной конструкции (эксцентриковые ключи и др.). В эксцентриковом ключе (рис. 98,б) стержень шпильки защемляется рифленым роликом, и она вращается вместе с корпусом ключа.

Для удаления сломанных шпилек на их стержне прорезают или вырубают шлиц под отвертку (рис. 98,в); по оси шпильки сверлят отверстие, в которое забивают закаленный граненый стальной стержень или ввертывают экстрактор [1] (рис. 98,г); к стержню шпильки приваривают гайку или шайбу и стальной пруток (рис. 98,d). Шпильки, не поддающиеся вывертыванию, высверливают сверлами меньшего диаметра.

Гайки и болты при сборке затягивают постепенно и равномерно, в определенной последовательности (рис. 99).

Для предотвращения самоотвинчивания крепежных деталей в результате действия пульсирующей нагрузки и вибрации применяют шплинты, контргайки, стопорные и пружинные шайбы (рис. 100), замки и шплинтовочную проволоку. При сборке после ремонта не допускается использовать шплинты, бывшие в употреблении, нестандартные шплинты. Головка шплинта должна утопать в прорези гайки, разведенные концы плотно прилегать к болту и гайке и не иметь острых углов перегиба. Контргайку затягивают после полной затяжки основной крепежной гайки.

При установке стопорной шайбы ее

[1] Экстрактор — инструмент, на конической поверхности которого нарезаны левые спиральные канавки. Острые края канавок врезаются в стенки отверстия и при поворачивании экстрактора позволяют вывернуть шпильку.

ус отгибают в паз или на грань основной детали, край шайбы — на грань гайки или головки болта. Стопорная шайба не должна иметь трещин или надрывов металла в местах перегибов. Не допускаются использование пружинных шайб нестандартного размера,установка под гайку или головку болта двух пружинных шайб. Шплинтовочную проволоку применяют для стопорения парных болтов и групп. При стопорении проволокой следят, чтобы натяжение проволоки совпадало с направлением затяжки болтов.

Дефектация и ремонт крепежных деталей и **резьбовых соединений.** Задиры, забоины, недостаточную полноту, увеличение шага или срывы ниток наружных и внутренних резьб определяют наружным осмотром и измерением резьбовыми шаблонами (резьбомерами), предельными резьбовыми калибрами (пробками и кольцами Пр и Не), резьбовыми скобами. Удлинение стержней болтов ответственных соединений определяют, измеряя их длину микрометром. Изношенные и поврежденные крепежные детали бракуют.

Резьбовые отверстия корпусных и других деталей с дефектами резьбы восстанавливают следующими способами: отверстие рассверливают и нарезают в нем резьбу увеличенного размера, затем по размеру новой резьбы изготовляют ступенчатую шпильку (рис. 101,а); изношенное отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу, ввертывают резьбовую пробку, стопорят ее, сверлят в пробке отверстие и нарезают резьбу номинального диаметра; отверстие сверлят на большую глубину, на новом участке нарезают резьбу и устанавливают удлиненную шпильку; отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу и устанавливают переходную втулку или резьбовую спиральную вставку (рис. 101,6, б).

Ромбический профиль спиральной вставки получают из стальной проволоки круглого сечения путем прокатывания.

Болты и шпильки с уменьшенным

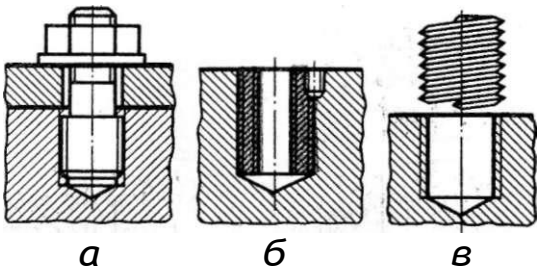


Рис. 101. Ремонт резьбового соединения:
а—постановкой ступенчатой шпильки; б—постановкой переходной втулки; *в* — постановкой резьбовой спиральной вставки

диаметром стержня вследствие коррозии или вытягивания, а также болты ответственных соединений с удлинением стержней сверх допустимых пределов бракуют.

§ 52. РЕМОНТ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Блок-картеры, картеры, проставки, крышки

Блок-картеры, картеры, проставки и крышки обычно изготовляют литыми из чугуна СЧ 18-36 или СЧ 21-40,

После черновой обработки отливки подвергают искусственному или естественному старению.

На необрабатываемых поверхностях отливок допускаются чистые газовые раковины диаметром не более 5 мм, глубиной до 2 мм в количестве не более 5 шт. на 1 $дм^2$ при расстоянии друг от друга не менее 20 мм. На уплотнительных поверхностях допускаются чистые газовые раковины диаметром не более 3 мм, глубиной 1 мм в количестве 3 шт. на 1 $дм^2$ при расстоянии от краев и крепежных отверстий не менее 5 мм.

Дефектация и ремонт. Блок-картеры, картеры, проставки и крышки не имеют трущихся и подвергающихся нормальному механическому износу поверхностей.

Наиболее характерными дефектами этих деталей являются: трещины водяных рубашек блок-картеров и проставок, искажение геометрической формы гнезд коренных подшипников б)юк-картеров и картеров, дефекты «уплотнительных поверхностей, износ резьбы в отверстиях.

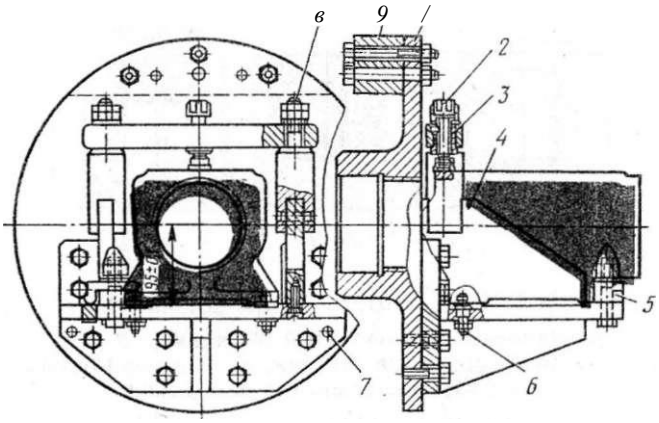


Рис. 102. Приспособление для растачивания отверстия в картере:

1 — планшайба; *2* — винт; *3* — резьбовая втулка: *4* — угольник; *5*— прижим; *6* — ловитель; *7*— штифт; *8* — стойка; *9* — противовес

Трещины водяных рубашек выявляют при помощи гидравлического испытания. Трещины заваривают горячей или холодной сваркой чугуна, паяют латунью или заделывают постановкой накладок из стеклоткани на эпоксидной смоле.

Искажение геометрической формы и увеличение размера гнезд коренных подшипников возникает при неправильной сборке компрессора, в результате многократной замены подшипников качения при длительной эксплуатации, вследствие проворачивания наружного кольца подшипника в аварийных случаях или проскальзывания его посадочной поверхности относительно поверхности гнезда при увеличенном зазоре между посадочными поверхностями. Дефект выявляют наружным осмотром (по следам проворачивания) и измерением размеров посадочных поверхностей гнезд микрометрическими штихмасами или индикаторными нутромерами.

Изношенное отверстие растачивают, в него запрессовывают стальную втулку с толщиной стенки 3—5 мм и стопорят ее. После запрессовки втулку растачивают до номинального размера отверстия. На специализированных производственных комбинатах для ремонта картеров применяют специальные приспособления: для растачивания отверстия в картере (рис. 102), для проверки параллельности оси вала и плоскости под блок цилиндров. После ремонтной обработки допускается отклонение от соосности отверстий под коренные подшипники не более 0,02 мм. Овальность и конусообразность посадочного места под коренной подшипник не более половины допуска на диаметр.

Дефекты уплотнительных поверхностей выражаются в образовании наплывов, неровностей и забоин на уплотнительных поясках во всасывающей полости блок-картеров, сопрягаемых с баббитовой заливкой клапанов запорных вентилей компрессоров. Наплывы чугуна удаляют напильником, неровности и забоины на поясках аккуратно зачищают. Уплотнительные поверхности поясков рекомендуется притирать, используя приспособление — притир и электродрель.

Изношенные резьбовые отверстия рассверливают и нарезают в них резьбу ближайшего большего размера. В отверстие ввертывают ступенчатую шпильку.

Очистка водяных рубашек блок-картеров и проставок от накипи и осадков. Для удаления карбонатных накипей полости водяных рубашек и проставок заполняют 10 %-ным раствором ингибированной соляной кислоты (ингибитор ПБ-5—0,5%) для удаления силикатных и сульфатных накипей — 10 %-ным раствором каустической соды или 5 %-ным раствором тринатрийфосфата. При отсутствии ингибированной соляной кислоты допускается применение 10 %-ного раствора технической соляной кислоты с добавлением в качестве ингибитора 0,5 % уротропина и по 0,1 % смачивателя и пеногасителя.

Отверстия водяных рубашек и проставок, кроме верхнего., заглушают пробками. Верхнее отверстие оставляют открытым для заполнения раствором и выхода пузырьков газа, образующегося в результате реакции кислотного раствора и накипи. Раствор кислоты выдерживают в полости до полного прекращения выделения

пузырьков газа. После удаления раствора полости тщательно промывают водой, а затем 2 %-ным раствором кальцинированной соды или тринатрийфосфата.

Щелочные растворы применяют подогретыми до 80—90 °С. Продолжительность щелочной обработки 12—24 ч. После удаления щелочного раствора полости тщательно промывают водой.

Гильзы и блоки цилиндров

Гильзы и блоки цилиндров изготовляют из модифицированного чугуна СЧ 21-40 или СЧ 24-44. Перед механической обработкой отливки гильз подвергают дробеструйной обработке. Твердость гильз и блоков цилиндров должна находиться в пределах НВ 170—241.

Зеркало гильз и блоков цилиндров обрабатывают по 7-му квалитету, шероховатость поверхности /?$_a$ = 0,63 0,16 мкм.

Гильзы прямоточных и непрямоточных компрессоров (рис. 103) сопрягаются с блок-картером двумя посадочными поясками (диаметры 97С и 96, 150С и 130С) по посадке H7/h6(A/C), шероховатость поверхности посадочных поясков Л!$_a$=1,25 мкм. Отклонение от параллельности осей цилиндрических поверхностей посадочных поясков относительно оси отверстия гильзы не должно превышать 0,02 мм на 100 мм длины.

Овальность и конусообразность зеркала гильз (блоков) цилиндров и посадочных поясков гильз ограничивают, так как при

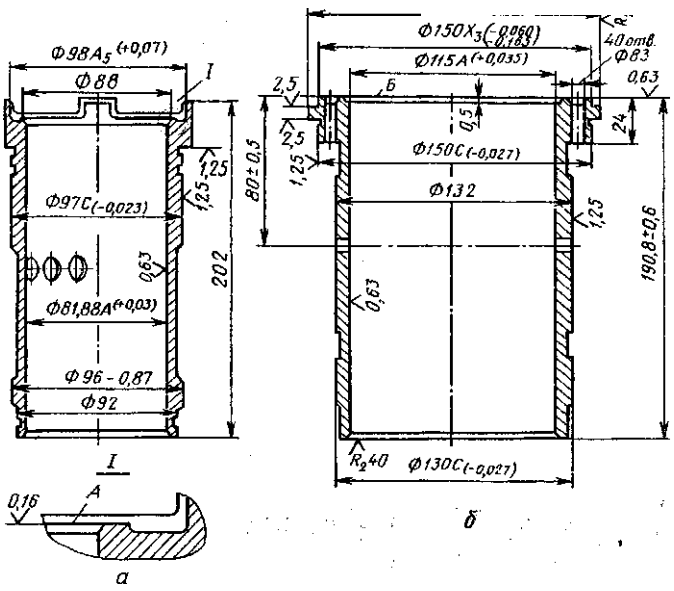


Рис. 103. Гильзы компрессоров: прямоточного компрессора АУ-45; б — непрямоточного компрессора П110

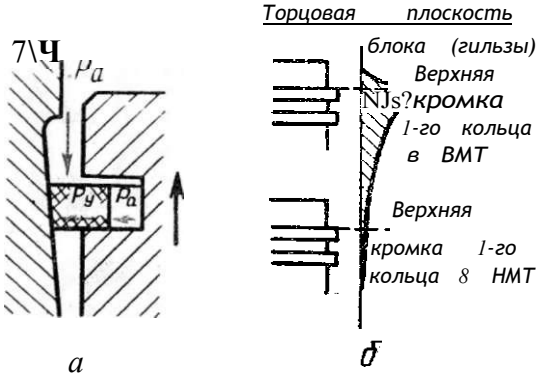


Рис. 104. Износ зеркала цилиндра:

а — примерная схема действия основных сил на поршневое кольцо при движении вверх; б — кривая износа цилиндра компрессора по образующей

повышенных величинах овальности и конусообразности нарушается плотность прилегания поршневых колец к зеркалу и не обеспечиваются хорошие условия передачи теплоты от гильзы к блок-картеру (овальность и конусообразность не должны превышать 0,5—0,65 допуска на диаметр).

Верхние торцевые поверхности гильз, сопрягаемые с нагнетательными клапанами у прямоточных компрессоров (поверхность ***А)*** и пластинами всасывающих клапанов у непрямоточных компрессоров (поверхность ***Б)*** должны иметь высокую плоскостность и шероховатость /?$_a$ = 0,16 мкм (прямоточные компрессоры), ***R***$_a$ = 0,63Н-0,32 мкм (непрямоточные компрессоры). Это необходимо для предотвращения перетекания нагнетаемого пара в полость всасывания.

Дефектация и ремонт. Дефектами, характерными для гильз и блоков цилиндров, являются; увеличение внутреннего диаметра и искажение правильности формы рабочей поверхности (зеркала), образование рисок, натиров,задиров и наволакиваний на зеркале, повреждения верхних торцевых поверхностей гильз и блоков цилиндров.

Увеличение внутреннего диаметра и искажение правильности формы зеркала является следствием нормального износа гильз и блоков цилиндров, вызываемого истирающим действием поршневых колец. Радиальное давление поршневых колец на зеркало во время работы складывается из давления, вызываемого силами упругости сжатого кольца p_y, и дополнительного давления пара хладагента p_a, перетекающего через зазоры в канавке поршня за кольцо (рис. 104).

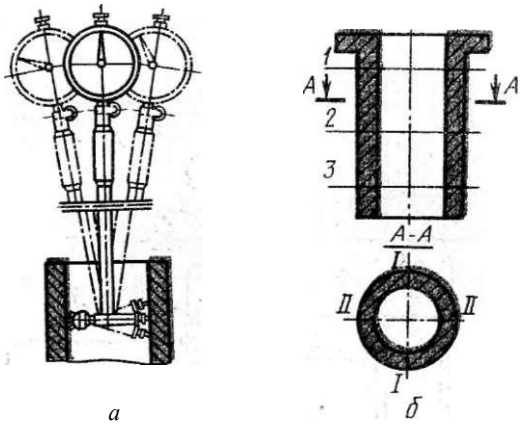


Рис. 105. Измерение диаметра цилиндра:
— схема измерения индикаторным нутромером; б — схема измерения диаметра цилиндра

По мере продвижения поршня к верхней мертвой точке возрастают давление сжатия в цилиндре и соответственно дополнительное давление пара агента на кольцо. Высокая температура в конце сжатия ухудшает режим смазки колец вследствие уменьшения вязкости и возрастания испаряемости масла. Кроме того, во время работы компрессора усилие шатуна в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, направлено не по оси цилиндра, а под углом к ней. Вследствие этого на зеркало гильзы (блока) оказывается неравномерное давление в плоскостях вдоль оси вала и перпендикулярно к ней.

Указанные особенности работы являются причиной ускоренного износа верхней части цилиндра, при этом зеркало цилиндра приобретает по высоте форму неправильного конуса, а в поперечном сечении — форму овала.

Увеличение внутреннего диаметра, овальность и конусообразность гильз и блоков цилиндров определяют измерением диаметра зеркала индикаторным нутромером (рис. 105, а). Измерения производят в трех сечениях по высоте и в двух плоскостях: вдоль оси вала и перпендикулярно к ней (рис. 105,6).

Внутренний диаметр гильз измеряют без выпрессовки гильз из блок-картера, при измерениях рекомендуется использовать рейку-шаблон, позволяющую выполнять измерения в одних и тех же местах. Сечения, в которых проводят измерения, располагаются по высоте следующим образом: в месте между первым и вторым компрессионными кольцами при положении поршня в верхней мертвой точке (ВМТ.); в месте нижнего компрессионного кольца при положении поршня в нижней мертвой точке (НМТ.) и в среднем положении между первым и вторым замерами.

Увеличение внутреннего диаметра определяют как разность диаметра в районе наибольшего износа и начального фактического диаметра.

Овальность рассчитывают как разность диаметров, находящихся в разных плоскостях одного и того же сечения.

Конусообразность определяют как разность диаметров в двух сечениях, расположенных в одной плоскости.

Наибольшая разность диаметров,

Таблица 13

Показатели гильз (блоков) цилиндров

Ход поршня компрессора, мм	Диаметр, мм		Ремонтные размеры, мм			Овальность и конусообразность, мм	
	номинальный	предельный	I	II	III (пользование)	начальная по чертежу	предельная
45	40 +0.027	40,125	4^9 + 0,03	420 + 0.03	40 + 0.03	0,013	0,05
50	67,5	67,625	68,5	69,5,	67,5 +	0,015	0,06
70(R12)	101,6+	101,9	—	—	—	0,025	0,08
70(R22, R717)	81,88	82,2	, —	—	—	0,02	0,08
66	76	—	—	—	—	0,015	0,08
130	+0.04	—	—	—	—	0,027	0,10
82	5 +0.035	115,6	—	—	—	0,025	0,30

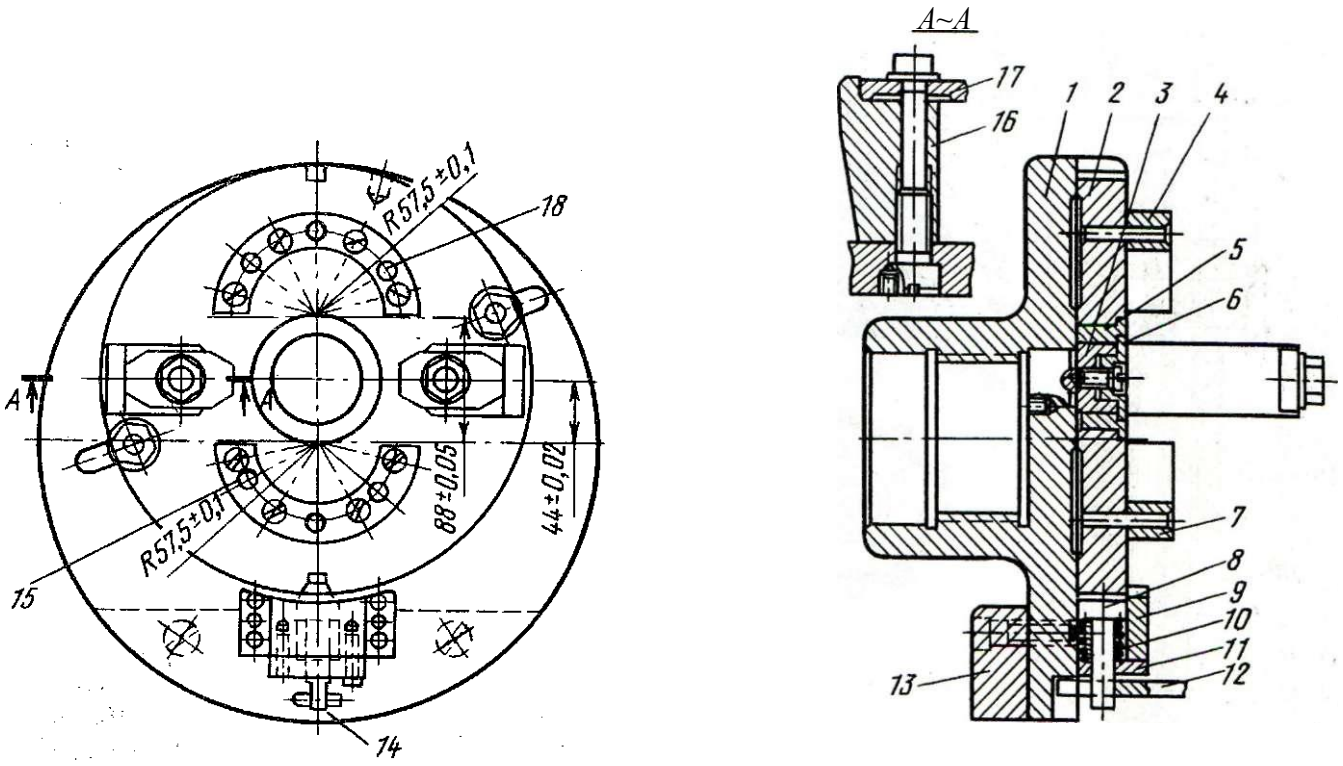


Рис. 106. Приспособление для растачивания блока цилиндров:

1 планшайба; *2* — вращающийся диск; *3* — ось; *4, 7* — подушки; *5* — втулка; *6* — шайба; *8* — фиксатор; *9* — направляющая; *10*— пружина; *11* — планка; *12* — ручка фиксатора; *13* — противовес; *14* — штифт фиксатора; *15, 18* — ловители; *16* — стойка; *17* — прижим

рассчитанная по всем измерениям, принимается за овальность (конусообразность), определяющую искажение геометрической формы гильзы (блока).

Увеличение внутреннего диаметра гильзы (блока) допускается в пределах 0,25—0,5 мм на 100 мм диаметра. Овальность и конусообразность цилиндров не должна превышать значений, допустимых по чертежам, более чем в 3—5 раз (у компрессоров с ходом поршня 82 мм предельная овальность и конусообразность не более половины допуска на износ).

Номинальные и предельные значения внутренних диаметров гильз (блоков) цилиндров, а также начальные и предельные значения овальности и конусообразности приведены в табл. 13.

Гильзы, изношенные по внутреннему диаметру, заменяют новыми; изношенные блоки цилиндров перешлифовывают на ремонтный размер или растачивают с последующим гильзованием и шлифованием.

Перед растачиванием или шлифованием проверяют состояние базовой поверхности — нижнего торца блока цилиндров. Базовая поверхность не должна иметь коробления, рисок и заусенцев.

Блоки цилиндров растачивают на расточных или токарных станках с помощью приспособления, состоящего из планшайбы и смонтированного на ней вращающегося диска (рис. 106).

Блок устанавливают на подушки диска, которые являются его опорой. Для строгой центровки блока по отношению к оси шпинделя станка подушки снабжены ловителями. При установке блока на ловители ориентируются на отверстия контрольных шпилек нижнего фланца. После установки блок крепят прижимами к вращающемуся диску и закрепляют диск на планшайбе. Положение диска на планшайбе перед растачиванием определяется фиксатором. Для обработки второго цилиндра блока (после растачивания первого) ослабляют крепление диска, сдвигают по пазу планшайбы крепящие болты, вытягивают фиксатор и поворачивают диск на 180°, **затем фиксируют и закрепляют.**

Перешлифовка или растачивание блоков с последующим шлифованием не обеспечивают необходимые квалитет и шероховатость поверхности,

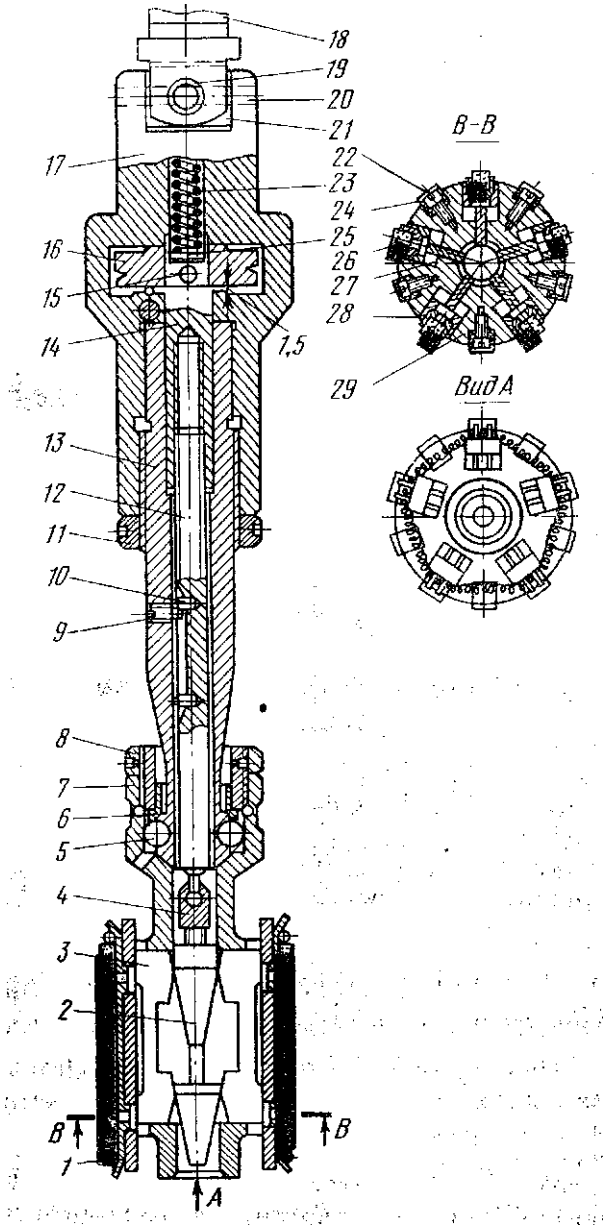


Рис. 107. Хонинговальная головка:

1, 23 — пружины; *2, 18* — конусы; *3* — сухари; *4* — серьга; *5* — шарики; *6, 14* — втулки; *7* — гайка; *8, 11* — контргайки; *9, 10* — ограничительные винты; *12* — шток; *13* — штанга; *15* — штифт; *16* — маховичок настройки; *17* — патрон; *19, 20* — оси; *21* — головка шарнирного соединения; *22* — винт; *24*—направляющая; *25* — башмак; *26*—абразивный брусок; *27*—вкладыш; *28* — кассета; *29* — корпус

поэтому в качестве доводочной операции применяют хонингование зеркала цилиндров.

Хонингование проводят на одно- и многошпиндельных хонинговальных или сверлильных станках. Для обработки зеркала цилиндра используют хонинговальную головку (хон), в пазах корпуса которой размещены сухари с кассетами (рис. 107). В кассетах закреплены бруски из карбида кремния, белого электрокорунда или алмазные бруски. Хон устанавливают в шпинделе станка, совершающего вращательное и возвратно-поступательное движения относительно неподвижной детали. Бруски специальным механизмом хона принудительно раздвигаются в радиальном направлении,постепенно увеличивая диаметр отверстия.

Хонингование ведут при обильном поступлении охлаждающей среды (эмульсии или керосина с 10—20 %-ной добавкой машинного масла), окружная скорость вращения брусков 0,75—1,2 м/с, скорость возвратно-поступательного движения 0,2—0,4 м/с. Припуск на хонингование после растачивания цилиндров 0,04 мм, после шлифования 0,01 мм. Удельное давление брусков на стенки цилиндра 0,1—0,4 МПа.

Хонингование обеспечивает 7-й квалитет и шероховатость поверхности R_a = 0,32 -т- 0,08 мкм. Зерна брусков при хонинговании образуют на зеркале сеть винтовых микроскопических рисок, что способствует удержанию масла и получению поверхности с высокими эксплуатационными свойствами.

Риски, натиры, задиры и наволакивания на зеркале гильз и блоков цилиндров. Риски образуются в результате попадания в цилиндр инородных частиц из полостей компрессора, окалины и загрязнений из трубопроводов. На зеркале цилиндров средних и крупных аммиачных компрессоров (АВ-100, АУ-200, АУУ-400 и др.) допускается до шести рисок шириной не более 0,3 мм и глубиной не более 0,2 мм или 2 риски шириной не более 1,5 мм и глубиной не более 0,4 мм.

При длине рисок менее длины хода поршня допускается более двух глубоких рисок, однако их суммарная длина не должна превышать двойной величины хода поршня. На рабочих поверхностях гильз и блоков цилиндров малых и средних хладоновых компрессоров допускаются видимые глазом риски шириной и глубиной не более 0,005 мм (следы приработки). На участке зеркала на расстоянии 50 мм от нижнего торца допускаются риски

глубиной не более 0,01 мм и три риски глубиной не более 0,1 мм.

Острые кромки рисок глубиной более 0,2 мм заглаживают полирующим валиком. Отдельные глубокие риски могут быть заплавлены баббитом. Для этого поврежденное место зеркала зачищают, протравливают 5 %-ным водным раствором плавиковой кислоты, разогревают цилиндр до 150 °С и производят лужение и пайку. Наплавленный слой баббита зачищают шабером или острой гранью старого поршневого кольца.

Натиры (местные участки матового цвета, состоящие из множества наложенных друг на друга мелких рисок) образуются в результате касания поршнем поверхности цилиндра при недостаточной смазке, при неправильной привалке[1] поршня, при смещении всасывающего клапана на поршне прямоточного компрессора.

При дальнейшей эксплуатации натир может привести к задиру. В условиях эксплуатации допускается проводить зачистку натиров мелкой шлифовальной шкуркой с последующей тщательной промывкой керосином. При появлении натиров выясняют и устраняют причину их образования.

Задиры (ряд наложенных друг на друга крупных рисок с местными вырывами металла) образуются при поломке клапанных пластин и поршневых колец, при недостаточной смазке цилиндров, при заклинивании поршня.

При наличии большого количества глубоких рисок или задиров гильзы цилиндров заменяют новыми, а блоки цилиндров перешлифовывают.

Наволакивания на зеркале гильзы, образовавшиеся вследствие расплавления пластмассовых поршневых колец, устраняют зачисткой мелкой шлифовальной шкуркой с последующей промывкой керосином.

[1] Качество привалки поршня определяется равномерностью зазоров между поршнем и цилиндром по всему периметру при перемещении поршня от ВМТ. до НМТ.

Повреждения верхних торцевых поверхностей гильз и блоков цилиндров. Дефекты (забоины, риски, заусенцы) образуются при попадании твердых частиц между притертыми поверхностями или небрежном выполнении сборочных работ. Поврежденные торцевые поверхности гильз притирают, торцевую поверхность блока цилиндров шлифуют с последующей притиркой.

Вмятины на торцевых поверхностях могут быть заплавлены баб^битом.

Поршни и поршневые пальцы

Поршни хладоновых компрессоров производительностью до 3,48 кВт изготовляют из чугуна СЧ 18-36 (НВ 170—220) или автоматной стали А12, поршни средних и крупных компрессоров — из алюминиевых сплавов АЛ 10В (НВ 85), АЛЗО и др., а также из высококачественных чугунов СЧ 21-40 или СЧ 24-44 (НВ 170—241).

На наружной поверхности поршня, а также на поверхностях канавок поршня и отверстий под поршневой палец не допускаются раковины, неметаллические включения, вмятины и другие дефекты. Наличие дефектов на этих поверхностях может привести к преждевременному выходу из строя как самого поршня, так и гильзы или поршневого пальца.

В целях увеличения срока службы гильз, поршней и поршневых пальцев овальность и конусообразность наружной цилиндрической поверхности поршня и отверстий под поршневые пальцы ограничивают.

Для предотвращения перекоса поршня в цилиндре ось отверстия для пальца должна быть перпендикулярной к оси поршня (отклонение от перпендикулярности не более 0,02 мм на 100 мм длины).

Шероховатость наружной цилиндрической поверхности поршня и отверстий под поршне" вые пальцы (рис. 108): R_a = 1,250,32 мкм, торцевых поверхностей канавок поршня R_a = = 2,5 мкм.

Поршневые пальцы изготовляют из легированных сталей 15Х, 20Х с цементацией на глубину 0,5—1,3 мм и последующей закалкой или из высокоуглеродистой стали 45 с закалкой токами высокой частоты на глубину 1,2—1,5 мм, твердость закаленного слоя HRC 56—62. Овальность и конусообразность наружной цилиндрической поверхности не более 0,34—0,5 допуска на диаметр, шероховатость /?$_a$ = 0,16 мкм.

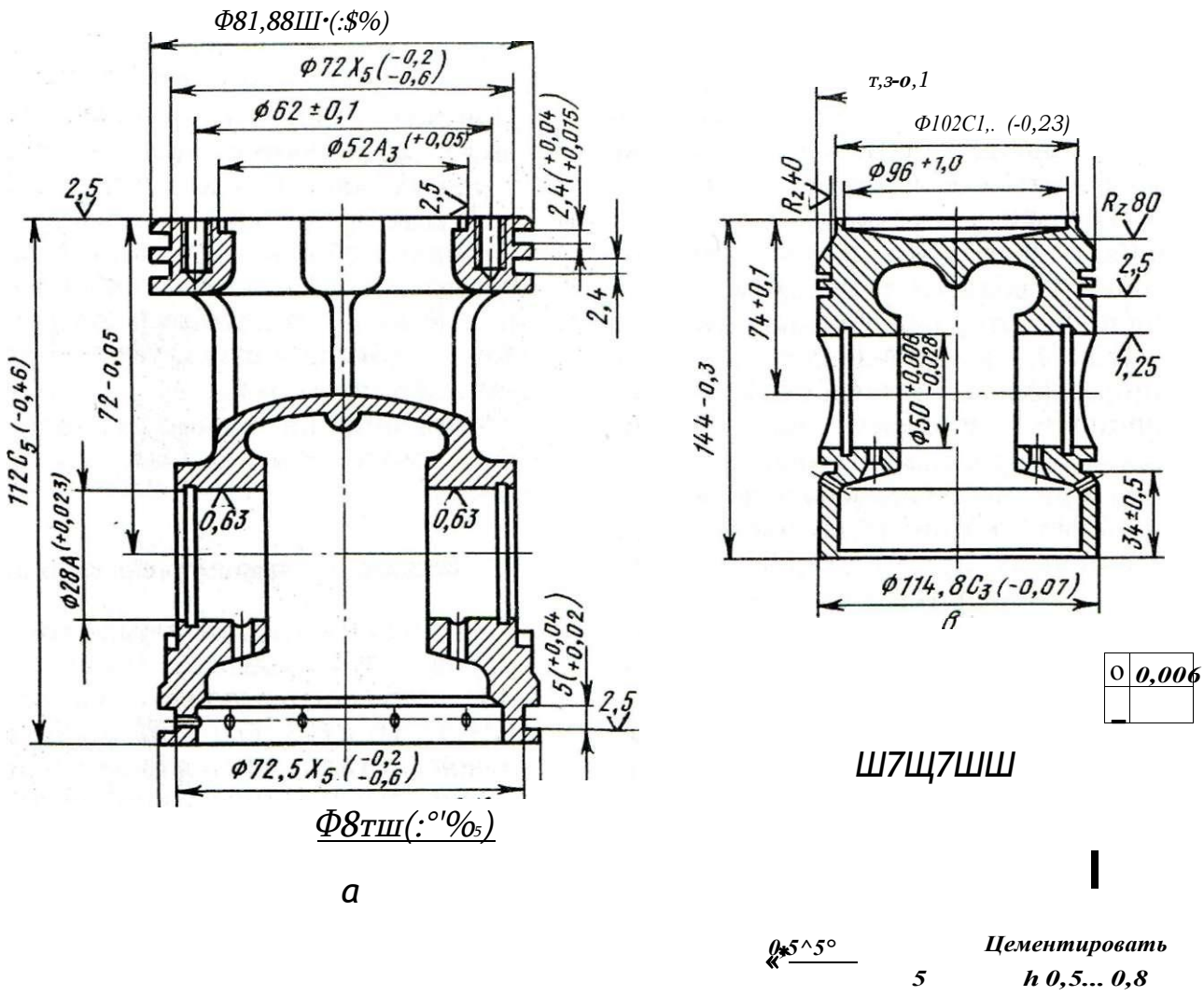


Рис. 108. Поршни и поршневой палец:
а — поршень прямоточного компрессора АУ45; *б* — поршневой палец; *в* — поршень непрямоточного компрессора ГШ 0

Нормальный износ поршня проявляется в уменьшении наружного диаметра цилиндрической поверхности и искажении ее геометрической формы; увеличении размеров канавок для поршневых колец, а также диаметра отверстий в бобышках для поршневых пальцев и искажении их формы; появлении трещин, задиров и рисок на рабочих поверхностях, выкрашиваний и трещин на вытеснителях мертвого объема у алюминиевых поршней нового ряда компрессоров.

В отдельных случаях наблюдается ускоренный (аварийный) износ поршня и цилиндра.

Ускоренный износ поршня возникает при его перекосе в цилиндре вследствие повышенной конусообразности шатунных шеек коленчатого вала и отверстий, образованных вкладышами подшипника скольжения; при неперпендикулярности оси отверстий для поршневого кольца к оси поршня. Ускоренный износ выражается в образовании значительных натиров, задиров и наволакиваний металла. Для своевременного выявления возможности ускоренного износа производят проверку привалки (центровки) поршня, измеряя зазоры между гильзой цилиндра и поршнем при положении поршня в верхней и нижней мертвых точках (рис. 109). Измерения проводят щупом при снятых поршневых кольцах. Разность зазоров, измеренных в верхней и нижней мертвых точках, не должна превышать 0,05—0,07 мм.

Уменьшение диаметра наружной цилиндрической поверхности и искажение

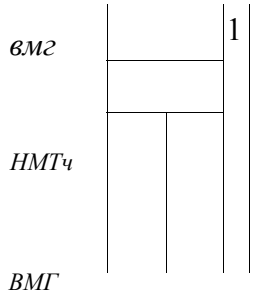


Рис. 109. Схема проверки центровки поршня

ее геометрической формы. Износ наблюдается в тронковой части поршня. Чугунные поршни теряют правильную форму, что проявляется в появлении конусообразности и овальности. Наибольший износ происходит в плоскости перпендикулярной оси коленчатого вала. Износ выявляют измерением диаметра поршня в трех параллельных сечениях по высоте и в двух плоскостях: вдоль оси вала и перпендикулярно к ней.

Сечения при измерении располагают следующим образом: на 2—5 мм выше верхнего компрессионного кольца, по оси отверстий для поршневого пальца, на 2—3 мм выше нижнего маслосъемного кольца.

Таблица 14

Показатели поршней

Ход поршня компрессора, мм	Диаметр наружной поверхности, мм		Овальность по наружному размеру, мм	
	номинальный	предельный		
45	[illegible]-0,025	39,9		—
50	67,4 = [illegible]	67,28	—	—
70(R12)	101,6[illegible]	101,4	—	—
70(R22, R717)	81,88=8;,'?	81,5	0,04	0,08
130	150-"o',',	—	0,04	0,08
82	114,3_o.i	114,0	—	—

Таблица 15

Ход поршня компрессора. мм	Зазор в сопряжении поршень — гильза (блок) цилиндра. мм	
	начальный	S o-
45	0,035—0,051	0,20
50	0,05—0,13	0,35
70(R12)	0,04—0,155	0,4
70(R22, R717)	0,12—0,21	0,4
130	0,15-—0,25 (чугунный поршень)	0,7
	0,38-—0,495 (алюминиевый поршень)	0,9
66	0,112—0,162	0,4
82	0,2—0,3	0,8

[1] При зазоре, меньшем минимальной величины, возможно заклинивание поршня в цилиндре, приводящее к обрыву шатунных болтов, изгибу вала и шатуна.

Износ наружной цилиндрической поверхности поршня допускается в пределах 0,15—0,3 мм на 100 мм его диаметра (табл. 14).

Уменьшение диаметра наружной поверхности поршня при одновременном увеличении внутреннего диаметра цилиндра вследствие износа обеих деталей приводит к увеличению зазора между поршнем и цилиндром. В случае превышения предельно допустимой величины зазора в цилиндре компрессора появляется стук, резко повышается температура нагнетания. В условиях эксплуатации зазор между поршнем и цилиндром не должен превышать 2—3-кратную величину максимального первоначального зазора (табл. 15).

Изношенные поршни бракуют или обрабатывают под меньший ремонтный размер.

Увеличение размеров канавок для поршневых колец. Износ канавок происходит в основном по нижним торцевым поверхностям (рис. 110, а). Причины износа — высокие удельные давления колец на нижние торцевые поверхности канавок, ухудшение усло-

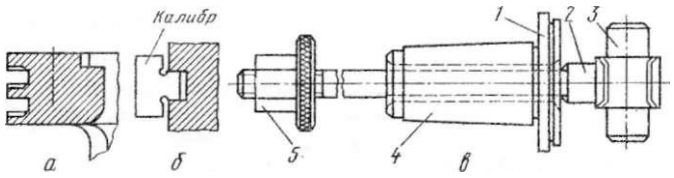


Рис. 110. Проверка выработки поршневых канавок и приспособление для ремонта:

а — характер выработки поршневых канавок; *б* — калибр для измерения высоты канавок; *в* — приспособление для закрепления поршня при обработке на токарном станке: / — диск с центрующим выступом; 2 — тяга; *3* — палец; *4* — хвостовик для закрепления в патроне; *5* — гайка

вий смазки при повышенных температурах в конце сжатия.

Наибольшему износу подвергается верхняя канавка поршня. Износ выявляют измерением высоты канавок калибром Пр и Не (рис. 110,6). Каждую канавку измеряют в четырех местах: два измерения в плоскости, проходящей через ось поршневого пальца, и два в плоскости, перпендикулярной этой оси. Увеличение высоты канавок при одновременном уменьшении высоты поршневых колец из-за износа приводит к увеличению осевого зазора в сопряжении канавка поршня — поршневое кольцо, вследствие чего наблюдаются повышенный унос масла и интенсивный износ канавок из-за перемещения (прокручивания) колец '.

Зазор в • сопряжении канавка поршня — поршневое кольцо в условиях эксплуатации не должен увеличиваться более чем в 1,5—2 раза по отношению к максимальной величине начального зазора. Предельные размеры канавок (по высоте) и предельные величины зазоров в сопряжении канавка поршня — поршневое кольцо приведены в табл. 16.

Поршни с изношенными канавками бракуют. При наличии поршневых колец ремонтного размера к шавки протачивают под ремонтный размер. Допускается только однократное протачивание канавок, так как при этом уменьшается толщина перемычек между ними. Ремонтную обработку поршней производят на токарно-винторезных станках с использованием приспособления (рис. 110, *в).* Торец юбки поршня устанавливают на центрующий выступ диска приспособления, в отверстия серьги тяги и поршня закладывают палец, затем заворачивают гайку крепления поршня.

Увеличение диаметра отверстий в бобышках поршня и искажение их геометрической формы. Отверстия в бобышках одновременно с увеличением диаметра приобретают овальную форму, при этом зазор в сопряжении поршневой палец — отверстие под палец увеличивается.

Износ отверстий под палец вызывает характерный стук в компрессоре. Износ выявляют измерением отверстий в бобышках поршня в средней части их опорной поверхности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях: вертикальной и горизонтальной. Предельные размеры отверстий в бобышках, предельные величины овальности и зазоров в сопряжении поршневой палец — бобышка поршня приведены в табл. 17.

Поршни с износом отверстий, превышающим указанные пределы, бракуют. Алюминиевые поршни, армированные втулками, восстанавливают. Для этого из поршня с помощью ручного или пневматического пресса выпрессовывают изношенную втулку. Затем в отверстие запрессовывают новую втулку и развертывают ее для восстановления номинального диаметра.

Изношенные отверстия могут быть также обработаны под ремонтный размер (при наличии пальцев ремонтного размера).

Ремонт осуществляют тонким растачиванием отверстий на токарно-винторезных или специальных расточных станках с помощью приспособления, в котором поршень базируется по торцу юбки и наружной цилиндрической поверхности. Допускается развертывание отвер-

Конструкция пластмассовых колец предусматривает специальный литьевой зуб для предотвращения проворачивания кольца в канавке.

Таблица 1(

Ход поршня компрессора, мм	Показатели					
	Высота канавки для поршневого кольца, мм		Осевой зазор между кольцом и канавкой поршня, мм			
			начальный	предельный	начальный	предельный
	номинальная	предельная	Компрессионное кольцо		Маслосъемное кольцо	
45	$^{2\,1\,5}$+o.o2	2,56	0,033—0,071 (верхнее) 0,019—0,057 (нижнее)	0,15	0,022—0,069	0,12
50	2 + 0,02	3,06	0,033—0,071 (верхнее) CX019—0,057 (нижнее)	0,15	0.022-0,069	0,12
70(R12)	2 + 0,02 (компрессионное кольцо)	3,1	0,035—0,072	0,15	0,035—0,08	0,12
	5 + 0.02 (маслосъемное кольцо)	5,1	—	—	—	—
70(R22, R717)	2Д + O.02 (компрессионное кольцо)	2,5	0,015—0,052	0,10	0,035—0,08	0,15
	C+0,04 O +0,02 (маслосъемное кольцо)	5,1	—	—	—	—
130	4 + 0,025	4,1	0,025—0,07	0,12	0,035-0,08	0,12
66	o o+o.oэ Z,Z +0,05 (компрессионное кольцо) 4,11 +0,052 (маслосъемное кольцо)		0,065 -0,117	0,15	0,028- 0,074	0,15
82	9+0,12 ***O*** +0.05 (компрессионное кольцо)	3,3	0,20—0,37	0,5	0,17—0,31	0,4
	C+ 0,09 O +0,02 (маслосъемное кольцо)	6,2	—	—		—

Таблица 17

Ход поршня компрессора, мм	Показатели					
	Диаметр отверстия под палец, мм		Овальность отверстия под палец, мм		Зазор в сопряжении поршневой палец — бобышка поршня, мм	
\	номинальный	предельный	начальная	предельная	начальный	предельный
45	j 2+ o.o1 э	12,027	—	—	—	—
50	20 + 0.023	20,033	0,01	0,03	Натяг 0,005	0,075
70{R12)	2g—o.oo6	28,07	0,0025	0,03	Натяг 0—0,01	0,08
70(R22, R717)	2_{8}+o,o23	28,08	0,005	0,06	0,02-0,034	0,1
130 (чугунный поршень)	$_{4\,5\,)\,0}$ + 0,027	—	0,015	0,08	0—0,044	0,15
130 (алюминиевый поршень)		—	0,015	—	Натяг	—
66	32 — 0.14	—	0,004	0,03	Натяг 0,001 0,009	0,08
82	СП+ 0.06 OU - 0.028	50,03	—	—	Натяг	0,05

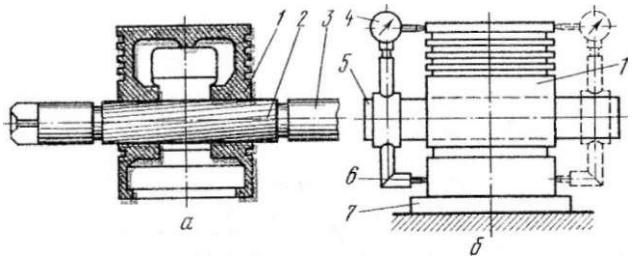


Рис. 111. Инструмент и приспособление для ремонта отверстий в бобышках поршня:

а — инструмент для развертывания отверстий в бобышках поршня; *б* — приспособление для проверки перпендикулярности осей отверстий под поршневой палец к образующей поршня: *1* — поршень; *2*— развертка; *3* — головка винта настройки развертки на размер; *4* -- индикатор; 5 — оправка; *6* — упор; 7 — плита

стий развертками специальных конструкций (раздвижных, нераздвижных). Оба отверстия должны быть обработаны одновременно для обеспечения их соосности. По окончании ремонтной обработки обязательна проверка перпендикулярности оси отверстий в бобышках к образующей поршня (рис. 111).

Трещины, задиры, риски, выкрашивания и трещины на вытеснителях. Поршни с задирами и трещинами заменяют новыми. Риски, натиры и забоины зачищают шлифовальной шкуркой с последующей промывкой растворителем.

При наличии выкрашиваний и трещин на вытеснителях поршней нового ряда компрессоров места дефектов зачищают или срезают вытеснитель. Удаление вытеснителя приводит к увеличению объемного мертвого пространства и уменьшению холодопроизводительности компрессора, поэтому при среднем или капитальном ремонте поршень со срезанным вытеснителем заменяют. Забоины и риски на днище поршня, образовавшиеся вследствие его повреждения частицами сломанных пластин клапанов, не влияют на работу компрессора, если у поршня не изменился диаметр и отсутствует деформация поршневых канавок.

У поршней прямоточных компрессоров дополнительно обращают внимание на состояние резьбовых отверстий для крепления всасывающего клапана. Срыв резьбы в отверстиях не допускается.

Износ поршневых пальцев выражается в уменьшении их диаметра, искажении геометрической формы, изменении параметров шероховатости поверхности; появлении рисок и осповидных разрушений, выкрашиваний цементированного слоя, сколов и трещин.

Допускается уменьшение диаметра пальцев для компрессоров с ходом поршня 70 мм (R12) — до 27,98 мм, 70 мм (R22, R717) — до 27,96 мм, 82 мм — до 49,98 мм (в сопряжении палец поршня — отверстие под палец) .

Предельная величина овальности и конусообразности наружной поверхности пальцев для компрессоров с ходом поршня 50 мм составляет 0,015 мм; 70 мм (R12) — 0,02 мм, 70 мм (R22, R717) — 0,015 мм; 130 мм — 0,02 мм; 66.мм — 0,015 мм.

Дефекты выявляют наружным осмотром и измерением диаметра пальца в двух плоскостях (горизонтальной и вертикальной) и четырех сечениях по длине, из которых два сечения в месте расположения втулки верхней головки шатуна[1] и по одному сечению в местах расположения бобышек поршня.

Изношенные поршневые пальцы бракуют или восстанавливают. Номинальный размер пальцев может быть восстановлен хромированием или раздачей. Для восстановления правильной формы пальцы перед хромированием шлифуют. Толщина осадка хрома на сторону не должна превышать 0,1—0,15 мм, припуск на последующее шлифование — 0,015—0,025 мм. После нагрева и раздачи пальцы нормализуют, протачивают с припуском 0,2—0,4 мм, цементируют, закаливают и шлифуют под номинальный размер.

Некоторые специализированные производственные комбинаты по ре-

[1] В месте расположения втулки верхней головки шатуна предельный размер пальца обычно меньше, чем в месте расположения бобышек.

монту холодильного оборудования изготовляют поршневые пальцы ремонтных размеров для отдельных марок компрессоров.

Поршневые кольца

Поршневые кольца (рис. 112) наружным диаметром до 200 мм изготовляют из перлитного чугуна СЧ 24-44 или специальных износостойких чугунов, легированных хромом, никелем или молибденом, а также из композиционных материалов ТНК-2-Г5 (на основе капрона) и Ф40С8Г4 (на основе фторопласта). Твердость чугунных поршневых колец (диаметром до 200 мм) на 5—10 единиц НВ ниже твердости гильз цилиндров. Твердость неметаллических колец по Бринелю составляет 75—90 МПа. Применение неметаллических колец вместо чугунных снижает затраты на изготовление и стоимость колец, повышает износостойкость пары трения гильза цилиндра — поршневое кольцо в 2—5 раз.

Удельное давление поршневых колец на зеркало цилиндра является важным показателем качества их работы. Недостаточное давление не обеспечивает необходимого уплотнения между поршнем и цилиндром, из-за чего повышается унос масла в нагнетательную полость; чрезмерное давление приводит к интенсивному износу кольца и зеркала цилиндра, повышает расход энергии на преодоление сил трения.

Давление, создаваемое за счет собственной упругости кольца, является составной частью общего давления кольца на зеркало цилиндра. Опти-

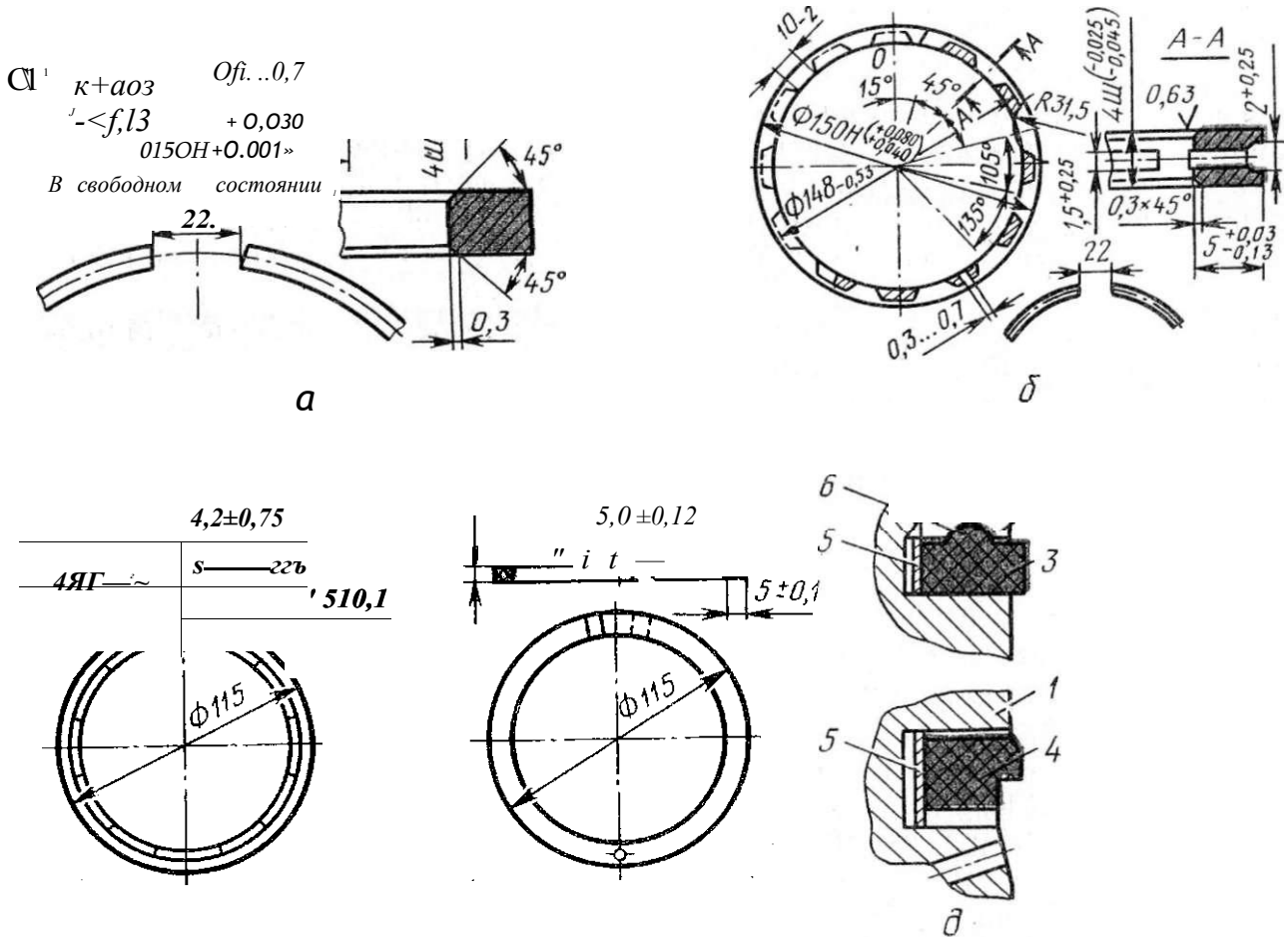


Рис. 112. Поршневые кольца:

а — "компрессионное компрессора АУ200; б—маслосъемное компрессора АУ200: ***в***— маслосъемное компрессора П110; *г*—компрессионное компрессора П110; *д*—установка неметаллических поршневых колец: / — поршень; ***2***—выемка в канавке; ***3***— компрессионное кольцо; ***4***— маслосъемное кольцо; 5 — экспандер; *6* — литьевой «зуб»

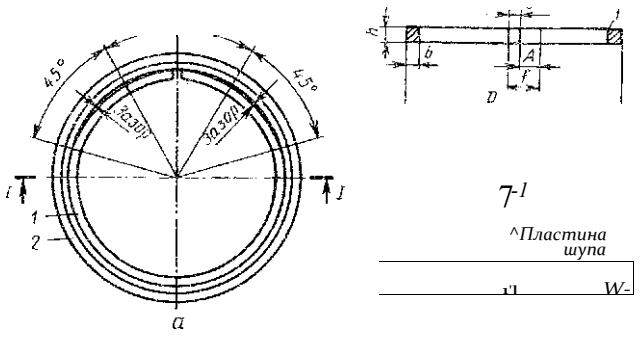


Рис. 113. Проверка поршневых колец:

а — схема измерения радиального зазора между поршневым кольцом и калибром; б — схема измерения зазоров в замке поршневого кольца; *в* — схема измерения теплового зазора кольца в калибре

мальная величина давления чугунных колец на зеркало цилиндра за счет упругости материала ($р_к$) находится в следующих пределах: для цилиндров диаметром 40—100 мм 0,137—0,108 МПа, для цилиндров диаметром 100—300 мм 0,137 0,05 МПа. Модуль упругости материалов неметаллических колец значительно меньше модуля упругости чугуна, поэтому для создания необходимого давления используется полосовой волнистый экспандер, устанавливаемый в поршневой канавке за кольцом. Жесткость экспандеров должна обеспечивать давление на зеркало цилиндра 0,03 МПа для компрессионных и 0,05 МПа для маслосъемных колец.

Давление чугунных поршневых колец на зеркало цилиндра от сил упругости не должно превышать 0,15—0,2 МПа.

Наружная поверхность кольца, заведенного в цилиндр, должна иметь цилиндрическую форму и плотно прилегать к зеркалу цилиндра. Между новым чугунным кольцом и калибром (цилиндром в его неизношенной части) допускается радиальный зазор не более чем на двух участках на дугах 45°, но не ближе 30° от замка (рис. 113,а). Радиальный зазор (просвет) не должен превышать 0,03 мм.

Торцевые поверхности чугунных колец должны быть параллельны между собой и не иметь коробления. Отклонение от параллельности торцевых плоскостей допускается в пределах допуска на высоту кольца. Коробление колец в свободном состоянии не должно превышать 0,05 мм.

Шероховатость наружных цилиндрических поверхностей чугунных колец R_a — 2,51,25 мкм, торцевых поверхностей $R_a = 0{,}63$ мкм. При шероховатости $R_a = 2{,}b$ мкм наружная цилиндрическая поверхность колец быстро прирабатывается к зеркалу цилиндра, местные зазоры между ними ликвидируются.

На рабочих поверхностях колец не допускаются раковины и забоины. Наружные кромки колец должны быть острыми, но без заусенцев. Допускается удаление заусенцев путем снятия фасок или закругления кромок радиусом не более 0,1 мм. При больших фасках или закруглениях образуется масляный клин, отжимающий кольцо от зеркала цилиндра. Для предотвращения защемления колец в канавках поршня с внутренних кромок также снимают фаски или их закругляют.

Зазор в замке у нового чугунного кольца при установке его в калибр должен составлять 0,004—0,005 диаметра цилиндра.

Дефектация поршневых колец. В процессе эксплуатации кольца теряют упругость, изнашиваются по высоте и толщине, зазор в замке у колец увеличивается. Неметаллические кольца вследствие воздействия повышенных температур нагнетания приобретают хрупкость или расплавляются.

Упругость чугунных поршневых колец определяют путем расчета или с помощью специальных приспособлений (приборов). Давление, с которым кольцо прижимается к зеркалу цилиндра под действием сил упругости, определяют по формуле

$$p = AE/7№D\{D/b—\backslash f,$$

где ***А*** — величина деформации кольца (***А*** = —***f*** — с); ***f*** — зазор в замке кольца при свободном состоянии; ***с*** — зазор в замке кольца при рабочем состоянии (рис. 113,6);

t — модуль упругости чугуна [£=(1.U— — 1,2)10 МПа]; ***D*** — диаметр кольца в рабочем состоянии, равный диаметру цилиндра; ***b*** — толщина кольца.

Кольцо при проверке упругости с помощью прибора (рис. 114) устанавливают так, чтобы оно располагалось в вертикальной плоскости, а замок находился на высоте центра окружности кольца. Изменяя нагрузку, сжимают кольцо до тех пор, пока зазор в замке не станет равным начальному. Поршневое кольцо находится в удовлетворительном состоянии, если усилие, при котором зазор в замке становится равным начальному, не выходит из пределов, указанных в технических условиях (табл. 18).

Износ по высоте и толщине определяют измерением кольца не менее чем в трех местах, из которых два располагаются на расстоянии 10—20 мм по обе стороны замка и одно — на стороне, противоположной замку. При измерении

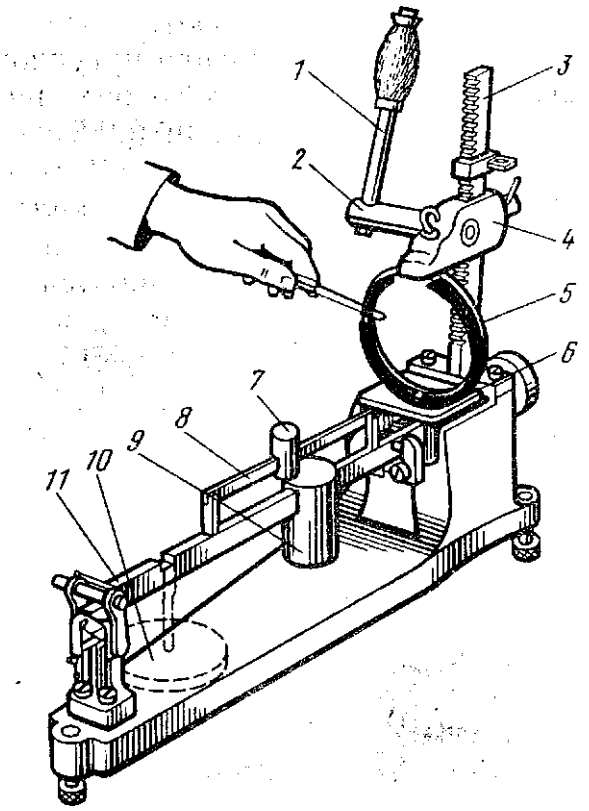


Рис. 114. Прибор для проверки упругости поршневых колец и пружин:

/ — рукоятка; *2* — валик с шестерней; *3* — зубчатая рейка; *4* — ползун; 5 — поршневое кольцо; *6* — стол весового механизма; *7,9* — передвижные грузы; *8, 11* — рычаги; *10*— подвесной груз (ставится при проверке пружин)

Ход поршня компрессора, мм	Показатели			
	Зазор в замке при рабочем состоянии кольца, *чч*		Упругость колец мри испытании в приборе, Н	
	начальный	*Si* ~ ™	компрессионных	маслосъемных
45	0 1.....-0.2	0,8	14,7	—
50	0,2—0.4	2,5	*12,Ь* 10,8— 12,7	10,8— - 12,7
70(R!2)	0,15— - 0,45	2.0		—
70(R717, R22)	0,15- —0,45	2,0	18,7 - -26,5	17,6— —25 5
130	0,6—0.9	3.0	51 -80	34—52
66	0,4 - 0.7	3.(1		

пользуются калибрами (Пр и Не) или универсальным измерительным инструментом. Изношенные по высоте кольца бракуют, так как в процессе работы они будут перемещаться и истирать канавки поршня.

Уменьшение толщины кольца сопровождается потерей его упругости. Допускается уменьшение радиальной толщины кольца (в наиболее изношенном месте) в пределах 10—20 % начального размера. При этом упругость кольца должна находиться в допускаемых пределах, а зазор в замке не должен превышать предельной величины.

Увеличение зазора в замке происходит по мере потери кольцом упругости. Зазор в замке при рабочем состоянии кольца (тепловой зазор) измеряют щупом". Кольцо устанавливают в кольцевой калибр [1] или неизношенную часть цилиндра (5—10 мм от верхнего торца).

Перед измерением зазора кольцо выравнивают таким образом, чтобы оно располагалось строго перпендикулярно к оси калибра или цилиндра.

[1] Внутренний диаметр кольцевого калибра равен номинальному диаметру цилиндра, шероховатость сопрягаемой с кольцом поверхности R_a = 0,32-=-0,16 мкм.

Кольцо подлежит замене при увеличении теплового зазора в 3—4 раза по отношению к максимальной величине начального зазора.

Аварийный износ неметаллических поршневых колец происходит при температуре нагнетания компрессора, превышающей допустимую. Повышение температуры нагнетания сверх допустимой, сопровождающееся значительным повышением температуры стенок гильз цилиндров, наблюдается при поломках пластин нагнетательного клапана или неудовлетворительной работе клапанной группы. Воздействие повышенных температур приводит к ускоренному старению материала колец и повышению их хрупкости или к расплавлению и размазыванию колец по стенкам гильз. При малых ремонтах, а также при неисправностях, приведших к значительному повышению температуры стенок гильз, производят проверку хрупкости колец.

Кольцо из композиционного материала ТНК-2-Г5 считают пригодным к дальнейшей работе, если оно не ломается при разводке замка от 100 до 150 мм.

Максимальные рабочие температуры для колец из композиционных материалов: ТНК-2-Г5— 140 °С, Ф40С8Г4 — 200 °С. Повышение температуры стенок гильз до температуры, близкой к этим пределам, приводит к расплавлению неметаллических колец.

Аварийный износ неметаллических колец предупреждают своевременной заменой пластин клапанов в соответствии с графиком ППР, недопущением работы компрессора влажным ходом, профилактических осмотров и ремонтов клапанных групп.

Замена поршневых колец. Своевременная замена изношенных поршневых колец позволяет предупредить снижение производительности компрессора, увеличение удельных затрат энергии на выработку холода, повышение температурного уровня работы, увеличение расхода смазочного масла,.

Для предохранения колец от поломки при их снятии с поршня используют специальные клещи или тонкие металлические пластины шириной 4—6 мм, которые заводят между кольцом и телом поршня (рис. 115,а, б). Разжатое и выдвинутое из канавок кольцо сдвигают по пластинам в удобном для снятия направлении. После дефектации кольца с незначительным износом устанавливают только в те канавки, из которых они были вынуты. Для выполнения этого условия кольца маркируют с помощью бирок.

При установке новых чугунных колец взамен изношенных производят следующие проверки.

Коробление колец проверяют с помощью щелевого калибра (рис. 115,в) или щупом на контрольной плите. Основными частями щелевого калибра являются две полированные прямоугольные пластины, закрепленные между собой на таком расстоянии, при котором годные кольца проходят через щель под действием собственного веса, а кольца, имеющие величину коробления выше допустимой, застревают. При проверке на контрольной плите кольцо укладывают на нее и нагружают равномерно распределенным грузом (4—5 кольцами того же размера), затем измеряют зазор между кольцом и плитой.

Плотность прилегания колец к

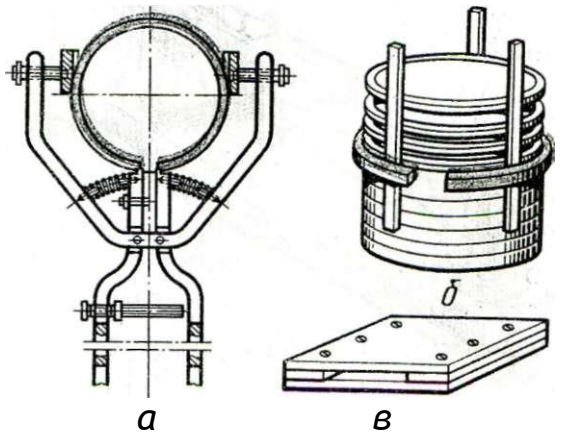


Рис. 115. Приспособления для замены и проверки поршневых колец:
а — клещи для снятия и установки колец; *б* — пластины для снятия и установки колец; *в* — щелевой калибр

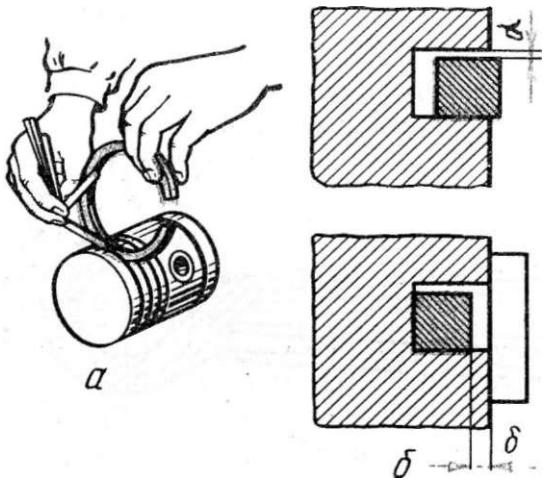


Рис. 116. Проверка зазоров в сопряжении поршневое кольцо — канавка поршня:

а — проверка величины осевого зазора в сопряжении; б — осевой *а* и радиальной б зазоры в сопряжении

стенкам цилиндра проверяют с помощью кольцевого калибра или непосредственно в гильзе цилиндра. Кольцо, установленное в калибр или гильзу, прикрывают сверху плотной крышкой, а снизу освещают переносным светильником. В местах просветов зазор проверяют пластиной шупа 0,04 мм, которая у годного кольца не должна проходить в этот зазор.

Тепловой зазор в замке и осевой зазор в сопряжении кольцо— канавка поршня проверяют при помощи щупа. В случае необходимости тепловой зазор увеличивают опиловкой губок кольца надфилем или плоским шлифным напильником.

Осевой зазор *а* (рис. 116) обеспечивает свободное перемещение кольца в канавке поршня при его тепловом расширении во время работы и должен быть равномерным по всему периметру канавки. При недостаточном зазоре [1] *а* кольцо подгоняют к канавке, уменьшая его высоту. Для этого торцы кольца притирают на плите пастой ГОИ.

Перед установкой на поршень проверяют отсутствие заусенцев на наружных кромках и притупление внутренних кромок кольца. Установку кольца на поршень осуществляют при помощи тех же приспособлений, что и при их съемке. Установленное кольцо при повороте поршня должно погружаться в канавку под действием собственного веса.

Радиальный зазор б должен составлять 0,5—1 мм. Отсутствие радиального зазора у кольца,утопленного в канавку, может привести к задиру зеркала цилиндра кромкой кольца.

Неметаллические кольца при установке и снятии не требуют применения специального инструмента. Сначала в канавку устанавливают экспандер, затем кольцо (см. рис. 112, *д*). После установки компрессионных колец их поворачивают таким образом, чтобы литьевой зуб попал в выемку в канавке поршня.

Шатуны, шатунные болты

Штампованные заготовки шатунов средних и крупных компрессоров изготовляют из конструкционных углеродистых сталей марок 40 или 45, шатуны малых компрессоров в связи с малыми удельными нагрузками изготовляют литыми из высокопрочного чугуна, бронзы и алюминиевых сплавов. Заготовки стальных шатунов до механической обработки подвергают нормализации.

На заготовках не допускается наличия пороков металла (раковин, следов усадочной рыхлости, неметаллических включений и т. п.), а также наличия окалины. Твердость заготовок после термообработки НВ 217—269.

Оси отверстий верхней и нижней головок шатуна должны быть параллельны между собой, перпендикулярны продольной оси шатуна и находиться в одной плоскости. Отклонение от параллельности осей головок (изгиб) не должно превышать 0,02—0,03 мм на 100 мм длины. Отклонение от общей плоскости (скручивание) осей отверстий головок не более 0,06 мм на 100 мм длины. Повышенные величины изгиба и скручивания могут привести к перекосу поршня, а также к постепенному смещению втулки верхней головки шатуна и вкладышей.

Оси отверстий под шатунные болты должны быть параллельны между собой и продольной оси шатуна. Отклонение от

[1] При зазоре а, меньшем минимальной величины начального зазора, может произойти заклинивание кольца в канавке поршня.

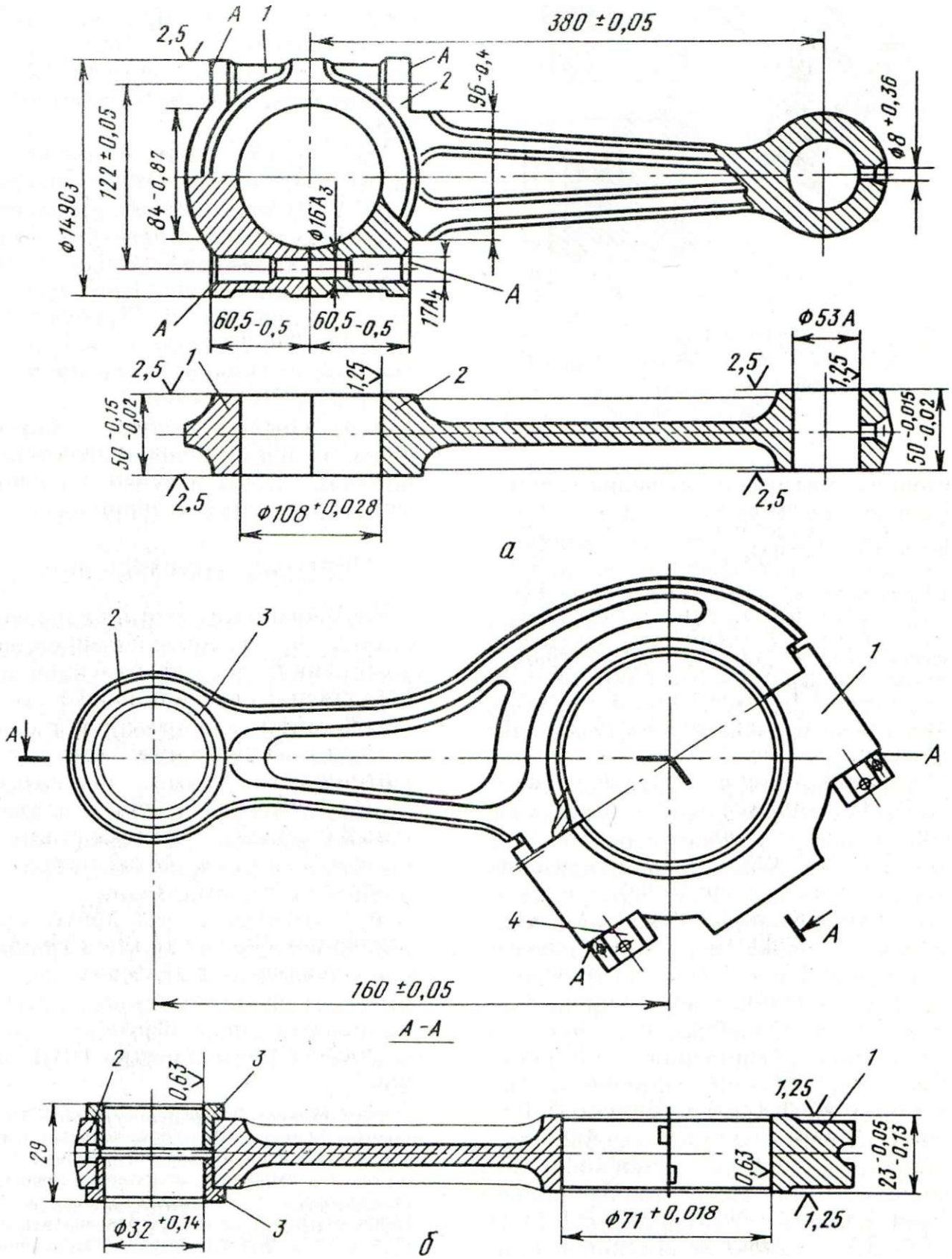


Рис. 1 17. Шатуны:

а - компрессора АУ200; б компрессора П40: / крышка; *2* -- тело шатуна; *3* — втулка верхней грлбвй'й шатуна; *4* — шатунный болт

параллельности осей отверстии под шатунные болты не более 0,02 мм на 100 мм длины. Повышенное поле допуска приводит к образованию усилий, направленных перпендикулярно продольной оси шатуна и вызывающих перекос шатуна и сопряженных с ним деталей. Подобные усилия возникают также при отклонении от перпендикулярности плоскостей . разъема тела шатуна и крышки по отношению к продольной оси шатуна.

Строгая перпендикулярность к осям отверстий под шатунные болты опорных поверхностей шатуна и его крышки под головки и гайки болтов (рис. 117 плоскости ***А)*** обеспечивает нормальную работу шатунных болтов. Несоблюдение этого условия может привести к обрыву головки болта от стержня.

Овальность и конусообразность отверстий в головках шатуна под втулку и вкладыши строго ограничивается (например, у компрессоров с ходом поршня 66 мм овальность и конусообразность отверстия нижней головки шатуна допускается не более 0,009 мм). Повышенные значения овальности и конусообразности отверстий в головках шатуна изменяют характер посадки вкладышей (втулки) и вызывают неплотное прилегание вкладышей к нижней головке, при этом ухудшается отвод теплоты от вкладышей.

Шероховатость поверхности отверстия нижней головки шатуна $/?_a = 0{,}63$ мкм, плоскости разъема $/?_a = 2{,}5$ мкм, опорных поверхностей под головки (гайки) шатунных болтов $R_a = 20$ мкм.

Шатунные болты средних и крупных компрессоров (рис. 118) изготовляют из высококачественных сталей 40ХН2МА или 38ХА, малых компрессоров — из конструкционной стали 45 или 40Х. Материал гаек шатунных болтов — сталь 35Х или 35. Болты подвергают закалке с последующим отпуском, твердость болтов НВ 255—327.

На стержне болта и резьбе не допускаются забоины, задиры, заусенцы, закаты, волосовины и трещины.

В целях повышения усталостной прочности переходы от головки к стержню и от стержня к резьбе выполняют тщательно, без подрезов и рисок, с радиусом закругления 1 — 2 мм.

Шероховатость поверхностей стержня болта и переходов (галтелей) $/?_a$=1,25 мкм, торцевой поверхности головки болта со стороны стержня $R? = 20$ мкм.

Дефектация и ремонт шатунов. Основными дефектами шатунов

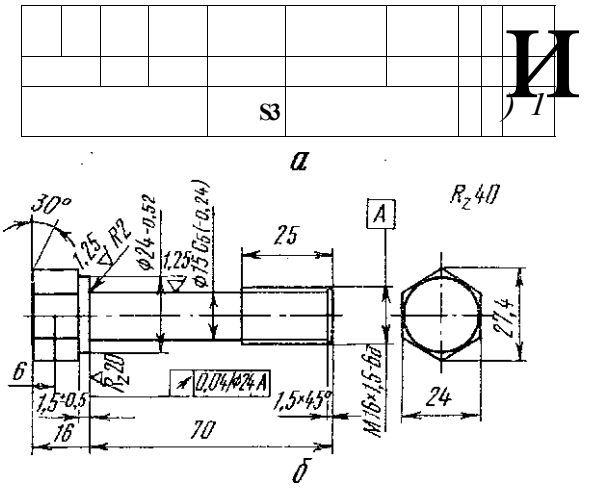


Рис. 118. Шатунные болты: *а*—компрессора АУ200; *б*—компрессора П110

являются трещины, изгиб и скручивание тела шатуна, износ отверстий в головах шатуна под втулку и вкладыши, повреждения плоскостей разъема шатуна и опорных поверхностей под головки и гайки шатунных болтов, дефекты резьбовых отверстий в теле шатуна, износ втулок верхних головок и баббитовой заливки нижних головок шатуна.

Трещины, изгиб и скручивание тела шатуна являются результатом длительной работы при повышенных нагрузках, а также аварийной перегрузки компрессоров. Наличие трещин выявляют капиллярными методами дефектоскопии, шатуны с трещинами бракуют.

Изгиб и скручивание тела шатуна проверяют с помощью специальных приспособлений (рис. 119,а, б). Одно из таких приспособлений состоит из вертикальной контрольной плиты с закрепленной на ней оправкой. Нижнюю головку шатуна надевают на оправку, а в верхнюю головку устанавливают срезной палец или специальную цанговую оправку. На точно обработанную цилиндрическую поверхность пальца (цанговой оправки) устанавливают призматический калибр с тремя штифтами и перемещают его до упора штифтов в плиту. При отсутствии изгиба и скручивания все штифты соприкасаются с плитой. Возможные зазоры, определяющие наличие изгиба или скручивания, контролируют

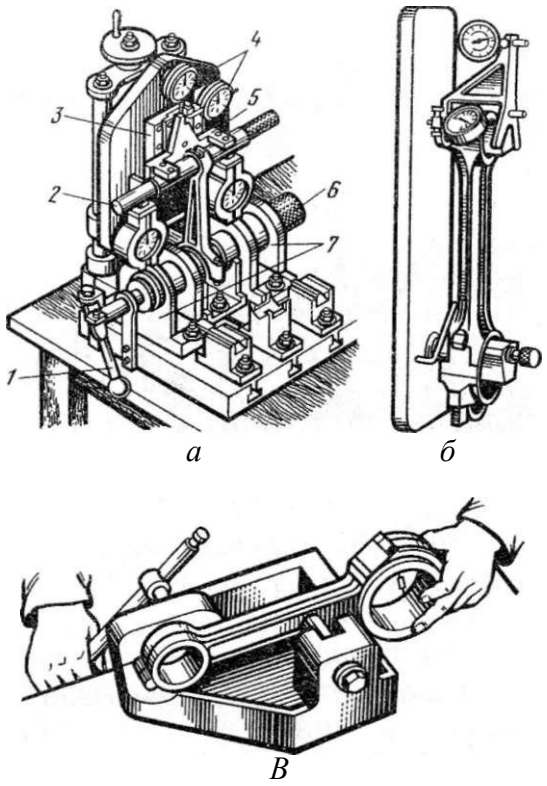


Рис. 119. Приспособления для проверки и правки шатуна:

а — приспособление для проверки изгиба, скручивания и межцентрового расстояния шатуна; / — рукоятка для вынимания контрольного валика; 2, *б* — контрольные валики; *3* — направляющие ползуна; *4* — индикаторы; 5 — коромысло; 7 — стойки; б — приспособление для проверки изгиба и скручивания шатуна; *в* — приспособление для правки погнутых шатунов;

щупом. Вместо калибра со штифтами может быть использован призматический калибр с индикаторами (рис. 119,6). Изгиб до 0,06 мм и скручивание до 0,1 мм на 100 мм длины могут быть устранены правкой.

Правку погнутого шатуна производят на гидравлическом прессе или вручную с помощью приспособления (рис. 119, б), скручивание устраняют с помощью рычагов.

Перед правкой стержень стального шатуна разогревают до 450 °С. При величинах изгиба и скручивания, превышающих указанные, шатуны бракуют.

Износ отверстий в головках шатуна под втулку и вкладыши возникает вследствие недостаточного первоначального натяга в сопряжениях. Износ характеризуется увеличением диаметра отверстий и искажением их геометрической формы. При этом втулки и вкладыши проворачиваются в головках, что приводит к ускоренному износу сопрягаемых поверхностей. Кроме указанных дефектов на сопрягаемых с вкладышами (втулками) поверхностях головок появляются риски и задиры. Износ отверстий в головках шатуна выявляют измерением диаметров отверстий индикаторным нутромером. Шатуны с изношенными отверстиями головок бракуют или восстанавливают.

Отверстия верхних головок шатунов растачивают или развертывают, после чего в них запрессовывают новые втулки с увеличенным наружным диаметром. Изношенные отверстия нижних головок шатунов восстанавливают фрезерованием плоскости разъема тела шатуна на глубину до 0,3 мм с последующим растачиванием отверстия до номинального размера. После фрезерования на плите с помощью индикатора проверяют параллельность плоскости разъема тела шатуна к образующей отверстия.

Повреждения плоскостей разъема нижней головки шатуна и опорных поверхностей под головки и гайки шатунных болтов выражаются в появлении на плоскостях (опорных поверхностях) неровностей и забоин, которые устраняют припиливанием и шабровкой. Прилегание головки и гайки шатунного болта к опорным поверхностям проверяют на краску или щупом. Пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить между опорной поверхностью шатуна (крышки) и торцевой поверхностью головки болта или гайки. При проверке на краску равномерное прилегание должно быть достигнуто не менее чем на 50 % площади сопрягаемых поверхностей.

Дефекты резьбы отверстий в теле шатуна выявляют при помощи метрических пробок. Шатуны с изношенной или сорванной резьбой бракуют. Дефектация и

ремонт изношенных втулок верхних головок и баббитовой заливки нижних головок шатуна рассмотрены ниже.

Дефектация шатунных болтов. Обрыв шатунных болтов, как правило, приводит к аварии. Основная причина обрыва болтов — усталость металла в результате действия переменных нагрузок при работе компрессора. Факторами, оказывающими влияние на усталость металла болтов, являются: повышенные величины зазоров в шатунных подшипниках, чрезмерная овальность шеек коленчатого вала, чрезмерная или недостаточная затяжка гаек шатунных болтов, неправильное прилегание гаек или головок болтов к опорным поверхностям, разрушение антифрикционного слоя подшипников, неплотная посадка болта в отверстии, механические повреждения болта или гайки, заклинивание поршней.

У шатунных болтов могут быть обнаружены следующие дефекты: усталостные трещины, удлинение болтов, механические повреждения поверхности стержня, а также резьб болта и гайки.

Усталостные трещины выявляют магнитно-порошковым или капиллярным методами дефектоскопии. Для предварительного осмотра используют лупу 5-кратного увеличения. Шатунные болты при наличии даже незначительных микротрещин бракуют.

Удлинение шатунных болтов определяют, измеряя их длину микрометром. При наличии у шатунного болта центровых отверстий рекомендуется проводить измерения с применением шариков, устанавливаемых в отверстия. Остаточное удлинение шатунных болтов не должно превышать 0,003 их первоначальной длины. Перед установкой новых шатунных болтов измеряют их длину и результаты измерений заносят в формуляр компрессора.

Механические повреждения поверхности стержня, а также резьб болта и гайки определяют наружным осмотром и резьбовыми калибрами.

Болты заменяют новыми при наличии поперечных рисок и забоин глубиной более 0,1 мм, при сорванной, смятой или вытянутой резьбе, при дроблености и крупных заусенцах в витках резьбы. Замене подлежат также болты, на которые гайка наворачивается неравномерно или в том случае, если гайка имеет качку. Шатунные болты заменяют только комплектно (одновременно болт и гайку).

Полную проверку шатунных болтов средних и крупных компрессоров следует проводить при каждом плановом ремонте.

Подшипники скольжения

Подшипники скольжения подразделяют на неразъемные (втулки) и разъемные, состоящие из двух или нескольких частей. Разъемные подшипники скольжения могут быть выполнены в виде тонко- или толстостенных вкладышей, устанавливаемых в нижнюю головку шатуна или корпусные детали, а также в виде заливки антифрикционного слоя непосредственно в тело и крышку шатуна. В отдельных конструкциях между стыками вкладышей (плоскостями разъема нижней головки шатуна) располагают наборы прокладок, необходимых для того, чтобы по мере износа антифрикционного,, слоя восстанавливать диаметр рабочей поверхности подшипника путем удаления прокладок.

Основными антифрикционными материалами для изготовления подшипников скольжения являются баббит, бронза и чугун. Для сильнонагруженных втулок верхних головок шатуна в качестве материала используют фосфористую бронзу БрОФ10-1 (НВ 80—100), оловянистую бронзу БрОЦС5-5-5 (НВ 60), сплав ЗС-56/1 (НВ 120—180). Бронзы хорошо противостоят высоким нагрузкам, допускают большие окружные скорости движения и более высокую температуру, чем баббиты, однако дороги и плохо (по сравнению с баббитами)

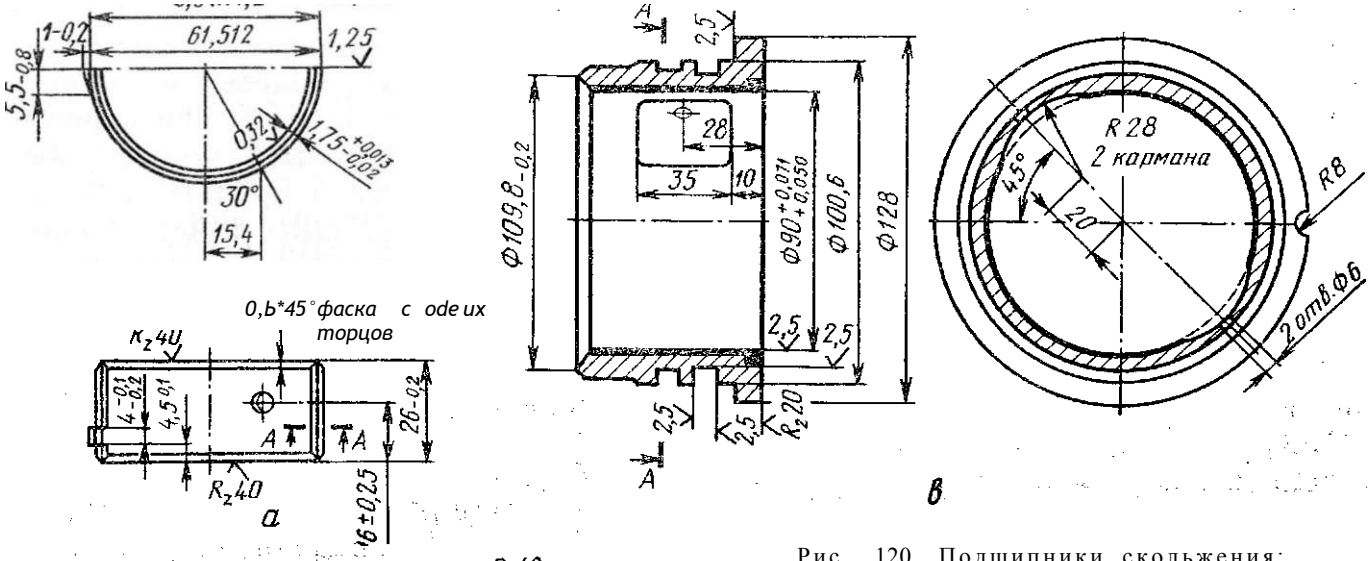
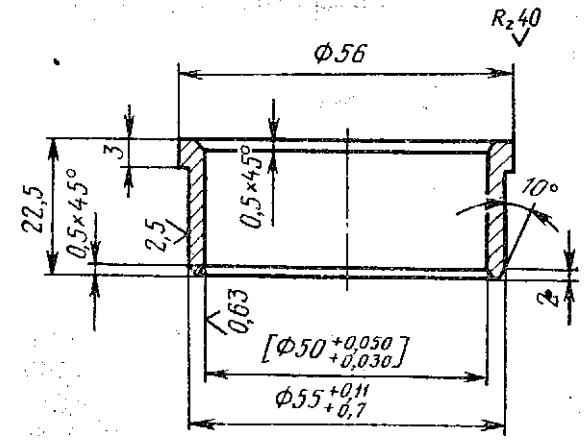


Рис. 120. Подшипники скольжения: *а* — тонкостенный вкладыш шатунных подшипников компрессоров ФУ40, АУ45; *б* — втулка верхней головки шатуна компрессора П110; *в* — радиальный подшипник компрессора 5ВХ 350/2,6



прирабатываются к сопрягаемым деталям.

Слабонагруженные подшипники малых компрессоров изготовляют из антифрикционных чугунов СЧЦ1, СЧЦ2.

Для изготовления разъемных подшипников поршневых компрессоров и неразъемных подшипников винтовых в качестве антифрикционных материалов наиболее часто используют баббиты Б83 (НВ 30), БН (НВ 29), СОС б—6 (НВ 11—16) и алюминиевые сплавы АСМ, АО20-1 (НВ 30). Для экономии антифрикционных материалов их слой обычно нанесен на внутреннюю поверхность корпуса (тела) подшипника, который изготовляют из стальной трубы (сталь 10, 15, 20) или изогнутой по соответствующему радиусу стальной ленты. Биметаллические ленты, покрытые алюминиевыми антифрикционными сплавами, получают прокаткой.

Баббиты обладают хорошими антифрикционными свойствами при больших окружных скоростях движения, хорошо прирабатываются к сопрягаемым деталям, имеют относительно низкую температуру заливки (420—480 °С), что облегчает ремонт подшипников скольжения. К недостаткам баббитов относятся: быстрая потеря твердости при повышении температуры свыше 100 °С (твердость баббита Б83 при 100 °С НВ 13, БН — НВ 14), низкие предельные удельные давления, чувствительность к ударным нагрузкам. Рабочая температура баббитов 70—75 °С.

Алюминиевые антифрикционные сплавы хорошо противостоят большим нагрузкам, имеют высокую усталостную прочность, хорошую теплопроводность и по своим механическим свойствам близки к высокопрочным баббитам. Недостатком этих сплавов является высокий коэффициент линейного расширения.

Тонкостенные вкладыши (рис. 120, *а)* покрыты слоем баббита толщиной 0,3—1 мм. В базовые детали (тело, крышку шатуна и др.) вкладыши устанавливают с небольшим натягом. В собранном подшипнике они находятся в напряженном состоянии и повторяют форму гнезда. Натяг создается за счет увеличенного (по отношению к диаметру гнезда)

наружного диаметра вкладышей. При плотном прижатии вкладыша к гнезду его стык выступает над плоскостью разъема базовой детали. При сборке стыки вкладышей упираются друг в друга и обеспечивают плотное прилегание вкладышей к гнезду. Недостаточный натяг ускоряет процесс усталостного разрушения антифрикционного слоя, чрезмерный натяг приводит к деформации вкладышей.

Вкладыши изготовляют под окончательный размер (кроме вкладышей компрессоров с ходом поршня 130 мм, поставляемых с запасными частями; увеличенная толщина баббитового слоя позволяет расточить внутренний диаметр под размер отремонтированной шейки вала).

Тонкостенные вкладыши не требуют подгонки к гнезду и шейке вала. Поэтому необходима особенно точная обработка гнезд под вкладыши и самих вкладышей. Овальность гнезд не должна превышать 0,015—0,020 мм, конусообразность— 0,01—0,015 мм на 100 мм диаметра.

Плоскости стыков вкладыша должны быть параллельны образующей наружной цилиндрической поверхности, отклонение от параллельности допускается не более 0,015 мм на 100 мм длины. Плотность прилегания вкладышей к гнезду, а также стыков друг к другу или к плите проверяют с помощью краски, которую наносят на стыки и наружную поверхность вкладышей. Достаточная плотность прилегания обеспечивается при равномерном распределении пятен краски на 85 % площади сопрягаемых поверхностей. Неравномерная плотность прилегания в средней части вкладыша не допускается.

Шероховатость наружных цилиндрических поверхностей втулок и вкладышей $/?_{0} = 2,5 \sim$ — 1,25 мкм, стыков. вкладышей $/?_{а} = 2,5$ ч-4-1,25 мкм, поверхностей скольжения $R_{а}$ = =2,5-^-6,32 мкм.

Для компрессоров ФУУБС-18, ФУУБС-25 и компрессоров с ходом поршня 70 мм используют тонкостенные вкладыши, выпускаемые автомобильной промышленностью. Такие вкладыши имеют номинальный размер и несколько ремонтных размеров. Например, для компрессоров с ходом поршня 70 мм выпускают вкладыши толщиной 1,75~о:ого для номинального размера шеек вала и вкладыши ремонтного размера толщиной 1,875; 2,000; 2,125; 2,250; 2,375; 2,5. мм (поле допуска для вкладышей всех размеров, $=_{0:020}$)• Внутренний диаметр подшипника в соответствии с ремонтными размерами шеек коленчатого вала уменьшается за счет увеличения толщины вкладышей, наружный диаметр вкладышей не изменяется.

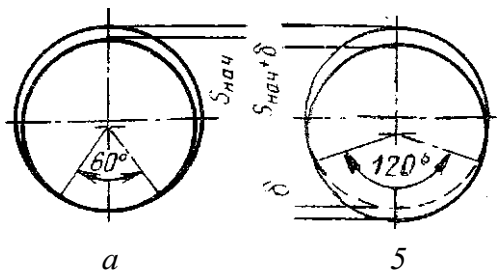
Вкладыши ремонтного размера для компрессоров с ходом поршня 130 мм изготовляют на ремонтных предприятиях, а для компрессоров с ходом поршня 66 и 82 мм поставляют с запасными частями.

Дефектация и ремонт подшипников скольжения. Основными дефектами подшипников скольжения являются: уменьшение толщины антифрикционного слоя вследствие нормального износа рабочей поверхности; задиры, риски, трещины, выкрашивания и частичные отслоения баббитовой заливки; ослабление посадки подшипника в базовой детали; заплавление смазочных канавок.

Уменьшение толщины антифрикционного слоя сопровождается увеличением радиального зазора между подшипником скольжения и сопрягаемой с ним деталью. Угол соприкосновения вала с подшипником у нового сопряжения составляет 60—80°. По мере износа угол соприкосновения (рис. 121) увеличивается и достигает 120°; при этом увеличивается радиальный зазор, нарушается работа масляного клина и начинается ускоренный износ подшипника и вала.

Радиальный зазор в сопряжении подшипник — вал определяют аналитическим методом после измерения размеров деталей, с помощью щупа и при помощи выжимок из свинцовой проволоки.

Радиальный (масляный) зазор S\ в сопряжении втулка верхней го-



а *5*

Рис. 121. Схема расположения вала и подшипника скольжения:
а — до износа; б — после износа

ловки шатуна — поршневой палец для вертикальной (рабочей) плоскости определяют по формуле

$$51 = D_{вт} — d_a,$$

где $D_{вт}$ — среднее значение внутреннего диаметра втулки в вертикальной плоскости; *da* — среднее значение диаметра поршневого пальца.

Масляный зазор S_2 в сопряжении шейка .вала — подшипник скольжения (при тонкостенных вкладышах) определяют по уравнению размерной -цепи

$$S_2 = D_г - d_в - 2b,$$

где $D_г$ — диаметр гнезда под вкладыши; $d_в$ — диаметр шейки вала; *Ь* — толщина стенки вкладыша.

Толщину вкладыша измеряют микрометром с закрепленным на пятке его микрометрического винта шариком или индикатором в специальном приспособлении (рис. 122).

При определении величины масляного зазора щупом для удобства измерения разбирают нижнюю головку шатуна соседней шатунно-поршневой группы. Определяя величину зазора, следует иметь в виду, что измерение щупом занижает фактическое значение зазора на 0,01—0,015 мм.

Измерение зазора разъемных подшипников производят также с помощью выжимок. Отрезки свинцовой проволоки толщиной на 0,2—0,3 мм

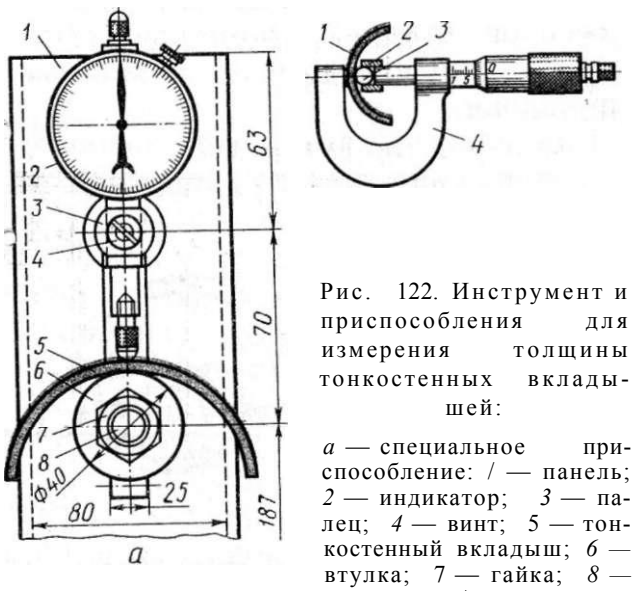


Рис. 122. Инструмент и приспособления для измерения толщины тонкостенных вкладышей:

а — специальное приспособление: / — панель; *2* — индикатор; *3* — палец; *4* — винт; 5 — тонкостенный вкладыш; *6* — втулка; 7 — гайка; *8* — палец; б — микрометр с шариком: / — вкладыш; *2* — втулка; *3* — шарик; *4* — микрометр

Таблица .19

Диаметр шейки вала, мм	Показатели			
	Зазор в сопряжении поршневой палец — втулка верхней головки шатуна, мм		Зазор в сопряжении коленчатый вал — шатунный подшипник, мм	
	начальный	предельный	начальный	предельный
45	0,009--0,023	0,05	0,031—0,053	0,10
50	0,0025--0,0075	0,05	0,025—0,063 (баббитовая заливка)	0,12
			0,014—0,053 (вкладыш)	0,12
70(R12)	0,028--0,050	0,1	0,026—0,070	0,12
70(R22, R717)	0,025--0,050	0,1	0,026—0,070	0,12
130	0,03- 0,067	0,15	0,04—0,11	0,15
66	0,005--0,013	0,1	0,062—0,106	0,2
82.	0,02— 0,048	0,15	0,1—0,19	0,5

больше величины предполагаемого зазора закладывают между верхним вкладышем и шейкой вала (расстояние от торца вкладыша до проволоки 10—15 мм), затем собирают подшипник, затягивая гайки болтов до рабочего состояния. После разборки подшипника измеряют толщину выжимок.

Значения начальных и предельных зазоров для сопряжений поршневой палец — втулка верхней головки шатуна и коленчатый вал — шатунный подшипник приведены в табл. 19.

Как видно из табл. 19, зазор в сопряжении коленчатый вал — шатунный подшипник в процессе эксплуатации не должен увеличиваться более чем в 1,5—2,5 раза по отношению к максимальной величине начального зазора.

Изношенные бронзовые втулки заменяют новыми, растачивают под ремонтный размер или восстанавливают осадкой. После запрессовки новой втулки или осадки старой отверстие втулки растачивают или развертывают. Втулки с баббитовой заливкой перезаливают с последующим растачиванием.

Тонкостенные вкладыши заменяют новыми (вкладыши компрессоров с

ходом поршня 130 мм могут быть перезалиты).

Толстостенные вкладыши, а также подшипники в виде заливки баббита непосредственно в базовую деталь ремонтируют перезаливкой с последующим растачиванием. У разъемных подшипников с набором прокладок зазор в сопряжении восстанавливают перетяжкой.

Втулки верхних головок шатунов и вкладыши компрессоров с ходом поршня 130 мм после замены целесообразно растачивать на координатно-расточном станке. При этом обеспечиваются параллельность и отсутствие скручивания осей расточки вкладышей и втулки.

Задиры, риски, трещины, наволакивание антифрикционного сплава, выкрашивания и частичные отслоения баббитовой заливки возникают при недостаточной или загрязненной смазке, при работе подшипников с повышенными нагрузками. Трещины, выкрашивания и отслоения баббитовой заливки образуются также при некачественной заливке и использовавши некачественного антифрикционного материала, чрезмерно больших зазорах в подшипниках, вызывающих наклеп на их отдельных участках; плохой подгонке вкладышей к гнездам; отсутствии натяга в сопряжении подшипник — базовая деталь.

Наличие трещин и отслоений заливки выявляют простукиванием подвешенных подшипников (вкладышей) молотком или металлическим прутком. Подшипник при ударе должен издавать чистый звук; дребезжание или глухой звук указывают на наличие трещин или отслоений баббита. Наличие этих же дефектов может быть выявлено проверкой на выжимание масла или керосиновой пробой.

На рабочих поверхностях тонкостенных вкладышей не допускаются местные участки выплавления и отслоения баббита, наволакивание сплава, кольцевые риски шириной 0,5—,1,0 мм и глубиной более половины толщины антифрикционного слоя, трещины и точечные выкрашивания баббита. Тонкостенные вкладыши с подобными дефектами заменяют новыми. При наличии на рабочей поверхности вкладышей компрессоров с ходом поршня 82 и 130 мм неглубоких рисок допускается легкая шабровка (зачистка).

Площадь местных повреждений рабочей поверхности толстостенных подшипников не должна превышать 5 % ее общей площади. Отдельные раковины и выкрашивания на рабочей поверхности баббитовой заливки заплавляют баббитом той же марки. Допускается эксплуатация толстостенных подшипников с отдельными трещинами баббитовой заливки, если при дальнейшей работе эти трещины не расширяются и не разрушают антифрикционный слой. При наличии местных повреждений на площади более 5 % площади рабочей поверхности подшипники перезаливают.

Глубокие риски, задиры, наволакивание сплава, выкрашивания на торцах подшипников возникают при малом радиусе закругления торцов (недостаточной ширине фаски), при значительных осевых нагрузках вала. Осевое смещение шеек коленчатого вала не должно превышать допустимой величины. Определяют осевое смещение шеек по величине зазора между галтелью шейки и торцом подшипника. Изношенные по торцам подшипники заменяют, восстанавливают наплавкой, а при значительных разрушениях перезаливают.

Ослабление посадки подшипника в базовой детали происходит при недостаточном первоначальном натяге или недостаточной чистоте обработки посадочных поверхностей, при работе подшипников с перегрузками, при непрочном их креплении стопорными устройствами.

Ослабление посадки подшипника приводит к быстрому износу сопрягаемых поверхностей. Подшипники с несоответствующими сопрягаемыми

размерами заменяют или восстанавливают металлизацией, осталиванием или меднением. Изношенные отверстия в базовых деталях растачивают. В этом случае изготовляют втулки ремонтных размеров.

Заплавление или засорение смазочных канавок происходит при повышенной температуре трущихся поверхностей, вызванной нарушением условий смазки из-за недостаточного зазора в сопряжении; недостаточном давлении в системе смазки; наличии в масле большого количества механических примесей; применении для смазки подшипников масла, не соответствующего требованиям технических условий. Заплавление или засорение смазочных канавок приводит к быстрому износу подшипника.

Ремонт заключается в расчистке или углублении канавок шабером.

Замена тонкостенных вкладышей. Перед заменой тонкостенных вкладышей проверяют диаметр, правильность формы и шероховатость поверхности сопрягаемой шейки вала. Вкладыши заменяют без подгонки и только попарно. Стыки установленного в гнезде вкладыша должны выступать над плоскостью разъема базовой детали на 0,02—0,15 мм (суммарная величина), вследствие чего при затяжке болтов крепления создается посадка с натягом. Тонкостенный вкладыш удерживается от проворачивания в гнезде и осевого смещения отштампованным на вкладыше усом, утапливаемым в паз сопрягаемой детали. После установки новых вкладышей проверяют зазор в сопряжении шейка вала — подшипник скольжения.

Запрещается проводить обработку вкладышей, корпусов и крышек подшипников для достижения необходимого зазора или натяга: пришабривать рабочие поверхности вкладышей, опиливать или пришабривать стыки вкладышей, плоскости разъема шатуна и крышки. После опиловки плоскостей разъема шатуна или крышки происходит нарушение размера и правильности формы посадочного гнезда, что исключает возможность использования вкладышей ремонтных размеров. Запрещается закладывать прокладку (металлическую фольгу) между вкладышем и его постелью.

Замена втулок. Подшипники-втулки устанавливают после сверления отверстий для подачи смазки и изготовления смазочных канавок.

Бронзовые втулки верхних головок шатунов, закрепляемые прессовыми посадками, устанавливают в предварительно нагретые до 80—100 °С головки или запрессовывают с помощью пресса. При запрессовке втулок следят за правильным расположением канавок и отверстий для масла. После охлаждения верхней головки шатуна или запрессовки втулка сжимается и ее внутренний диаметр уменьшается примерно на 0,5 величины посадочного натяга. Поэтому после установки (запрессовки) проводят чистовое растачивание или развертывание отверстий втулок.

Втулки, сопрягаемые с корпусными деталями переходными посадками, окончательно обрабатывают до установки на место, так как их внутренний диаметр после установки практически не изменяется. Для предотвращения проворачивания такие втулки дополнительно крепят стопорными устройствами (винтами, штифтами).

Перезаливка подшипников скольжения. Технологический процесс перезаливки состоит из подготовки к перезаливке, заливки, контроля качества заливки, механической обработки подшипников.

Подготовка в перезаливке. Подшипники скольжения (головки шатунов с заливкой антифрикционного сплава непосредственно в тело детали, втулки, вкладыши) очищают щетками, промывают в горячем (80 °С) 10 %-ном растворе каустической соды, а затем в воде при той же температуре. Промывать подшипник можно также подогретым до 50 °С керосином, после чего подшипник протирают насухо.

Выплавлять старый баббит целе-

сообразно в электрической печи, в которой подшипник равномерно нагревается до температуры плавления полуды и слой баббита сползает по расплавленной полуде в приемную ванну. При этом основная часть полуды остается на теле подшипника, что позволяет избежать загрязнения баббита свинцом.

После выплавления заливки подшипник очищают от остатков баббита металлической щеткой и обезжиривают в растворе каустической и кальцинированной соды температурой 80—90 °С в течение 10 мин, промывают горячей проточной водой и просушивают.

При наличии коррозии подшипник обрабатывают 10—15 %-ным раствором технической серной кислоты или 25 %-ным раствором ингибированной соляной кислоты в течение 10—15 мин, промывают горячей проточной водой, пассивируют раствором нитрита натрия (50 г/л) итринатрийфосфата (5 г/л) и просушивают сжатым воздухом.

Для предохранения поверхности, подлежащей лужению, от окисления ее покрывают тонким слоем флюса (1 л воды, 0,5 кг хлористого цинка и 0,05 кг хлористого аммония).

Полуда, наносимая на поверхность подшипника, обеспечивает надежное механическое сцепление баббита с основным металлом подшипника. При заливке оловянистым баббитом подшипники лудят чистым техническим оловом или припоем ПОС-20, при заливке свинцовистым баббитом — третником или припоем ПОС-30.

Лужение подшипников осуществляют натиранием поверхности прутком или порошком полуды, а также погружением вкладышей (втулок) в расплавленную полуду.

При натирании прутком подшипник нагревают с тыльной стороны до 240—270 °С (для олова и третника) и до 320 °С (для припоя). Капли расплавленной полуды растирают асбестовой паклей тонким слоем.

Перед погружением вкладыша (втулки) в расплавленную полуду (температура полуды 280—320 °С) его нагревают до 150—180 °С, а поверхность, подлежащую лужению, покрывают флюсом. Поверхности, не подлежащие лужению, покрывают пастой, состоящей из молотого мела (2 части), жидкого стекла (2 части) и воды (1 часть). Время выдержки подшипника в расплавленной полуде 2—5 мин.

Луженая поверхность должна быть покрыта ровным сплошным и блестящим слоем полуды без цветов побежалости и черных точек. Желтые и синие оттенки слоя свидетельствуют о его перегреве и наличии на поверхности полуды пленки окислов.

Плавить баббиты рекомендуется в электрическом тигле. Для заливки баббит нагревают на 40—50 °С выше температуры полного расплавления, т. е. для баббита Б83 до 410—420 °С, для БН до 440—450 °С, для СОС6-6 до 410—430 °С, для БК2 до 440—470 °С. Температуру контролируют термометром, градуированным до 500 °С, или термоэлектрическим пирометром. Перегрев баббита приводит к выгоранию легких фракций сплава, появлению раковин и большой усадке; пониженная температура вызывает пористость и неплотное сцепление баббита с подшипником.

Для предотвращения окисления расплавленного баббита на его поверхность засыпают слой измельченного древесного угля толщиной 20—30 мм, а перед заливкой раскисляют хлористым аммонием (нашатырем). Для этого используют ложку — рафиновальник. В ложку укладывают завернутый в тонкую бумагу нашатырь (0,5—1 % массы баббита), закрывают ее крышкой и опускают в расплавленный баббит. Пары нашатыря перемешивают баббит, способствуя всплыванию окислов на поверхность.

При плавлении не допускается смешивать баббит разных марок. К сплаву разрешается добавлять до 30 % отходов (литники, стружка) или ранее выплавленных кусков баббита той же марки.

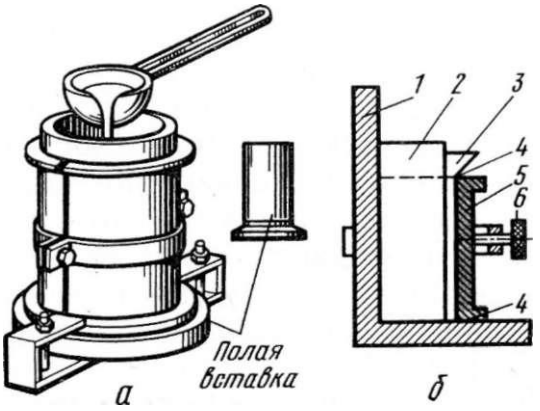


Рис. 123. Приспособление для ручной заливки баббитом:

а — вкладышей в сборе; *б* — одного вкладыша: *1* — угловая плита; *2* — стержень; *3* — литниковое кольцо; *4* — прокладки; *5* — вкладыш; *6* — прижимной винт

Заливка подшипников. Подшипники заливают ручным или центробежным способом. При ручном способе заливку производят с помощью специального приспособления (рис. 123).

Перед заливкой подшипник собирают в приспособлении и уплотняют обмазкой (по массе: глина — 56 %, песок — 34, жидкое стекло — 10 %). В разъемных подшипниках между плоскостями разъема закладывают металлические или асбестовые прокладки, масляные отверстия заделывают асбестом. Вкладыши соединяют хомутом, тело шатуна с его крышкой — технологическими болтами.

Подшипник нагревают до 200—220 °С, с расплавленного баббита снимают шлак, перемешивают баббит и заливают его в подшипник непрерывной короткой струей. После заливки подшипник равномерно охлаждают воздухом или водой.

Ручной способ заливки имеет ряд недостатков: повышенный расход и неравномерную структуру баббита; залитый слой часто получается неплотным и содержит усадочные раковины.

Центробежную заливку подшипников осуществляют на специальных станках или с помощью приспособлений, устанавливаемых на токарных станках (рис. 124).

Заливка центробежным способом позволяет получить плотный слой металла с равномерной мелкозернистой структурой и повышенной износоустойчивостью, расход баббита сокращается за счет уменьшения припусков на обработку и потери металла через неплотности.

Хорошее качество заливки подшипника центробежным способом обеспечивается только при оптимальной частоте его вращения, а также при быстром охлаждении сплава и подшипника. При малой частоте вращения заливка получается рыхлой с волнистой поверхностью, а при высокой — плотной, но с сильной ликвацией, т. е. расслоением баббита на более тяжелые и легкие составляющие. Оптимальную частоту вращения определяют по формуле

$$n = к/\ л[г,$$

где k — коэффициент, принимаемый для оловянистых баббитов равным 1400—1800, а для свинцовистых— 1700—1900; $г$ — внутренний радиус подшипника, см.

Частоту вращения подшипника можно определить также по формуле

$$n = \ lOOOv/nD,$$

где v — окружная скорость вкладыша или нижней головки шатуна, м/мин; D — внутренний диаметр подшипника, мм.

Окружную скорость вращения подшипника определяют по формуле

$$_{у} = 5oyZ>$$

Предварительно нагретый в электрической печи подшипник устанавливают в приспособление, включают электродвигатель станка и через лоток подают на подшипник из мерного ковша непрерывной струей расплавленный баббит.

По окончании заливки подшипник вращается в течение 10—12 мин для упрочнения слоя баббита. Через 4—5 с после заливки начинают охлаждать подшипник сжатым воздухом или распыленной водой, что позволяет избежать неоднородности хими-

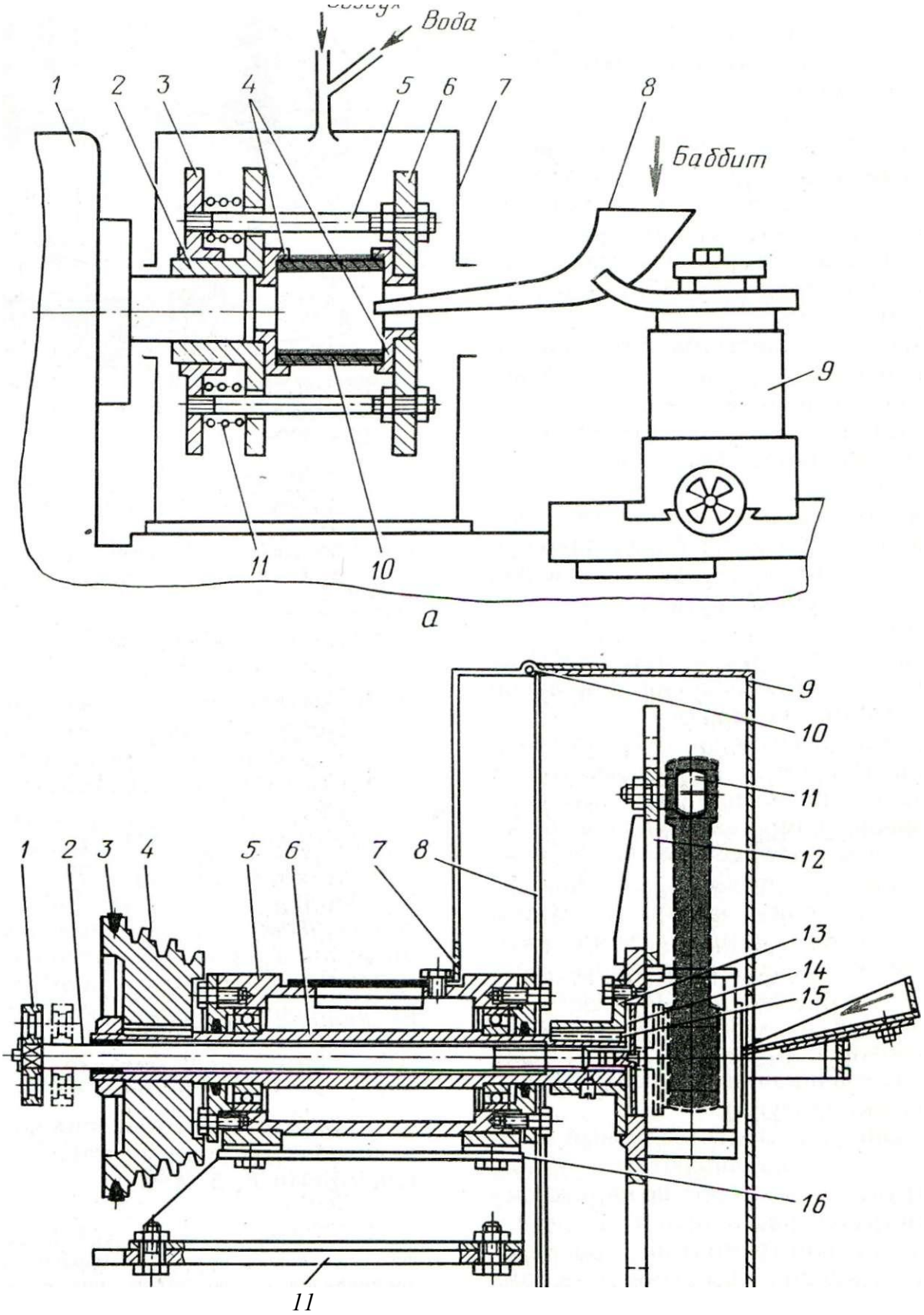


Рис. 124. Приспособления для центробежной заливки:

а — вкладышей: / — токарный станок; *2, 3, 6* — диски; *4* — установочные шайбы; 5 — стяжные бо
7 — кожух; *8* — лоток; *9*—суппорт станка; *10*— вкладыши (корпус подшипника); // — пружина;
шатунов: / — маховичок; *2* — штоК; *3* — клиновой ремень; *4* — шкив; *5* — корпус; *6* — вал; 7 — кронпл
8 — неподвижная стенка кожуха; *9* — кожух; *10* — ось; // — палец сменного заливочного кондую
12 — сменный кондуктор; *13* — планшайба; *14* — пята; *15* — шпонка; *16* — опора; *17* — плита

ческого состава баббита при его кристаллизации. Подачу воды для охлаждения предусматривают в течение 2—3 мин.

Контроль качества заливки. Подвешенный на проволоке залитый подшипник при обстукивании его металлическим прутком не должен издавать глухих дребезжащих звуков, которые указывают на плохое приставание баббита к основному металлу.

Цвет поверхности баббита должен быть однородным, матово-серебристым, без «черновин» и желтых пятен; желтый цвет свидетельствует о заливке перегретым баббитом, что недопустимо.

Залитый слой не должен иметь недоливов баббита, глубоких раковин, спаев,, «плен», шлаковых включений, трещин, отколов, рыхлости и пористости.

Допускается устранение глубоких чистых газовых раковин наплавкой баббита той же марки.

Механическая обработка подшипников. После заливки и остывания вкладыши разделяют распиловкой с помощью ручной ножовки или фрезы, удаляют технологические прокладки, а плоскости разъема подгоняют по плите на краску. Затем между плоскостями разъема устанавливают пакеты постоянных прокладок и вкладыши стягивают хомутом для растачивания на станке (возможна установка вкладышей для растачивания непосредственно в головку шатуна).

Подшипник, подготовленный к обработке, устанавливают на станок, центруют индикатором по наружному диаметру и растачивают до номинального или ремонтного размера.

Растачивание выполняют в два приема: предварительное с припуском на последующую обработку 0,4—0,5 мм на сторону и чистовое (при необходимости последующей шабровки припуск на шабровку 0,1—0,15 мм). Перед чистовой обработкой рекомендуется уплотнить поверхность баббитового слоя обкаткой роликом.

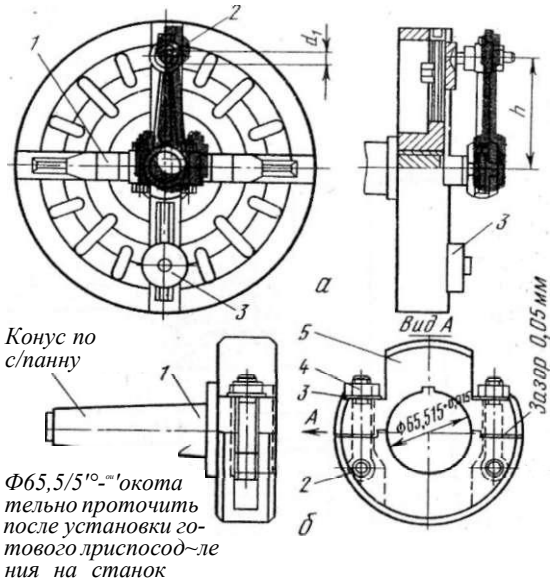


Рис. 125. Приспособления для обработки баббитовой заливки подшипников:

а — для растачивания нижней головки шатуна на планшайбе станка: / — кулачок; *2* — палец, устанавливаемый по размеру межосевого расстояния подшипников шатуна; *3* — противовес; *б* — для растачивания тонкостенных вкладышей: / — оправка; *2* — шпилька; *3*— шайба; *4*— гайка; *5* — крышка

По окончании расточки изготовляют масляные канавки и рассверливают отверстия для прохода смазки.

Для обработки слоя баббита, залитого в тело шатуна или вкладышей, детали укрепляют в приспособлениях, установленных в шпинделе или на планшайбе станка (рис. 125). В приспособлении верхнюю головку шатуна надевают на палец, а нижнюю головку устанавливают по центру вращения с помощью кулачков.

Подшипники качения

По точности изготовления подшипники качения подразделяют на пять классов: 0; 6; 5; 4; 2.

Класс точности, внутренний диаметр, серию, тип и конструктивные особенности подшипника обозначают рядом цифр, выбиваемых на торце одного из колец. Внутренний диаметр подшипника при его величине 20 мм и более определяют умножением двух последних цифр ряда на 5. Для подшипников внутренним диаметром от 10 до 20 мм приняты следующие условные обозначения последних цифр: 00 — внутренний диаметр 10 мм, 01 — 12 мм, 02 — 15 мм, 03 — 17 мм.

Серию подшипника по наружному диаметру условно обозначают третьей цифрой справа: 0 — мелкогабаритная, 1 — особо легкая, 2 и

5 — легкая, 3 и 6 — средняя (цифры 5 и 6 характеризуют подшипник по ширине) и т. д.

Тип подшипника обозначают четвертой цифрой справа: 0—радиальный шариковый, 1 — радиальный шариковый сферический, 2 — радиальный с цилиндрическими роликами, 3 — радиальный роликовый сферический, 4 — игольчатый, 5 — радиальный с витыми роликами, 6 — радиально-упорный шариковый, 7 — роликовый конический, 8 — упорный шариковый, 9 — упорный роликовый.

Особенности конструкции подшипника обозначают пятой или шестой цифрой справа.

Если первым в ряду цифр должен стоять нуль (или нули), то его (их) не проставляют. Например, цифры 6-205 на подшипнике обозначают: шестой класс точности, радиальный шариковый, легкая серия, внутренний диаметр 25 мм.

Наружные кольца подшипников сопрягают с корпусами по системе .вала, а внутренние с валами.— по системе отверстия.

Шероховатость посадочных поверхностей шеек валов и отверстий корпусов диаметром до 80 мм R_a = = 1,25 мкм, свыше 80 мм — R_a = = 1,5ч-1,25 мкм; упорных заплечиков валов и торцов корпусов— R_a-—.'2,5 мкм.

На сопрягаемые диаметры подшипников качения предусмотрены специальные допуски, а допуски на диаметры валов и отверстий в корпусах принимают по общей системе допусков на гладкие изделия. Специальные допуски на сопрягаемые диаметры подшипников позволяют достигнуть повышенной **ТОЧНОСТИ** сопряжений, однако при сопряжении с подшипниками вала или отверстия в корпусе характер посадки отличается от одноименной посадки обычных гладких цилиндрических сопряжений. Так, валы, обработанные с полями допусков под переходные посадки, сопрягаются с подшипником качения только с натягом.

Посадки внутренних и наружных колец подшипников выбирают в зависимости от величины и направления действующих на подшипник нагрузок, частоты вращения, типа подшипника, условий его работы, вида нагружения (циркуляционное или местное).

Кольцо испытывает циркуляционное нагружение, если радиальная нагрузка относительно кольца (или кольцо относительно нагрузки) вращается. При этом радиальная нагрузка последовательно перемещается по всей окружности дорожки качения. Кольца, работающие с циркуляционным нагружением, устанавливают с натягом.

При местном нагружении кольцо относительно радиальной нагрузки не вращается и нагрузку воспринимает ограниченный участок дорожку качения. Кольца, работающие с местным нагружением, устанавливают с нулевым или небольшим зазором.

Для подшипников электродвигателей, Центробежных насосов, вентиляторов и редукторов, работающих с циркуляционным нагружением при легком и нормальном режиме работы, рекомендуются следующие поля допусков внутреннего кольца: &6, /,5, ;,6. Для узлов того же оборудования большой мощности, а также подшипников коленчатых валов компрессоров, работающих с циркуляционным нагружением при нормальном и тяжелом режиме работы, рекомендуются поля допусков: *k5, k6.*

Наружные кольца подшипников электродвигателей, центробежных насосов, вентиляторов, редукторов и коленчатых валов компрессоров, работающих с местным нагружением при легком и нормальном режимах работы, рекомендуется устанавливать в корпус с полями допусков 7,6, ***J,7, H7,*** а при нормальном и тяжелом режиме работы — с полями допусков ***M7, K7.***

Таким образом, при вращающемся вале внутреннее кольцо подшипника устанавливают с натягом, а наружн о е с нулевым или небольшим за-, зо.ром. При неподвижном вале (вращается корпус) внутреннее кольцо устанавливают с нулевым или небольшим зазором, а наружное — с натягом.

Этим обеспечивается медленное проворачивание невращающегося кольца относительно сопрягаемой поверхности, что содействует равномерному .износу его дорожки качения и увеличению срока службы подшипника.

Дефектация подшипников качения.. Изношенные подшипники качения, не ремонтируют, а заменяют новыми. Основными дефектами, характерными для подшипников каче-

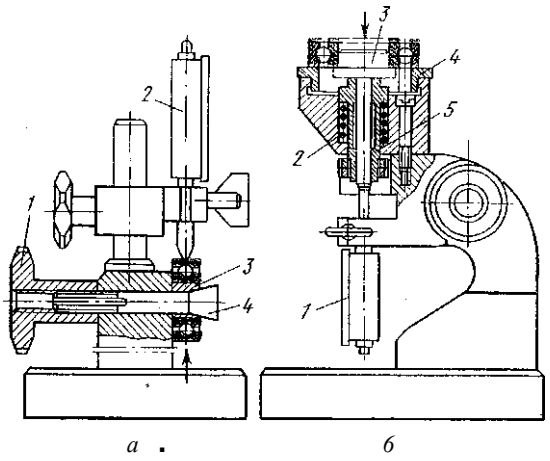


Рис. 126. Приспособления для измерения зазоров в подшипниках качения:

а — радиальных: *1* — фасонная гайка; *2* — индикатор; *3* — разрезная втулка; *4* — коническая часть оправки; *б*—осевых: *1*—индикатор; *2*—пружина; *3* — ползун (упор для внутреннего кольца); *4*—втулка (упор для наружного кольца); *5* — направляющая втулка

ния, являются: увеличенные радиальный и осевой зазоры; наличие цветов побежалости, осповидных разрушений, трещин, сколов, забоин, рисок, следов коррозии на поверхностях колец и телах качения; повреждения сепараторов; износ посадочных поверхностей колец.

Демонтированный подшипник перед дефектацией промывают в бензине с маслом (бензин — 90 %, масло минеральное— 10%) и проверяют на шумность и плавность вращения. Проверку проводят, удерживая внутреннее кольцо рукой и вращая наружное. Наружное кольцо исправного подшипника вращается легко и плавно, без заметных местных торможений и заеданий с ровным глухим шипящим звуком. Подшипники заменяют новыми при наличии торможений и заеданий, а также повышенного уровня шума или резкого металлического дребезжащего звука.

Увеличенные радиальные и осевые зазоры являются следствием нормального износа беговых дорожек подшипника. Зазоры измеряют индикатором в специальных приспособлениях (рис. 126).

Подшипник для измерения радиального зазора устанавливают внутренним кольцом на разрезную втулку и закрепляют на конусной оправке гайкой. Наконечник измерительного стержня индикатора подводят к наружному кольцу, после чего нулевое деление шкалы устанавливают против стрелки. Затем наружное кольцо усилием руки перемещают в направлении измерительного стержня индикатора. Радиальный зазор измеряют в четырех положениях, поворачивая наружное кольцо после каждого измерения на 90°.

При измерении осевого зазора внутреннее кольцо подшипника надевают на шток приспособления так, чтобы наружное кольцо лежало на опорной поверхности втулки-упора, затем наконечник индикатора подводят к хвостовику штока. Нулевое деление шкалы индикатора совмещают со стрелкой и нажимают на внутреннее кольцо подшипника в осевом направлении.

Увеличение зазоров вследствие износа для ответственных подшипников (опоры коленчатых валов и др.) допускается до 25 % начального значения, для остальных подшипников — в 2—4 раза.

Цвета побежалости на кольцах и телах качения свидетельствуют о недостатке смазки и чрезмерном нагреве подшипника. Подшипник с таким дефектом бракуют.

Осповидные разрушения и волнистость дорожек и тел качения возникают как следствие усталости материала при перегрузках, перекосах колец подшипника, неправильной формы посадочных мест или увеличения посадочных натягов. Подшипники с такими дефектами заменяют новыми.

Трещины, сколы, забоины и риски на дорожках и телах качения возникают при некачественном выполнении сборочно-разборочных работ, а также при попадании в подшипник загрязнений. Подшипник при наличии дефектов бракуют. Допускается дальнейшее использование подшипника, если риски расположены по направлению качения.

Коррозионные пятна на посадочных поверхностях колец, телах и дорожках качения зачищают. При

обнаружении после зачистки раковин подшипник бракуют.

Повреждения сепараторов (разрыв, забоины, вмятины и др.) являются основанием для выбраковки подшипника, если дефект не поддается устранению.

Износ посадочных поверхностей колец возникает при недостаточном первоначальном натяге в результате их проворачивания на валу или в корпусе. Подшипники с изношенными посадочными поверхностями заменяют новыми, шейку вала или корпус подвергают ремонту.

Демонтаж и монтаж подшипников качения. Подшипники качения демонтируют с помощью винтовых съемников (рис. 127,а). Усилие распрессовки при демонтаже прикладывают только к кольцу с неподвижной посадкой (с натягом). Для облегчения начала сдвига подшипника съемником создают некоторое усилие, затем молотком наносят удары по противоположному концу вала или с помощью выколотки из мягкого металла — по снимаемому кольцу. Рекомендуется разогрев подшипников горячим маслом при одновременной изоляции вала от нагрева асбестовым полотном или шнуром.

Перед монтажом подшипников качения проводят проверку их посадочных мест.

Установка колец с неподвижной посадкой сопровождается уменьшением первоначальных радиальных зазоров между дорожками и телами качения подшипников. Отклонения геометрической формы (овальность, конусообразность и т. п.) передаются напрессованным или запрессованным кольцам и могут существенно повлиять на величину радиальных зазоров. Отклонения формы валов (отверстий в корпусах), превышающие допустимые значения, приводят к защемлению тел качения и разрушению установленного подшипника. Уменьшение радиального зазора после монтажа подшипника не должно превышать 55—60 % его начальной величины.

Интенсивный износ подшипниковых узлов происходит в том случае, когда в сопряжении кольца с посадочным местом вала (корпуса) вместо натяга образуется зазор. Поверх-

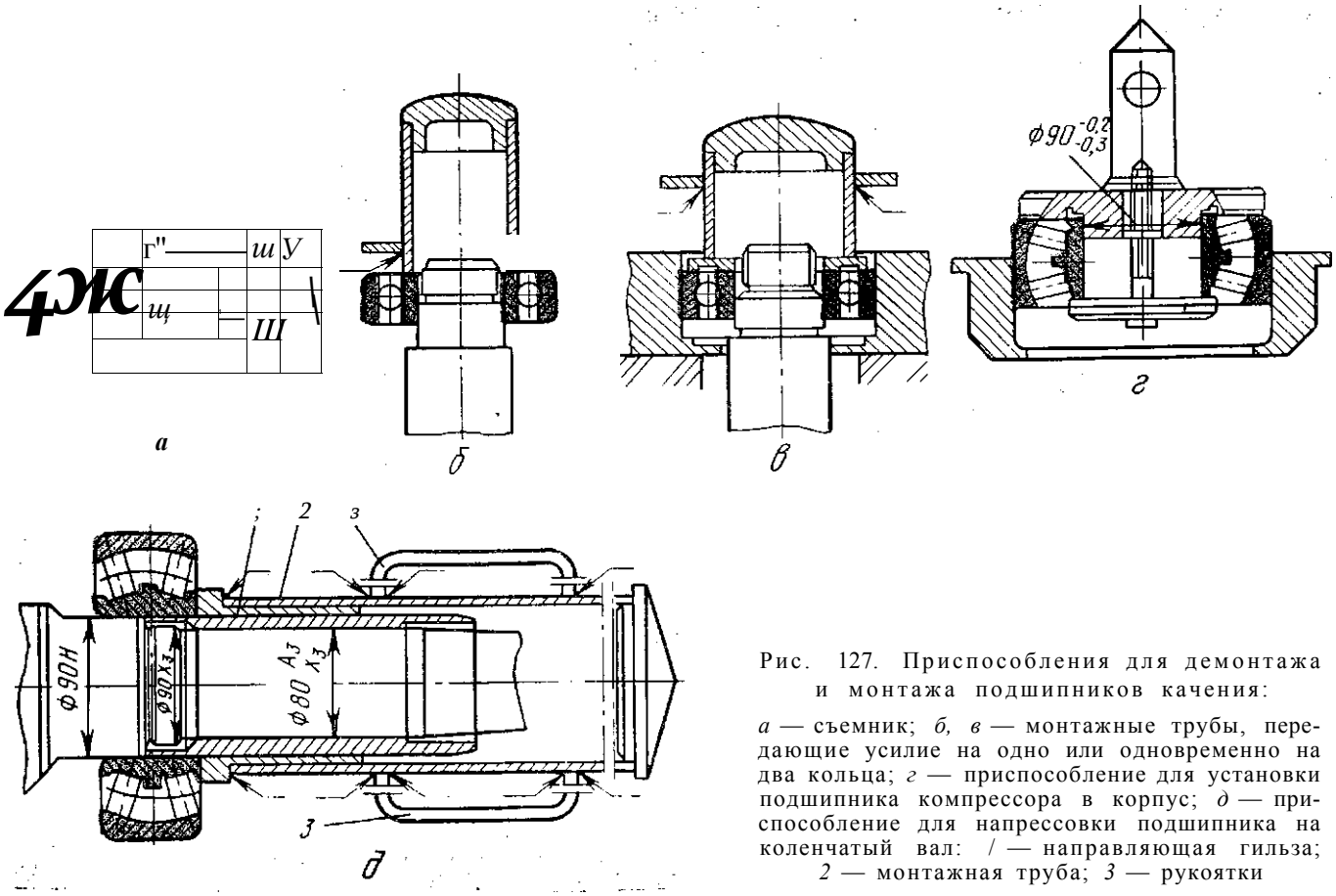


Рис. 127. Приспособления для демонтажа и монтажа подшипников качения:

а — съемник; *б, в* — монтажные трубы, передающие усилие на одно или одновременно на два кольца; *г* — приспособление для установки подшипника компрессора в корпус; *д* — приспособление для напрессовки подшипника на коленчатый вал: *1* — направляющая гильза; *2* — монтажная труба; *3* — рукоятки

ности, совмещенные с зазором, подвергаются взаимному обкатыванию с проскальзыванием, что приводит к повышенному нагреву узла и быстрому износу сопрягаемых поверхностей.

К посадочным местам валов и расточек корпусов предъявляют следующие основные требования: размеры поверхностей, сопрягаемых с кольцами подшипников, должны находиться в пределах установленных полей допусков; овальность и конусообразность посадочных мест не должны превышать 0,5 допуска на диаметр (для подшипников классов 0 и 6).

Торцевое биение заплечиков валов, служащих упором для внутренних колец подшипников, не должно превышать при установке радиальных и радиально-упорных подшипников 0,02 мм (диаметр вала до 50 мм) и 0,025 мм (диаметр вала от 50 до 120 мм), а при установке упорных подшипников — 0,007 мм (Диаметр вала до 50 мм) и 0,01 мм (диаметр вала от 50 до 120 мм).

Торцевое биение заплечиков корпусных деталей не должно превышать при установке радиальных и радиально-упорных подшипников 0,045 мм (диаметр отверстия в корпусе до 120 мм) и 0,07 мм (диаметр отверстия от 120 до 250 мм), а при установке упорных подшипников — 0,01 мм (диаметр отверстия до 120 мм) и 0,015 мм (диаметр отверстия от 120 до 150 мм).

Монтаж подшипников качения проводят с помощью монтажных труб, передающих усилие на одно или одновременно на оба кольца; специальных приспособлений (рис. 127, *б, в, г, д*) и прессов. В некоторых приспособлениях для исключения возможности перекоса внутреннего кольца подшипника относительно шейки и повреждения резьбовых участков вала используют направляющую втулку. Направление усилия, прикладываемого к монтажной трубе, должно совпадать с осью вала или отверстия. Для этого концы труб, к которым прикладывается усилие напрессовки, должны иметь сферическую или коническую форму, а плоскости торцов труб — равномерно прилегать к кольцам подшипников.

Сборку соединений с натягом значительно облегчает нагрев подшипников в масляной или воздушной ванне до температуры 90—100 °С. Установка нагретого подшипника предотвращает повреждение посадочной поверхности вала и обеспечивает необходимую точность посадки.

Кольца подшипников, имеющие посадку с натягом, напрессовывают до упора в заплечик вала или корпуса. Торцевые поверхности колец должны плотно' прилегать к заплечикам, пластина щупа толщиной 0,05 мм в любой зоне окружности не должна проходить между торцом кольца и упорной поверхностью заплечика.

Наличие радиального зазора после напрессовки на вал или запрессовки в корпус кольца, имеющего неподвижную посадку, проверяют покачиванием в осевом направлении свободного кольца или щупом (при внутреннем диаметре подшипника более 60 мм).

Осевое смещение вала и осевую игру установленных подшипников проверяют после сборки подшипни-

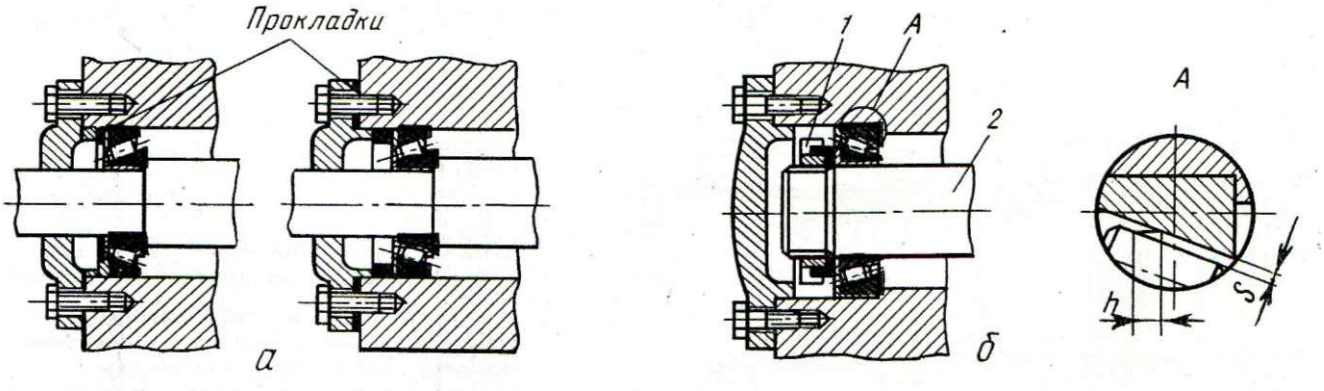


Рис. 128. Регулирование зазоров в подшипниках качения:
а — с помощью регулировочных прокладок; *б* — с помощью регулировочной гайки: *1* — гайка; *2* — вал;. *s* — радиальный зазор; *h* — осевая игра

ковых узлов. В узлах с нерегулируемыми подшипниками качения осевое смещение вала должно находиться в пределах осевой игры подшипников (осевая игра в 12—20 раз больше радиального зазора в подшипнике). Величина осевой игры регулируемых радиально-упорных подшипников (и соответственно радиального зазора) изменяется осевым перемещением одного кольца подшипника относительного другого. Установка кольца в требуемое положение достигается изменением толщины прокладки под крышку корпуса или при помощи регулировочной гайки (рис. 128). При монтаже упорных подшипников качения одно кольцо напрессовывают на вал, а другое устанавливают в корпус совместно с сепаратором. Диаметр отверстия в корпусе под неподвижное кольцо на 0,5-1,0 мм больше наружного диаметра этого кольца, что позволяет ему самоустанавливаться под действием осевых нагрузок, передаваемых телами качения..

При установке вала в двух подшипниках качения, что характерно для большинства поршневых компрессоров, кольца одного из подшипников закрепляют от перемещения в осевом направлении на валу и в корпусе, а у второго подшипника закрепляют только кольцо, имеющее посадку с натягом. Такое крепление колец позволяет подшипнику с незакрепленным кольцом перемещаться вместе с валом при его удлинении вследствие нагрева во время работы.

Парные радиально-упорные подшипники винтовых компрессоров устанавливают, как правило, с предварительным осевым натягом. Величину предварительного осевого натяга регулируют изменением толщины регулировочного кольца между внутренними кольцами спаренного комплекта подшипников.

Коленчатые валы

Коленчатый вал является наиболее нагруженной деталью компрессора. В процессе работы он испытывает большие переменные нагрузки кручения и изгиба. Точность изготовления Отдельных элементов коленчатого вала и точность их взаимного положения должны быть очень высокими и сохраняться на протяжении длительного времени, так как от этого зависят плавность хода основных движущихся Деталей машины и интенсивность износа трущихся поверхностей. Коленчатый вал должен иметь достаточную жесткость и высокую усталостную прочность.

.Коленчатые валы (рис. 129) изготовляют из качественной углеродистой стали 40, 45 или легированной стали 4QX.

Заготовки для валов при крупносерийном производстве получают методом горячей штамповки, а для валов больших размеров и при мелкосерийном производстве — путем ковкН. После штамповки заготовки подвергают нормализации.

Износоустойчивость шеек валов, сопрягаемых с подшипниками скольжения, повышают закалкой их поверхности токами высокой частоты на глубину 1,5—3 мм. Твердость закаленных поверхностей шеек для валов из стали 40 и 4OX 1IRC 48—58, из стали 45 HRC 52—62. Галтели и зоны вокруг отверстий для выхода смазки в целях повышения усталостной прочности не закаливают; не подлежат закалке также шейки валов, сопрягаемые с кольцами подшипников качения. Применение различного рода сварок и высокотемпературной пайки при изготовлении и ремонте коленчатых валов не допускается, так как при этом возникают внутренние напряжения в материале Валов, приводящие к их деформации.

К элементам конструкции коленчатых валов при обработке предъявляют следующие основные требования:

овальность и конусообразность шатунных шеек не должны превышать 0,34—0,5 допуска на диаметр; коренных шеек — 0,5 допуска на диаметр; шеек, сопрягаемых с роторами электродвигателей, маховиками и сальниками,— 1 допуска на диаметр;

радиальное биение коренных шеек (при диаметре шейки до 180 мм) не должно превышать 0,03 мм;

отклонение от параллельности осей шатун-

ных шеек относительно оси вращения вала не должно превышать 0,02 мм на 100 мм длины шейки;

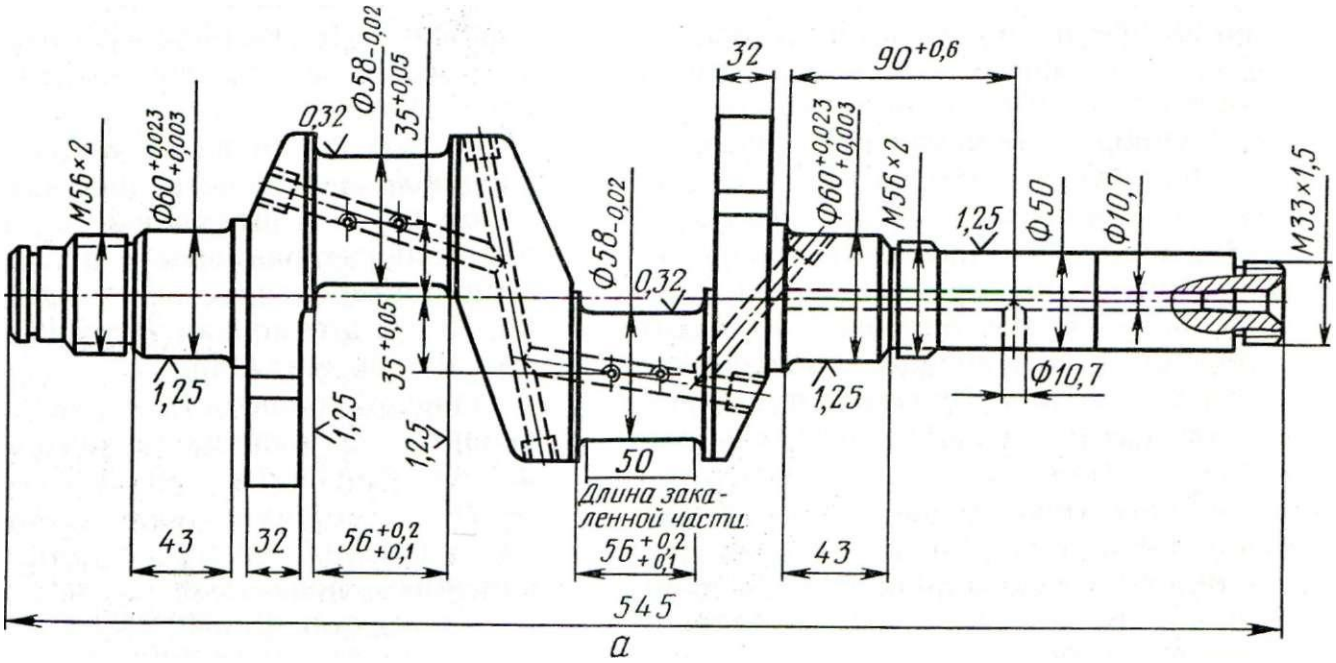
торцевое биение заплечиков галтелей, сопрягаемых с подшипниками скольжения, не должно превышать 0,03—0,05 мм.

Шероховатость поверхности шеек под подшипники скольжения R_a = 0,32 мкм, шеек под кольца подшипников качения R_a = 1,25 мкм.

Трещины, задиры, риски, забоины,- раковины, подрезы и другие дефекты на шейках и галтелях валов не допускаются.

Дефектация и ремонт. Основными дефектами коленчатых валов, возникающими в процессе эксплуатации, являются: искажение геометрической формы шеек и уменьшение их диаметра; наличие рисок, задиров, забоин на поверхностях шеек; увеличение размеров и смятие кромок шпоночных пазов; износ резьбовых участков; повреждение центровых отверстий вала; усталостные трещины и изломы.

Значительные перегрузки, неправильная ремонтная обработки или действие остаточных температурных



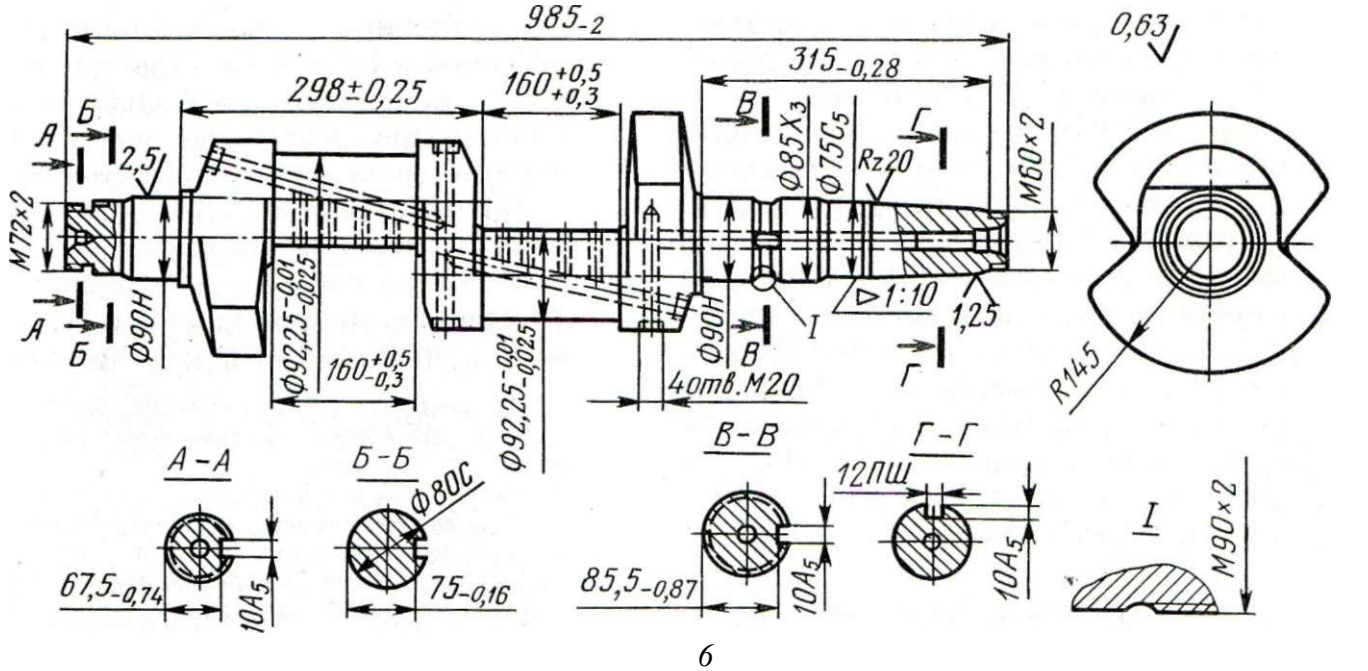


Рис. 129. Коленчатые валы:
а — компрессора АУ45; *б* — компрессора П220

напряжений могут привести к нарушению соосности элементов конструкции коленчатого вала (изгибу и скрученности вала, смещению осей шеек).

Искажение геометрической формы шеек и уменьшение их диаметра. Для шеек, сопрягаемых с подшипниками скольжения, искажение геометрической формы и уменьшение их диаметра являются результатом нормального износа.

Неравномерность нагрузки вала в пределах одного оборота вызывает неравномерный износ шеек, приводящий к образованию овальности по их сечению и конусообразноети по длине.

Овальность шеек, в том случае если она превышает допустимые пределы, вызывает биение вала, повышенную утечку масла из подшипника, интенсивный износ подшипника скольжения.

Конусообразность шатунной шейки, превышающая допустимый предел, приводит к перекосу поршня в цилиндре из-за сдвига шатунного подшипника в сторону меньшего диаметра шейки, возрастанию утечки масла из подшипника, ускоренному износу шейки, подшипника, цилиндра и поршня.

В процессе эксплуатации происходят искажение геометрической формы и уменьшение диаметра шейки коленчатого вала под сальник. Износ может возникнуть также у шеек под кольца подшипников качения и ступицы маховиков вследствие недостаточного начального натяга в сопряжениях.

Искажение формы шеек и уменьшение их диаметра определяют измерением диаметра шеек микрометром или индикаторной скобой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в трех сечениях по длине (рис. 130).

Овальность и конусообразность корённых и шатунных шеек, сопрягаемых с подшипниками скольжения, устраняют шлифованием или протачиванием и шлифованием до ближайшего ремонтного размера с последующим полированием поверхности.

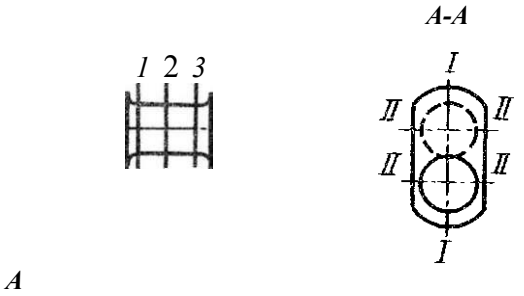


Рис. 130. Схема измерения шеек коленчатого вала

Шлифование выполняют на круглошлифовальных станках (или на токарных станках, оборудованных приспособлениями) электрокорундовыми кругами зернистостью 50—25 на керамической связке твердостью* СМ2.

При шлифовании коренных шеек вал после проверки центровых отверстий шаблоном закрепляют в центрах станка. Шатунные шейки шлифуют (или протачивают) на специализированных станках с использованием планшайб с перемещающимися кронштейнами (зажимами) или на универсальных станках с помощью приспособлений — центросместителей (рис. 131). Валы закрепляют в зажимах или центросместителях за обработанные коренные шейки, поверхности которых служат базами для выверки положения шатунных шеек.

В центросместителях обычно предусматривают две центровочные втулки, расположенные под углом 180°.

Расстояние между осями центровочных втулок равно расстоянию между осями противоположных шатунных шеек. Коленчатый вал с закрепленными на нем центросместителями при обработке второй шатунной шейки снимают с центров станка и снова закрепляют, используя вторую пару центровочных втулок.

Предельное уменьшение диаметра шеек вследствие ремонтной обработки и износа не должно превышать 2—6 % номинального размера.

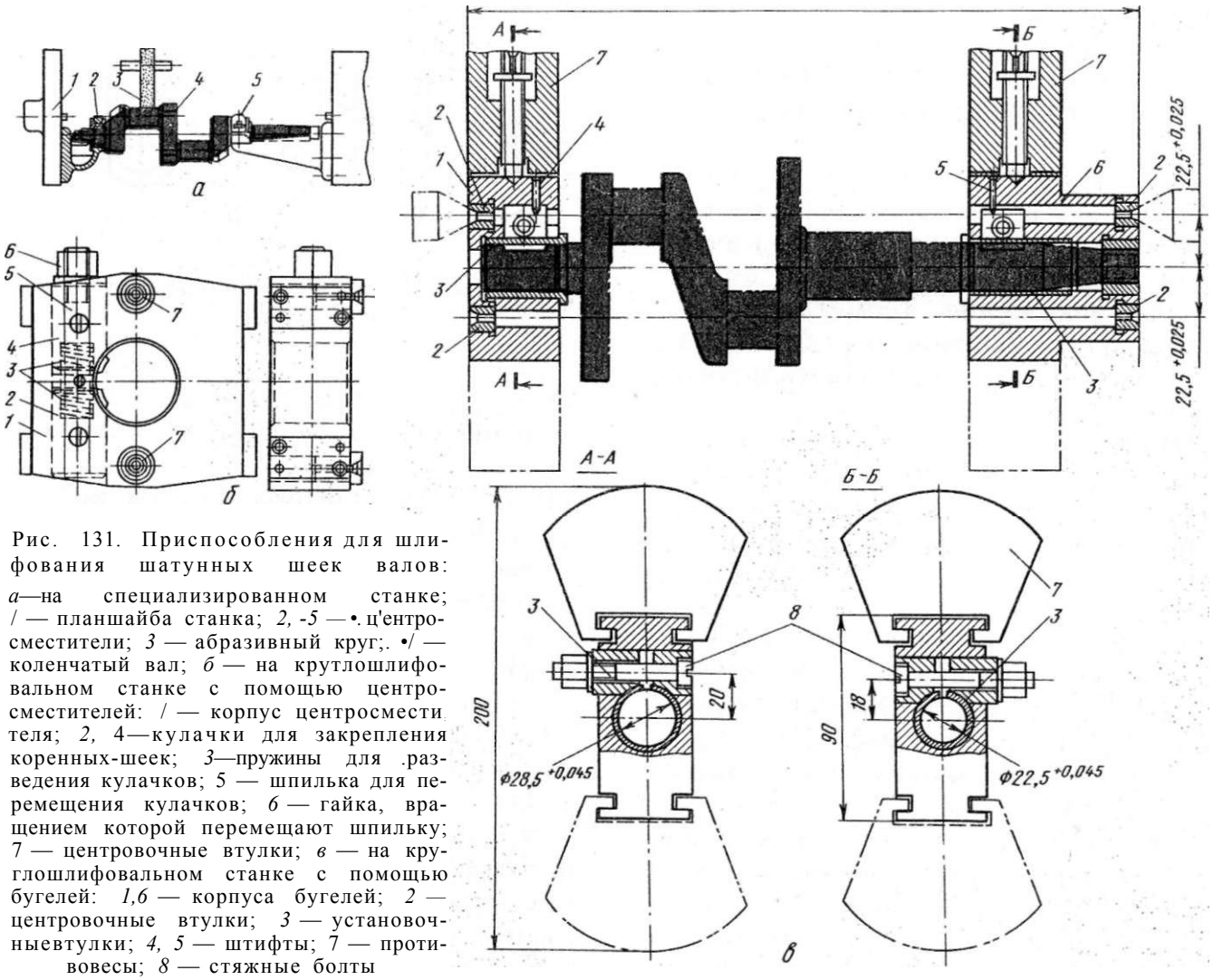


Рис. 131. Приспособления для шлифования шатунных шеек валов: *а*—на специализированном станке; / — планшайба станка; *2, -5* — •. ц'ентросместители; *3* — абразивный круг;. •/ — коленчатый вал; *б* — на крутлошлифовальном станке с помощью центросместителей: / — корпус центросмести теля; *2,* 4—кулачки для закрепления коренных-шеек; *3*—пружины для .разведения кулачков; 5 — шпилька для перемещения кулачков; *6* — гайка, вращением которой перемещают шпильку; 7 — центровочные втулки; *в* — на круглошлифовальном станке с помощью бугелей: *1,6* — корпуса бугелей; *2* — центровочные втулки; *3* — установочныевтулки; *4, 5* — штифты; 7 — противовесы; *8* — стяжные болты

Предельные значения овальности и предельные ремонтные размеры шатунных шеек валов' компрессоров приведены в табл. 20.

При уменьшении диаметра шейки ниже предельного ремонтного размера шейку восстанавливают вибродуговой наплавкой или металлизацией (газопламенным напылением). При восстановлении поверхности и последующей обработке шатунных шеек используют центросместители.

Изношенные шейки валов под сальник, кольца подшипников качения и ступицу маховика протачивают, наплавляют и обрабатывают до номинального размера.

При шлифовании кромки абразивного круга закругляют в соответствии с радиусом закругления галтелей шеек вала. Окружная скорость круга при предварительном шлифовании 25—30 м/с; частота вращения вала 28—Э2 об/мин, подача по глубине 0,010—0,015 мм/об. Частота вращения вала при окончательном чистовом шлифовании 8—15 об/мин, подача по глубине 0,003—0,005 мм/об.

Риски, задиры, забоины на поверхностях шеек валов. Коленчатый вал признают годным без ремонта при наличии незначительных рисок только на поверхностях шеек под кольца подшипников качения и ступицу маховика. Наличие задиров, забоин, а также кольцевых, продольных и спиральных рисок на поверхностях шатунных шеек и шейки под сальник недопустимо.

Дефекты шеек валов в зависимости от характера и величины устраняют шлифованием и полированием на станках или вручную.

Шлифование вручную производят с помощью отрезков плоских приводных ремней, разъемных хомутов или жимков (рис. 132). Перед шлифованием отверстия масляных каналов

Таблица 20

Ход поршня компрессора, мм	Показатели			
	Овальность шатунных шеек, мм		Диаметр шатунных шеек, мм	
	начальная	предельная	номинальный	предельный ремонтный
45			ZD,U-0.022	23,5 -0.008 -0.022
50	0,02	0,05	лс, „-0,025	39,0 -0.025 -0.050
70(R!2)	0,015	0,05	58,0—0,02	56,5 -0.02
70(R22, R717)	0,015	0,04	58,0_o,o2	56,5 -0.02
130	0,02	0,06	Ю0-°0'.0'75	98Z 104 0,075 -0,06
66	0,01	0,06	65,25-°o'.o1	64,5 -0,08
82	—	—	QQ —0,04 У7 -0.075	91,25 —0,04 —0,075

заглушают пробками, поверхность шейки смазывают маслом. Между ремнем (или вкладышами хомута) й шейкой вала закладывают шлифовальную шкурку с абразивом из электрокорунда зернистостью 80—16. Жимки состоят из двух деревянных колодок, соединенных кожаным или металлическим шарниром и имеющих вырез по форме шейки. Вырез жимков оклеивают фетром или кожей, на которые наносят абразивный порошок, смешанный с маслом, или пасту.

Полирование выполняют порошком или шкуркой зернистостью 5—3, а также пастой ГОИ. Поверхность шейки вала после обработки очищают от остатка абразивов, из отверстий каналов удаляют пробки и промывают масляные каналы. Допускается зачистка небольших забоин личным напильником с последующим полированием шейки жимками.

Увеличение размеров и смятие кромок шпоночных пазов. Ширину шпоночных пазов призматических и сегментных шпонок измеряют калибрами. Шпоночный паз при износе менее чем на 15 % его ширины расширяют под ремонтный размер фрезерованием и используют шпонку ремонтного размера. При значительных повреждениях паза его боковые грани нава-

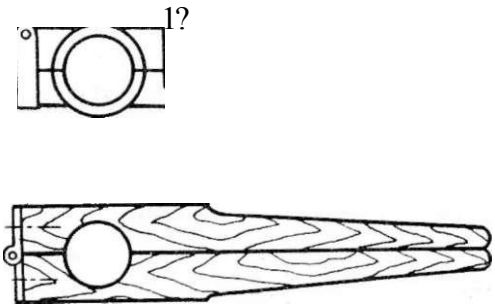


Рис. 132. Жимки для шлифования и полирования шеек коленчатых валов вручную

ривают вибродуговой наплавкой и фрезеруют до номинального размера.

Износ резьбовых участков вала. Резьбовые участки вала могут иметь следующие дефекты: износ по диаметру, срыв резьбовых ниток, выкрашивания, забоины, вмятины и заусенцы. Незначительные вмятины, заусенцы и забоины резьбы на конце вала исправляют прогонкой плашкой на токарном станке.или вручную. При значительном износе профиля и срыве ниток старую резьбу срезают, диаметр участка восстанавливают вибродуговой наплавкой, затем протачивают и нарезают резьбу номинального размера. В отдельных случаях, если конструкция вала позволяет подобный способ ремонта, на резьбовом участке срезают изношенную резьбу и нарезают резьбу меньшего диаметра. Сопрягаемую деталь изготовляют с учетом нового размера.

Повреждение центровых отверстий вала. Установка вала с поврежденными поверхностями центровых отверстий в центры станка может привести к значительным ошибкам при измерениях, а при ремонтной обработке вала — к эксцентриситету одних шеек относительно других.

Забоины на кромках отверстий и незначительные повреждения поверхностей устраняют зачисткой.

Центровые отверстия, имеющие значительные повреждения, исправляют резцом или центровочным сверлом на токарном станке с центровкой вала в люнете относительно неизношенных шеек. Положение основных

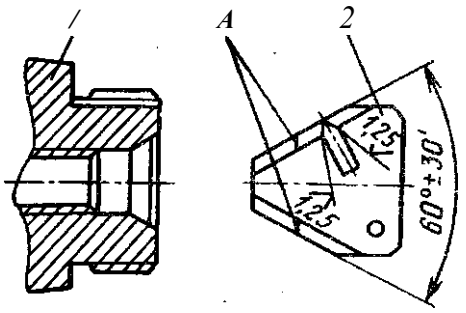


Рис. 133. Проверка центровых отверстий коленчатого вала:

1 — вал; *2* — шаблон; *А* — риски, нанесенные на шаблон

поверхностей центровых отверстий относительно торцов вала проверяют по рискам, нанесенным на шаблон для проверки отверстий (рис. 133).

Усталостные трещины и изломы. Длительное действие циклических нагрузок в местах концентрации напряжений (галтелях, сверлениях, шпоночных пазах, а также в местах подрезов и рисок от грубой механической обработки) способствует образованию усталостных трещин, приводящих в дальнейшем к излому вала.

Благоприятные условия для развития усталостных трещин появляются у коленчатых валов, подвергнутых при ремонте механической обработке, так как при этом снижается твердость рабочих поверхностей, перераспределяются остаточные напряжения, понижается жесткость вала.

Усталостную прочность шеек коленчатого вала после механической обработки повышают дополнительной термообработкой, скруглением кромок каналов для смазки, шлифованием и полированием внутренней поверхности каналов в местах выхода смазки, обкаткой галтелей роликами.

Дефектацию коленчатого вала при капитальном ремонте начинают с выявления усталостных трещин цветной или люминесцентной пробой. При наличии трещин вал бракуют.

Изгиб и скрученность вала, смещение осей шеек. Дефекты возникают в результате значительных перегрузок, действия остаточных температурных напряжений, неправильной обработки вала.

Характер изгиба выявляют по величине радиального биения коренных шеек, шейки под сальник и конусной шейки под маховик после установки вала в центрах проверочного приспособления или токарного станка. Для измерения величины биения используют индикатор со стойкой (рис. 134).

Биение поверхностей шеек измеряют, поворачивая вал в центрах на 360°. При полном обороте вала индикатор показывает двойную величину биения. Величина биения одновременно учитывает величину прогиба вала и величину овальности шейки.

Примерный допустимый прогиб валов бескрейцкопфных компрессоров под действием собственной массы составляет 0,1 мм на 1 м длины. Прогиб, превышающий допустимую величину, может быть устранен правкой в холодном состоянии с помощью пресса или местным наклепом щек вала. Правка коленчатого вала под прессом вызывает снижение его усталостной прочности, так как под действием изгибающего усилия, приложенного к одной шейке, происходят местная пластическая деформация в наиболее податливом месте и сосредоточение остаточных напряжений у галтелей. Этот способ применяют только при значительном прогибе валов, имеющих достаточный запас прочности. Изгиб при величине прогиба от 0,02 до 0,04 % длины вала устраняют местным наклепом щек с помощью пневматического молотка со специальной угловой надставкой. Если выпуклость погнутого вала обращена наружу, наклепывают внутренние поверхности щек, при обратной деформации — наружные поверхности. Усталостная прочность

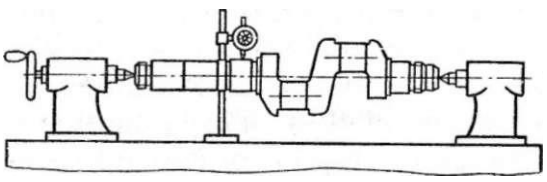


Рис. 134. Измерение величины биения коленчатого вала

вала после правки местным наклепом не снижается. Места приложения усилий после правки проверяют на отсутствие трещин.

Скрученность вала определяют по угловому смещению шпоночных пазов. Вал для проверки устанавливают на призмах на проверочной плите. Угол скручивания измеряют при помощи индикаторов или рейсмуса и угломера. Валы бракуют, если угол скручивания превышает 0,25° на 1 м длины вала.

Отклонение от параллельности осей шатунных шеек относительно оси коренных шеек проверяют индикатором со стойкой. Вал с помощью призм устанавливают на проверочной плите поочередно с вертикальным и горизонтальным расположением плоскости шатунных шеек, а измерительный штифт индикатора перемещают вдоль образующей шеек. Разность показаний индикатора, измеренных на концах шейки, определяет суммарную величину двух дефектов: отклонения от параллельности оси шейки относительно оси вала и конусообразности шейки. Отклонение от параллельности оси шатунной шейки относительно оси вала может быть устранено шлифованием под ремонтный размер.

Клапаны, пружины

Седла, корпуса' комбинированных клапанов, колодки, фиксирующие штифты, шпильки, болты и винты крепления для клапанов средних и крупных компрессоров изготовляют из стали 45, розетки — из стали 45 и 40Х или чугуна СЧ 21-40, клапанные плиты малых компрессоров — из чугуна СЧ 21-40, проставки всасывающих клапанов компрессоров с ходом поршня 66 и 82 мм — из стали Х18Н9Т. Шероховатость уплотнительных поверхностей деталей, сопрягаемых с пластинами клапанов, /?$_a$ = 0,63 4-0,16 мкм.

Материал пластин клапанов должен сочетать в себе достаточную твердость с высокой ударной и усталостной прочностью, так как пластины работают в тяжелых условиях знакопеременных нагрузок и повышенной температуры с большой частотой циклов, равной частоте вращения вала компрессора.

Полосовые и пятачковые пластины изготовляют из листовой холоднотянутой стали 70С2ХА или У10А (твердость HRC 48—54), кольцевые пластины — из листовой стали 30ХГСА, ЗОХГСА-СШ или 3Х13 с термообработкой до твердости HRC 48—54.

Шероховатость поверхностей пластин /<$_a$ = 0,63 4-0,16 мкм, кромок = 1,25 мкм. Риски, надрезы, выбоины и другие дефекты, повышающие заданную шероховатость, на поверхностях пластин не допускаются. Поперечная желобчатость полосовых пластин допускается не более 0,03 мм. Коробление кольцевых пластин компрессоров с ходом поршня 66 мм не должно превышать 0,05 мм (при проверке на контрольной плите под равномерно распределенной нагрузкой 0,6 кг по среднему диаметру), для пластин компрессоров с ходом поршня 82 мм — 0,1 мм (под равномерно распределенной нагрузкой 1 кг). Кромки пластин притупляют и скругляют с радиусом закругления 0,1—0,3 мм. Конструкции клапанов изображены на рис. 135.

Дефектация и ремонт. Холодопроизводительность компрессора зависит от плотности прилегания клапанных пластин к рабочим поверхностям седел и герметичного разделения нагнетательной и всасывающей полостей, а также от свободного перемещения пластин на полную высоту подъема. Повреждения рабочих поверхностей пластин, седел, розеток и клапанных плит, их неравномерный износ, усталостное коробление пластин ухудшают основные показатели работы компрессора и снижают его долговечность.

Износ седел, корпусов комбинированных клапанов и клапанных плит, является следствием абразивных разрушений, эрозии, частых и сильных ударов пластин.

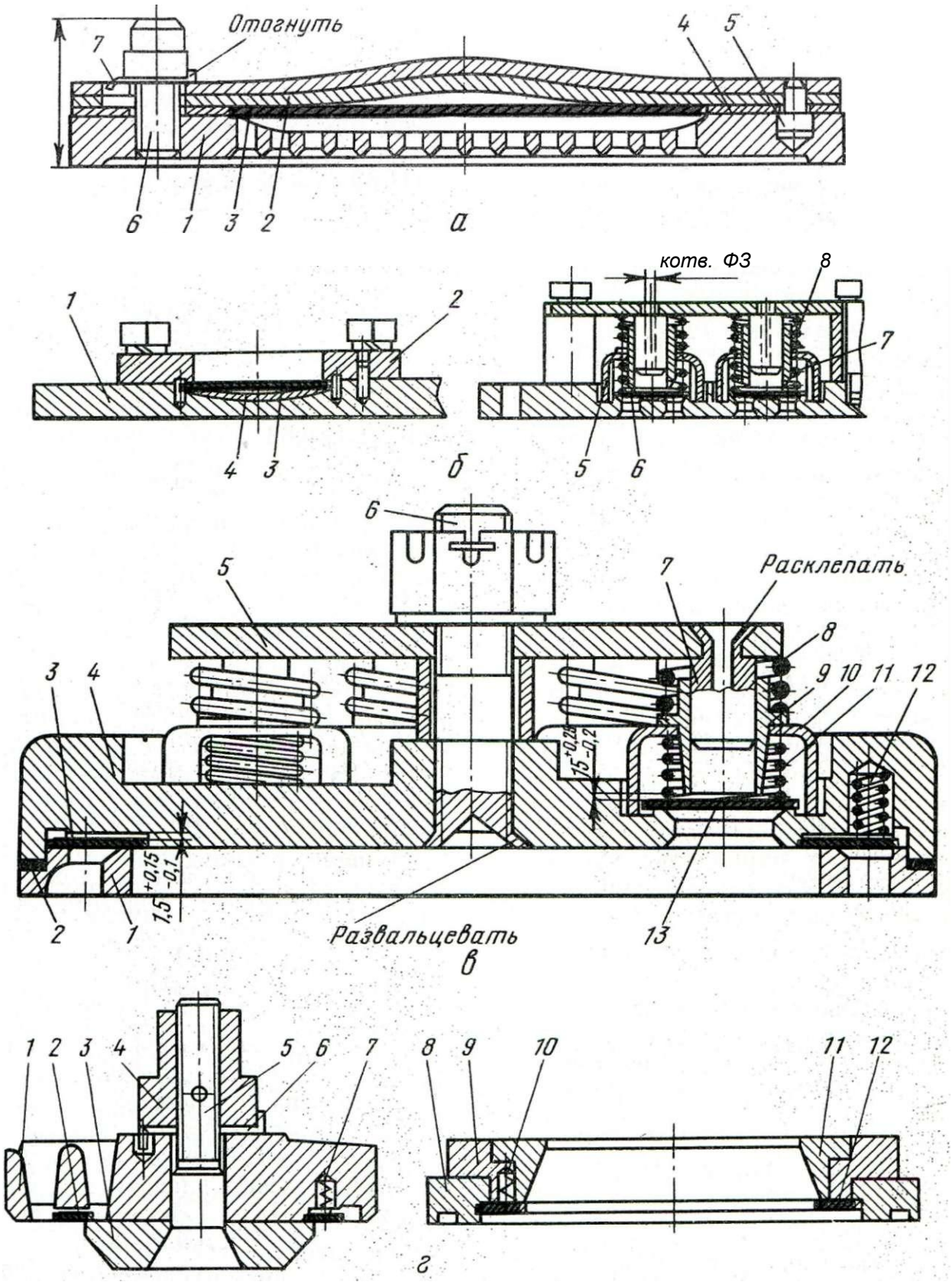


Рис. 135. Клапаны:

а — нагнетательный клапан компрессора АУ200: 7 — седло; *2* — розетка; *3* — пластина; *4* — ограничитель; *5* — штифт; *6* — болт; 7 — шайба стопорная; *б* — всасывающий и нагнетательный клапаны компрессора ФВ6: / — клапанная доска; *2* — колодка всасывающего клапана; *3* полосовая пластина; *4* — буферная пружина; *5*—розетка нагнетательного клапана; *6*— пятачковая пластина; 7 — пружина; *8* — буферная пружина; *в* — комбинированный клапан компрессора ФВ20: / — седло; *2* — прокладка; *3* — кольцевая пластина всасывающего клапана; *4* — корпус; 5 — диск; *б*— шпилька; 7— палец; *8*— пружина буферная; *9*— направляющая втулка; *10*—розетка; // — пружина нагнетательного. клапана; *12*— пружина всасывающего клапана; *13* — пятачковая пластина нагнетательного клапана; *г* — нагнетательный и всасывающий клапаны компрессора 1140: /—розетка; *2* ^-кольцевая пластина нагнетательного клапана; *3* — седло; *4*—втулка; *5* — болт;. *б* — шайба стопорная; 7 — пружина; *8*—розетка; *9*—проставка; *10*— пружина; // — кольцо; *12* — кольцевая пластина всасывающего клапана

Основными дефектами седел и клапанных плит являются: повреждения рабочих уплотнительных поверхностей (плоскостей прилегания пластин) в виде рисок, задиров и забоин, коробление плоскостей деталей, трещины и обломы.

Повреждения рабочих уплотнительных поверхностей и коробление плоскостей в пределах 0,03—0,05 мм устраняют притиркой, дефекты больших размеров — шлифованием с последующей притиркой. После ремонтной обработки толщина седла или клапанной плиты не должна стать ниже величины, указанной в технологическом процессе ремонта.

Притирку выполняют на специальных станках или вручную на притирочных плитах.

Для грубой притирки используют абразивные микропорошки М14, М20 или пасту ГОИ (грубую, темно-зеленого цвета), для чистовой — микропорошки М5, М7, М10 или пасту ГОИ (среднюю, зеленого цвета). Смазка для микропорошков — масло, для пасты ГОИ — керосин. Для притирки клапанных плит на станке применяют пасту следующего состава: микропорошок М28 — 57 %, парафин — 5,7, Стеарин — 0,9, масло веретенное— 34,4 %. Применение указанной пасты позволяет получить шероховатость поверхности #a = 0,04 мкм.

Седла пятачковых клапанов притирают с помощью притиров из чугуна или меди. Притирку рабочих уплотнительных поверхностей рекомендуется проводить также при замене пластин, так как их окончательная приработка происходит при обкатке компрессора под давлением.

Для ограничителей и розеток всасывающих клапанов прямоточных компрессоров (рис. 136) характерны забоины и следы наклепа на краях криволинейной поверхности розеток, износ направляющих перемычек по ширине и длине (ширине и глубине для ограничителей), коробление ограничителей, образование трещин на перемычках розеток.

Наличие повреждений рабочих поверхностей и трещин определяют наружным осмотром, коробление плоскостей — с помощью лекальной

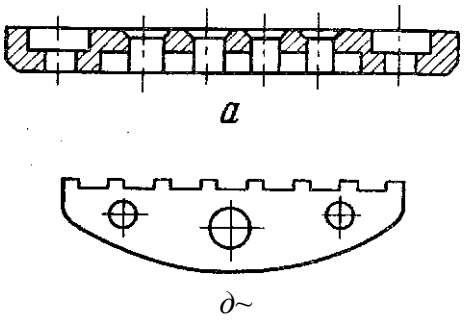


Рис. 136. Детали клапанов:
а — розетка всасывающего клапана компрессора АУ45; б — ограничитель клапана компрессора АУ200

линейки и щупа или по краске на проверочной плите, износ направляющих перемычек — штангенцир-~кулем.

Розетки и ограничители заменяют новыми при износе направляющих перемычек (гребенок ограничителей) более чем на 0,3 мм по ширине и более чем 0,5 мм по длине пластин (глубине гребенок).

Забоины на криволинейных поверхностях розеток устраняют посредством зачистки, коробление ограничителей — правкой (рихтовкой).

Износ полосовых, пятачковых и кольцевых пластин выражается в их короблении, истирании, появлении на их поверхностях усталостных трещин, выкрашиваний и других дефектов.

Дефекты пластин выявляют наружным осмотром и проверкой их прямолинейности с помощью лекальной линейки или по краске на контрольной плите. Пластины клапанов, находившихся в эксплуатации, должны иметь четко выраженные пояски уплотнения шириной 0,5—1,5 мм. Пояски уплотнения располагаются по периметру пластины и должны иметь зеркальный металлический блеск без следов прорыва холодильного агента.

Пятна нагара на поясках уплотнения свидетельствуют о пропуске хладагента и неплотном прилегании пластин к седлу. Пропуск хладагента может быть следствием выпуклости или волнистости пятачковых, повышенной поперечной желобчатости

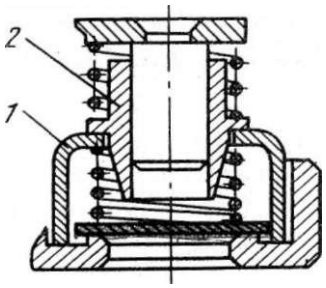


Рис. 137. Нагнетательный клапан с пятачковой пластиной:
/ — розетка; 2 — направляющая втулка

или сабельной кривизны[1] полосовых пластин и коробления кольцевых.

Дефектные пластины заменяют новыми. Пластины с износом по толщине более 0,15 мм также подлежат замене. Мелкие повреждения глубиной до 0,03 мм на поверхностях кольцевых пластин устраняют притиркой.

Износ направляющих втулок и розеток нагнетательных клапанов с пятачковыми пластинами является следствием частых ударов и истирающего действия при перемещении пластин.

Дефектами, характерными для втулок и розеток (рис. 137), являются неравномерный износ торца направляющей втулки, износ внутренних поверхностей упорных лап и отверстия под втулку розетки, трещины, обломы, задиры и забоины на поверхностях деталей.

При трещинах и обломах, значительном износе внутренних поверхностей лап или увеличении диаметра отверстия под втулку сверх допустимого розетки и втулки бракуют. Неравномерный износ торца направляющей втулки исправляют притиркой на плите. Заусенцы, риски и неровности на внутренних поверхностях направляющих лап розетки устраняют зачисткой.

Дефектами пружин клапанов и буферных пружин являются трещины, риски, недостаточная упругость и осадка. При наличии осадки по высоте для пружин клапанов более 1,5 мм, для буферных пружин 3 мм, а также трещин и рисок пружины заменяют новыми. Упругость пружин клапанов проверяют троекратным сжатием пружины до соприкосновения витков. Высота пружины после сжатия не должна выходить за пределы допускаемых отклонений. Упругость буферных пружин проверяют в специальных приспособлениях или приборах (для проверки буферных пружин компрессоров с ходом поршня 45 и 50 мм используют прибор МИП-100). Высота буферной пружины при рабочей осевой нагрузке должна находиться в допускаемых пределах.

Сборка и проверка плотности клапанов. Перед сборкой клапанов с кольцевыми пластинами проверяют высоту пружин. Пружины, установленные в клапан, не должны отличаться по высоте более чем на 1 мм. Путать пружины всасывающих и нагнетательных клапанов (пружины нагнетательных клапанов имеют более высокую жесткость) при сборке не допускается.

Сборку нагнетательных клапанов компрессоров с ходом поршня 70 мм начинают с проверки плотности соединения шпилька — нижняя плита клапана и высоты пружин. Любые дефекты вальцовки нижнего конца шпильки, которые могут привести к пропуску пара агента в цилиндр компрессора, не допускаются.

После сборки клапанов с полосовыми пластинами проверяют равномерность прилегания розетки к седлу (для клапанов типа «Домик» равномерность прилегания розетки к ограничителю и ограничителя к седлу) и свободу перемещения пластин.

У клапанов с пятачковыми и кольцевыми пластинами после сборки проверяют высоту подъема и свободу перемещения пластин.

Равномерность прилегания розетки к седлу проверяют при помощи щупа, свободу перемещения пластин — путем отжатия их со стороны

[1] Сабельная кривизна — неравномерное прилегание пластины по ее длине.

седла (нижней опорной плиты и т. п.). Защемление пластин и отсутствие свободного перемещения приводят к их быстрой поломке.

Высота подъема пятачковых пластин должна находиться в пределах от 1,1 до 1,5 мм. Для уменьшения высоты подъема шлифуют торцы упорных лап розетки, для увеличения — нижний торец направляющей втулки.

Кольцевые пластины нагнетательных клапанов компрессоров с ходом поршня 66 и 82 мм должны иметь высоту подъема 1,1 — 1,2 мм; пластины всасывающих клапанов компрессоров с ходом поршня 66 мм — 1,5 мм для компрессоров, работающих на R717 и R22 (низкотемпературный режим), и 2,0 мм для компрессоров, работающих на R12 и R22 (высоко- и среднетемпературный режим); пластины всасывающих клапанов компрессоров с ходом поршня 82 мм — 1,4 — 1,7 мм для компрессоров, работающих на R717, и 1,4—2,1 мм для компрессоров, работающих на R12 и R22.

Высоту подъема пластин всасывающих клапанов компрессоров с ходом поршня 66 и 82 мм измеряют щупом. Высоту подъема кольцевых пластин всасывающих клапанов и одновременно величину линейного мертвого пространства регулируют изменением толщины прокладок под гильзой и клапаном. Увеличенная высота подъема пластин всасывающих клапанов снижает долговечность пластин и приводит к их поломке в относительно короткий срок.

Плотность собранных клапанов проверяют различными способами. Плотность клапана может быть проверена с помощью смазочного масла, залитого со стороны розетки (ограничителя подъема пластин). Масло ХФ12-16 у плотного клапана появляется на нижней стороне седла не ранее чем через 10—15 мин.

Плотность нагнетательных клапанов проверяют по времени повышения давления на всасывающей стороне компрессора до определенной величины. Так, при проверке клапанов компрессоров с ходом поршня 45 и 50 мм на нагнетательной стороне создают избыточное давление 0,8 МПа, а на стороне всасывания — остаточное давление 0,53 кПа. Плотные пружинные нагнетательные клапаны не должны допускать повышения давления на стороне всасывания до 0,1 МПа быстрее чем за 15 мин, беспружинные — быстрее чем за 5 мин.

Плотные всасывающие клапаны тех же компрессоров должны обеспечивать понижение давления на всасывающей стороне до 6,7 кПа. При наличии на ремонтном предприятии специального стенда компрессор проверяют на объемную производительность. При этом компрессор за установленный промежуток времени должен повысить давление до заданной величины в ресивере определенной вместимости. Так, продолжительность наполнения баллона вместимостью 20 л до давления 1,0 МПа для компрессора ФВ6 не должна превышать 40 с.

Сальники с кольцами трения

Кольца сальников (рис. 138) изготовляют из цементируемой закаленной углеродистой или легированной стали твердостью HRC 56—62 (сталь марок 15Х, 20, 20Х), специализированного металлографита (гра-

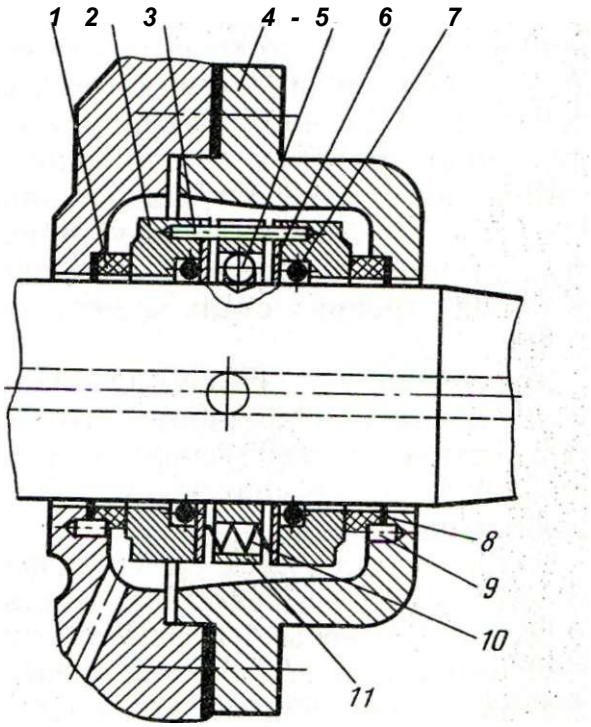


Рис. 138. Сальник компрессора 1180:

/ — неподвижное металлографитовое кольцо; *2* — вращающееся с валом (подвижное) стальное кольцо; *3, 9* — штифты; *4* — крышка сальника; 5 — шарик; *6* — нажимное кольцо; 7 — резиновое кольцо; *8*— прокладка; *10*— пружина; // — ведущее кольцо (обойма)

фит марок АГ-1500Б83, АПГ-Б83), высокооловянистой фосфорной бронзы твердостью НВ 100—130. Герметичность стыков графитового и стального кольца обеспечивают заливкой их эпоксидным клеем. Шероховатость притертых уплотнительных поверхностей колец /?$_a$ = 0,08-т--т-0,04 мкм.

Сальники выполняют с одной (при диаметре вала до 50 мм) или несколькими пружинами. Пружины одного комплекта, установленного в ведущее кольцо (сепаратор), не должны отличаться по высоте более чем на 0,5 мм.

Уплотнительные кольца и прокладки изготовляют из резины или фторопласта, стойких к холодильному агенту и смазочному маслу. Уплотнительные резиновые кольца предотвращают выход смазки и холодильного агента по валу. Их устанавливают на вал в растянутом состоянии, так как внутренний диаметр колец меньше диаметра сопрягаемой шейки вала.

Допустимые удельные давления на трущиеся поверхности колец должны составлять: 0,14—0,2 МПа для сильфонных пружинных сальников с парой трения сталь — бронза; 0,08—0,1 МПа для пружинных самоустанавливающихся сальников с теми же материалами трущейся пары и 0,04—0,06 МПа для пружинных самоустанавливающихся сальников с парой трения сталь — металлографит.

Дефектация и ремонт. Основная неисправность сальника — его неплотность вследствие износа колец и пружин, а также сйльфонов у сильфонных сальников.

Износ стальных и графитовых колец выражается в появлении на притертых уплотнительных поверхностях рисок, сколов, трещин, выкрашиваний, наволакиваний баббита, а также в уменьшении высоты колец. Стальные кольца могут быть также подвергнуты короблению.

Кольца трения при наличии на уплотнительных поверхностях трещин, задиров и рисок, не устраняемых притиркой, выкрашиваний и сколов значительной величины заменяют новыми. Графитовые кольца (вставки) бракуют также при износе по высоте более 2 мм, стальные — при износе буртика рабочей плоскости более 0,67 его высоты. Коробление колец, а также проворачивание графитовых вставок в кольцах не допускаются.

Риски и наволакивания баббита на уплотнительных поверхностях колец устраняют притиркой на специальных станках в условиях ремонтных комбинатов или вручную. Для выведения относительно глубоких рисок уплотнительные поверхности стальных колец перед притиркой шлифуют. После шлифования кольцо должно иметь припуск для последующей обработки 0,01 — 0,02 мм и шероховатость шлифованной поверхности R_a = 1,25-7-0,63 мкм.

Предварительную притирку колец производят на чугунной плите, а окончательную доводку — на притирочном стекле.

Стальные кольца притирают пастой с микропорошком М5, пастой ГОИ (средней или тонкой), а также пастой, состоящей из микропорошка М28 — 36 %, парафина — 36 %, стеарина — 6 % и веретенного масла — 22 %. Для приготовления пасты с микропорошком используют смазочное масло, пасту ГОИ перед употреблением растворяют в керосине.

Графитовые кольца притирают на чугунной плите без применения абразивного порошка или на стекле, смоченном машинным маслом. После притирки на уплотнительных поверхностях допускаются отдельные незначительные риски (царапины), не пересекающие притертые поверхности.

Дефектами пружин являются трещины, надломы концов пружин", риски, уменьшение высоты пружин вследствие потери ими упругости. Дефектные пружины бракуют.

К дефектам резиновых колец и прокладок относятся потеря ими эластичности, трещины и надры-

вы. Дефектные кольца и прокладки заменяют. При установке новых резиновых колец с них аккуратно удаляют облой ,(пластинки резины, образовавшиеся в местах разъема пресс-формы).

При дефектации сильфонов выявляют трещины, вмятины, неплотности в местах пайки сильфона к пяте и фланцу. При наличии трещин и вмятин сильфоны заменяют, неплотности устраняют пайкой припоем ПОС-40 с применением бескислотного флюса. ^

Проверка плотности сальников после ремонта. Плотность;собранных сальников проверяют при работе компрессора по количеству капель масла, вытекающих из сальника в течение определенного времени. Пропуск масла через исправные сальники поршневых компрессоров не должен превышать 10—20 капель в 1 ч, у винтовых компрессоров — б капель в 1 мин.

Шестеренчатые масляные насосы

. Корпуса шестеренчатых масляных насосов (рис. 139) изготовляют из чугуна СЧ 18-36, шестерни — из углеродистой стали (сталь 45) с тер- . :мической обработкой до твердости НВ 240—280, ведущие и ведомые

: (to снятой" •• шестерней, привода) .

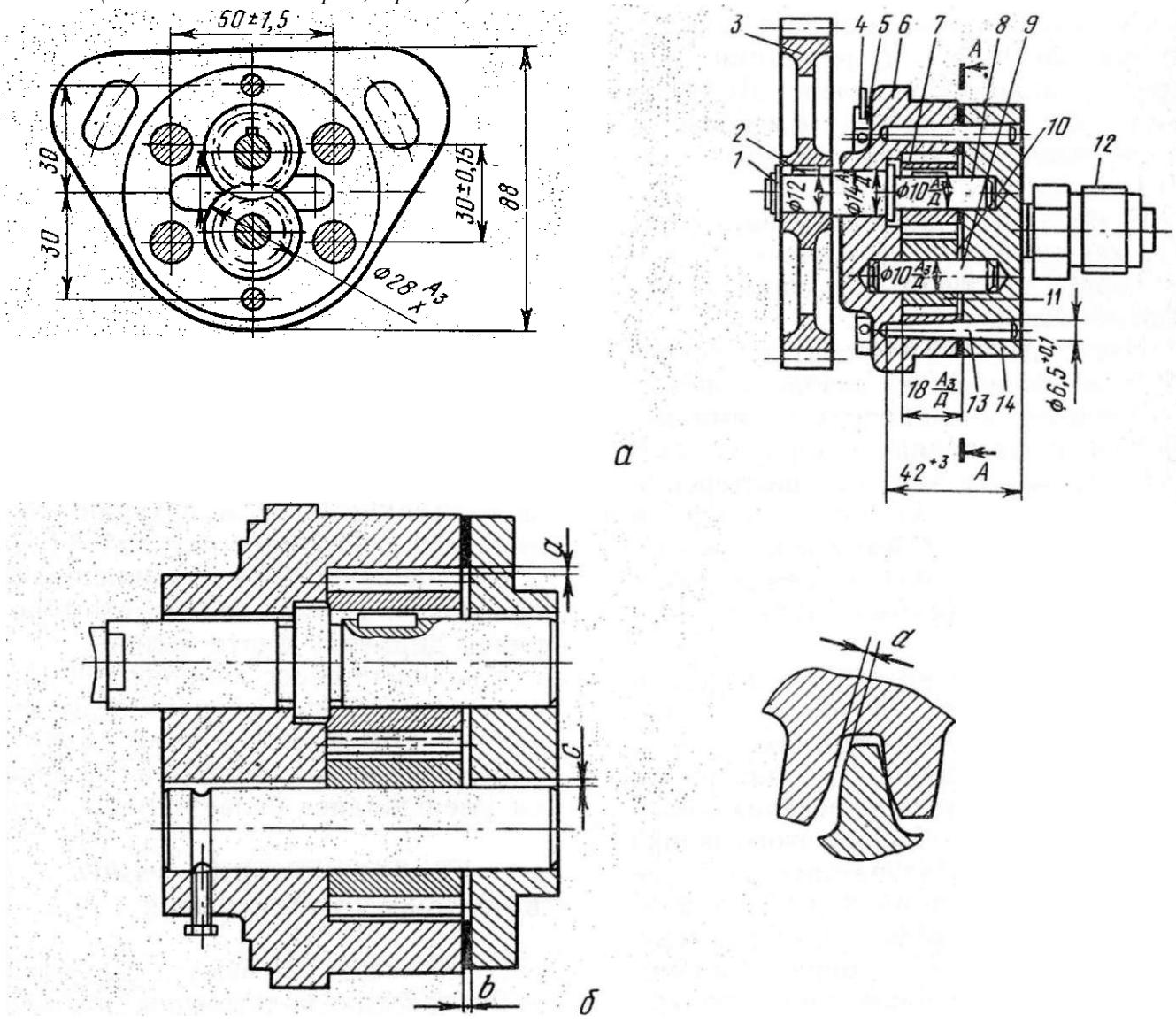


Рис. 139. Шестеренчатые масляные насосы:

а - компрессора ФУ40; *б* — компрессора АУ200; / — кольцо стопорное; *2*—шпонка сегментная; *3* — шестерня привода; *4* ~ шплинт; *5* — болт; *6* — корпус насоса; *7,11* — шестерни ведущая и ведомая; *8* — вал ведущей шестерни; *9* — вал ведомой шестерни; *10* — прокладка; *12* — штуцер; *13* — штифт конический; *14* - крышка

валики — из цементируемой углеродистой стали (сталь 45), закаленной до твердости HRC 56—62.

Отверстия в корпусе насоса и шестернях выполняют по посадке *H&,* Яд (Аз), наружные диаметры шестерен и валиков — по посадке *g6* (Д).

Зазор между торцом шестерни и корпусом (крышкой) выдерживают из расчета 0,05 мм на 100 мм высоты шестерни.

Дефектация и ремонт. Приводные шестерни насосов заменяют новыми при поломке зубьев, выкрашивании рабочих поверхностей, значительном износе зубьев по толщине, трещинах на ножках зубьев, искажении формы зубьев вследствие пластической деформации, натирах на боковых поверхностях зубьев, вызывающих заедание шестерен, деформации или срезе шпоночного паза. Дефекты выявляют наружным осмотром и измерением толщины зубьев штангензубомером.

е

В масляных насосах износу подвержены корпус и его крышка, зубья и торцы шестерен, ведущий и ведомый валики.

Износ деталей насоса сопровождается увеличением зазоров: между цилиндрическими поверхностями шестерен и расточками корпуса (зазор а), между торцами шестерен и крышкой (зазор *в),* между цапфами валиков и отверстиями крышки и корпуса насоса (зазор *с),* между боковыми поверхностями зубьев (зазор *d).*

При дефектации зазоры *a, c,* и *d* измеряют щупом, зазор *b* — с помощью свинцовой выжимки.

Начальная величина зазора *а* должна находиться в пределах 0,02—0,06 мм. При увеличении этого зазора до 0,15 мм корпус растачивают или развертывают, а шестерни изготовляют по новому ремонтному размеру. Начальный зазор в сопряжении может быть восстановлен гильзованием корпуса. При восстановлении корпуса используют гильзы из серого чугуна, которые отливают в форму — кокиль. Гильзы устанавливают в заранее расточенном корпусе на эпоксидном клее, сушат в термошкафу, после сушки обрабатывают под номинальный размер на токарном или вертикально-фрезерном станке.

Оптимальное значение зазора *Ь* находится в пределах 0,01—0,06 мм. Если зазор становится больше 0,1 мм, его регулируют изменением толщины прокладки между крышкой и корпусом. При невозможности достижения оптимальной величины зазора вследствие выработки крышки торцами шестерен производят шлифование крышки с последующей притиркой ее к корпусу. После обработки между крышкой и корпусом устанавливают новую прокладку из кальки или пергаментной бумаги.

Величина зазора *с* у нового насоса составляет 0,01—0,04 мм. При увеличении зазора до 0,1 мм его восстанавливают путем расточки отверстий в корпусе и крышке и запрессовки в них бронзовых втулок толщиной 1 мм. Валики, имеющие значительную выработку цапф, заменяют новыми.

Зазор *d* в зацеплении шестерен устанавливают в пределах 0,08—0,17 мм. При увеличении зазора до 0,5 мм шестерни заменяют.

Для масляного насоса характерен также износ его корпуса в процессе эксплуатации буртом ведущего валика. При износе корпуса более 1 мм в изношенной части устанавливают бронзовую втулку, диаметр которой равен диаметру бурта валика.

Масляный насос заменяют новым, если износ корпуса буртом ведущего валика превышает 1,5 мм, а также если толщина крышки из-за износа уменьшилась более чем на 1 мм.

§ 53. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Наибольшему износу в винтовых компрессорах подвержены подшипники скольжения и качения, шейки роторов, сопрягаемые с подшипниками скольжения, детали сальников и регуляторов производительности.

Подшипники скольжения. Износ подшипников скольжения проявляется в уменьшении толщины антифрикционного слоя, вследствие чего увеличивается радиальный зазор между подшипником скольжения и шейкой ротора, появлении на рабочих поверхностях подшипников рисок, выкрашиваний и отслоений баббита.

Радиальный зазор между подшипником скольжения и шейкой ротора не должен превышать предельной величины: для компрессора 5ВХ-350/5ФС — 0,18 мм, для компрессора S3-1800 — 0,2 мм. На рабочей поверхности подшипников допускаются отдельные мелкие риски, выкрашивания и отслоения баббита не допускаются. Подшипники скольжения винтовых компрессоров S3-900, S3-1800 заменяют новыми, если ширина и глубина отдельных рисок превышает 0,5 мм, а ширина ленты рисок превышает 5 мм.

Изношенные подшипники скольжения перезаливают или заменяют новыми.

Подшипники качения. Износ радиально-упорных подшипников качения выражается в увеличении радиальных и осевых зазоров, разрушении сепараторов. Осевой зазор радиально-упорных подшипников измеряют у собранного винтового компрессора с помощью индикатора.

Износ радиально-упорных подшипников ведущего ротора сопровождается увеличением его осевого смещения, в результате чего возрастает нагрузка на пружины сальника и ускоряется износ колец трения.

Изношенные подшипники качения заменяют новыми. Наличие заусенцев на сепараторах шарикоподшипников не допускается.

Роторы. При дефектации определяют величину овальности и конусообразное™ шеек роторов. Допустимое отклонение формы шеек ротора от цилиндричности составляет 0,01 мм на длину шеек. На рабочих поверхностях шеек роторов допускаются мелкие кольцевые риски протяженностью до одной трети длины окружности подшипника, не более трех

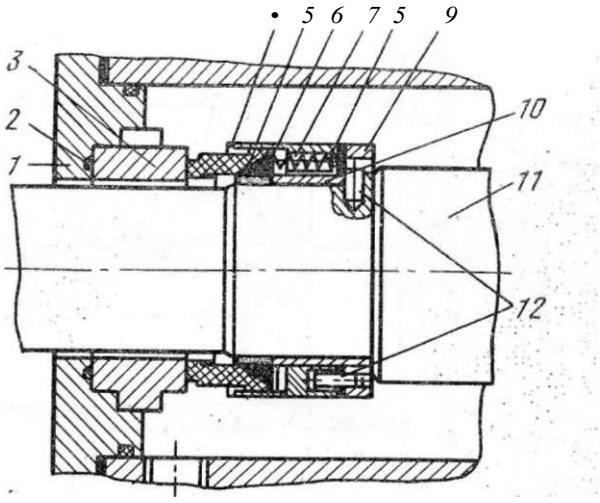


Рис. 140. Сальник винтового компрессора S3-900:

/ — крышка; *2* — резиновое кольцо; *3* — чугунное контркольцо трения; *4*—ограничитель; *5*—графитовое кольцо трения; *6* — уплотнительное кольцо; 7 — пружина; *8* — сепаратор пружин; *9* — поводковое кольцо; *10*—защитная втулка вала; // — вал ведущего ротора; *12* — штифты

кольцевых рисок глубиной и шириной до 0,3 мм в средней части шейки. Минимальный диаметр шеек роторов, сопрягаемых с подшипниками скольжения, для компрессоров 5ВХ-350/5ФС и 5ВХ-350/2,6 89,96 мм.

Сальники. Для деталей сальников винтовых компрессоров характерны такие же дефекты, что и для сальников поршневых компрессоров. Дефекты уплотнительных поверхностей колец трения устраняют притиркой.

Отклонение от плоскостности притертых поверхностей колец не должно превышать 0,01 мм, отклонение от параллельности тех же поверхностей у графитовых колец сальников компрессоров 5ВХ-350-5ФС и 5ВХ-350/2,6—0,005 мм.

Минимальная высота графитового кольца для компрессоров 5ВХ-350/5ФС и 5ВХ-350/2,6 составляет 8_мм.

Характерным дефектом сальников компрессоров S3-900 и S3-1800 является образование кольцевой выработки на защитной втулке шейки ведущего ротора в месте установки клиновидного уплотняющего кольца (рис. 140). Ширина выработки на поверхности защитной втулки может достигать 4—5 мм при глубине 0,5—1,0 мм. Замена деталей (колец и

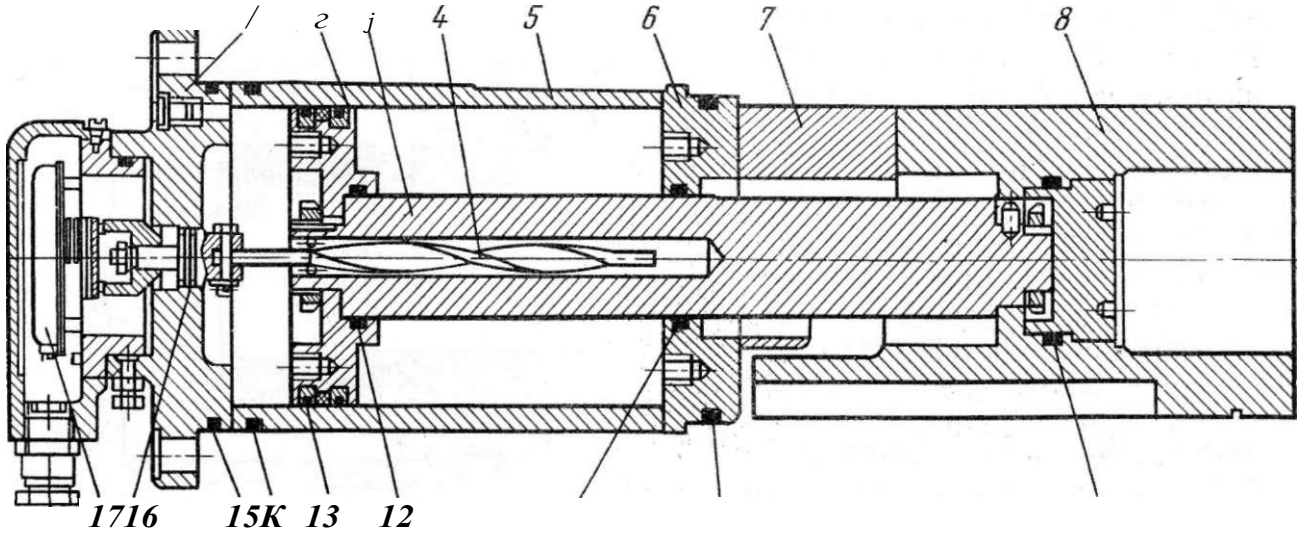


Рис. 141. Регулятор производительности компрессора S3-900:

1 — крышка; *2*—поршень; *3*— шток; *4* — скрученный плоский стержень; *5*— втулка цилиндра; *6* — упорная шайба; *7*—ограничитель; *8*— регулирующий золотник; *9—16*— уплотнительные кольца; *17*—потенциометр

пружин) при подобном дефекте не устраняет неплотности сальника. Защитные втулки с кольцевой выработкой заменяют новыми./

Регуляторы производительности. У регуляторов производительности компрессоров S3-900, S3-1800 (рис. 141) часто наблюдаются повреждение и потеря эластичности резиновых уплотнительных колец. Неплотность колец на поршне регулятора приводит при работе компрессора к постоянному перемещению поршня и регулирующего золотника в направлении, соответствующем увеличению производительности. Неплотность других резиновых колец регулятора производительности вызывает утечку масла из гидравлической системы в компрессор или наружу. Уровень масла в рисивере гидравлической системы при этом понижается. Изношенные резиновые кольца заменяют новыми.

§ 54. СБОРКА И ИСПЫТАНИЯ КОМПРЕССОРОВ

Сборка поршневого бескрейцкопфного компрессора. После ремонта сборку начинают с узловой сборки шатунно-поршневых групп и коленчатого вала и заканчивают общей сборкой, а затем испытывают отремонтированный компрессор.

Сборка шатунно-поршневых групп. Шатунно-поршневая группа (рис. 142) комплектуется из сборочной единицы — шатуна и деталей: поршня, пальца, вкладышей, стопорных, компрессионных и маслосъемных колец. В состав шатунно-поршневой группы прямоточного компрессора входит также всасывающий клапан.

Перед сборкой группы поршневые кольца прокатывают по канавкам поршня и проверяют величину зазора между торцевыми поверхностями колец и канавок. При перемещении колец по канавкам не допускаются даже легкие заедания.

•• При сборке шатунно-поршневой группы прямоточного компрессора между торцем поршня и всасывающим клапаном устанавливают паронитовую прокладку и закрепляют клапан винтами. Под каждый винт ставится замочная шайба. Затянутые до отказа винты стопорят шайбами, для чего усы шайб отгибают в лыски на винтах и в прорези розеток клапанов. Не допускается стопорения винтов ранее отогнутыми усами шайб. Винты и концы шайб не должны выступать над поверхностью розетки.

На долговечность работы шатунно-поршневых групп большое влияние оказывает качество сборки сопряжений палец — поршень и палец —

шатун. Для достижения оптимальных величин зазоров (натягов) в сопряжениях малых и средних компрессоров поршни по размеру отверстия для пальца, пальцы по наружному диаметру и шатуны по размеру отверстия верхней головки в условиях завода-изготовителя сортируют на группы селекции. Детали ;одной группы селекции маркируют краской определенного цвета, которым руководствуются при сборке новой группы или замене деталей. Предельные размеры деталей, подлежащих селективной сборке, устанавливают на основании опытных данных, поэтому Они могут не соответствовать стандартным посадкам.

При сборке шатуна с поршнем поршневой палец, смазанный маслом должен входить в отверстия чугунного поршня и шатуна от нажима руки без заеданий и качки.

Сборку шатунно-поршневой группы с поршнем из алюминиевого сплава проводят после нагрева поршня в масляной ванне до 70—80 °С. Коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов примерно в 2,2 раза больше, чем у стали или чугуна. Поэтому для предотвращения излишне больших зазоров в сопряжении поршень — палец в его рабочем состоянии размеры пальца и отверстий в поршне из алюминиевого сплава выполняют с такими отклонениями, чтобы после сборки в сопряжении оказывался натяг. При переходе от нерабочего сосостояния к рабочему, когда температура сопрягаемых деталей значительно повышается, характер посадки пальца в поршне из алюминиевого сплава изменяется и становится подобным характеру посадки сопряжения палец — чугунный поршень.

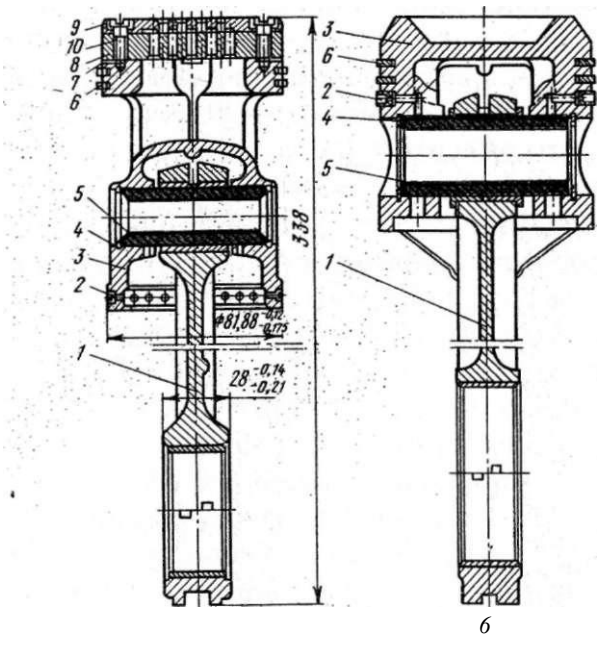


Рис. 142. Шатунно-поршневые группы:

а — компрессора АУ45; *б* — компрессора П80; / — шатун в сборе; *2* — кольцо маслосъемное; *3* — поршень; *4* — кольцо стопорное; *5* — палец; *6* — кольцо компрессионное; 7 — прокладка; *8* — клапан всасывающий в сборе; *9* — шайба замочная; *10* — винт

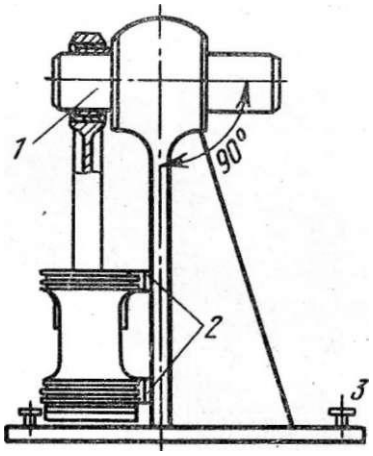


Рис. 143. Приспособление для проверки перпендикулярности оси нижней головки шатуна к образующей поршня:

/ — оправка; *2* — накладки; *3* — установочный винт

После сборки поршня с шатуном в кольцевые выточки отверстий в бобышках поршня устанавливают стопорные кольца, удерживающие палец от смещения в осевом направлении.

Для уменьшения неуравновешенных инерционных сил шатунно-поршневые группы одного компрессора должны иметь примерно одинаковую массу. Поэтому при замене сборочных единиц или деталей (шатунов, поршней, всасывающих клапанов) необходимо проверить общую массу группы. Подгонку массы поршней осуществляют углублением или расточкой внутренней поверхности нижней части поршня в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

После сборки шатунно-поршневой группы с помощью приспособления (рис. 143) проверяют перпендикуляр-

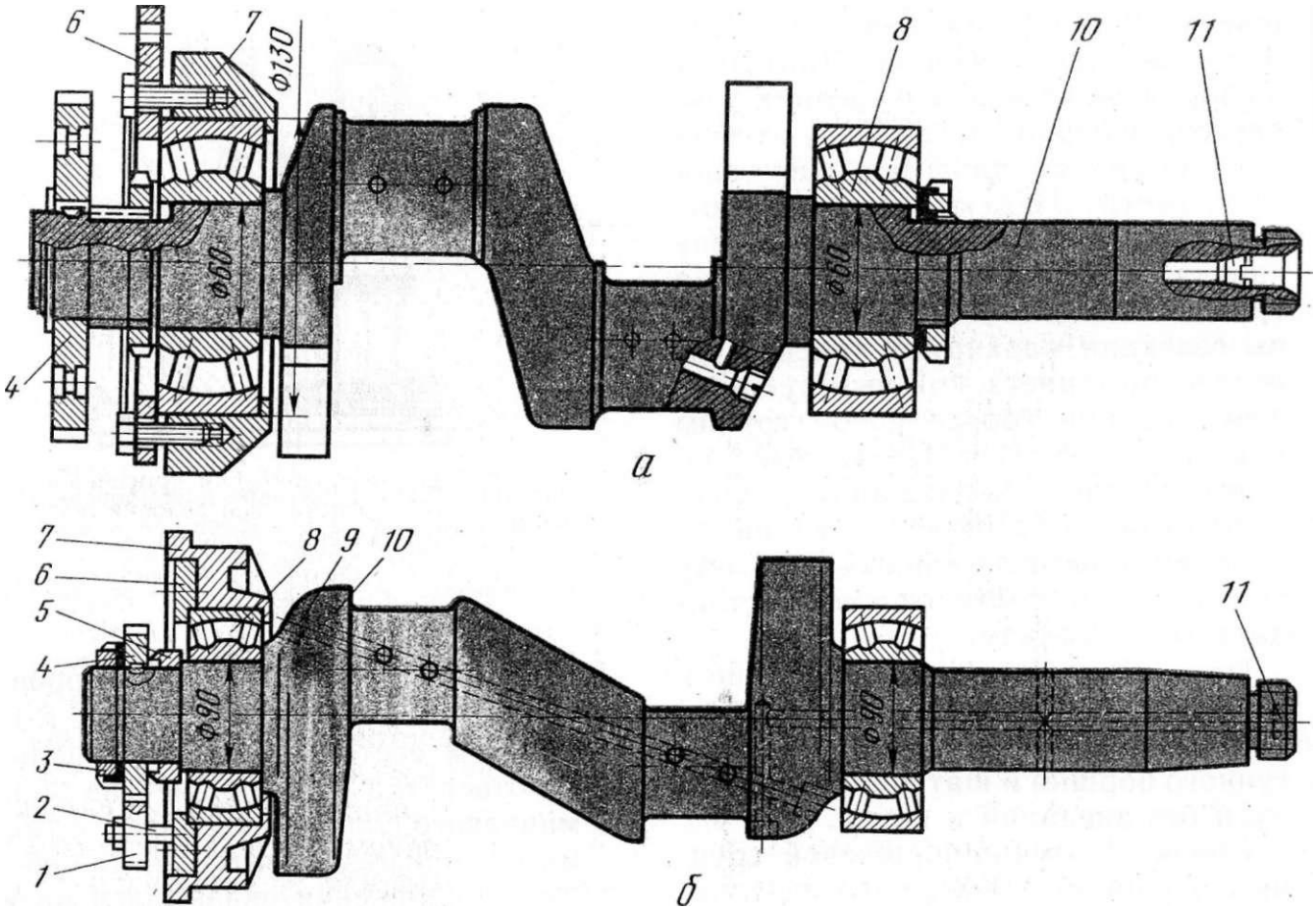


Рис. 144. Коленчатые валы в сборе:

а—компрессора АУ45; *б*—компрессора П110; *1* — шестерня промежуточная; *2*— валик промежуточной шестерни; *3* — гайка; *4* — шестерня привода маслонасоса; 5 — упорное кольцо; *6* — крышка корпуса; 7 — корпус подшипника; *8* — подшипник качения; *9* — заглушка; *10* — коленчатый вал; // — пробка

ность оси отверстия нижней головки шатуна к образующей поршня. Оправку приспособления изготовляют с таким расчетом, чтобы зазор в сопряжении оправка — подшипник скольжения был минимальным. Рабочие поверхности накладок располагают в одной плоскости строго перпендикулярно к оси оправки. Отклонение от перпендикулярности оси нижней головки шатуна относительно образующей поршня определяют по разности зазоров между образующей поршня и рабочими поверхностями накладок. Допускаемое отклонение от перпендикулярности не должно превышать 0,02 мм на 100 мм длины.

На этом же приспособлении проверяют равномерность зазоров между торцами бобышек поршня и верхней головки шатуна.

Заключительной операцией сборки является установка поршневых колец. Кольца, находившиеся в эксплуатации, устанавливают только на свои прежние места.

Сборка узла коленчатого вала. Узел коленчатого вала средних и крупных компрессоров (рис. 144) комплектуется из коленчатого вала, подшипников качения, корпуса подшипника и его крышки, шестерни привода маслонасоса, противовесов[1] и деталей крепежа (круглых гаек, болтов противовесов и т. п.). В состав узла компрессоров П110, П220 дополнительно входят промежуточная шестерня и ее валик.

В процессе ремонта у коленчатого вала очищают масляные каналы. Для этого поочередно вывинчивают резьбовые заглушки (пробки) из технологических отверстий каналов, прочищают каналы металлическим ершиком, про-

[1] У коленчатых валов компрессоров типа П противовесы отштампованы как одно целое с валом.

мывают горячим маслом и продувают сжатым воздухом. После очистки каналов заглушки вывинчивают в отверстия и раскернивают для предотвращения самоотвинчивания. Заглушки уплотняют в отверстиях мастикой, состоящей из 60 % свинцового глета и 40 % глицерина (по массе).

Сборку узла начинают с установки подшипника качения со стороны шестерни привода масляного насоса. Корпус подшипника разогревают до 60—70 °С и в него с помощью оправки запрессовывают подшипник качения. Затем подшипник вместе с корпусом разогревают в масляной ванне или в электрическом шкафу по 100 °С и напрессовывают на шейку вала до упора внутреннего кольца в заплечик коренной шейки вала. Чтобы не повредить резьбовые участки вала при установке подшипников используют оправки (см. рис. 132).

Второй подшипник качения после нагрева устанавливают на коренную шейку со стороны маховика и напрессовывают до упора внутреннего кольца в заплечик шейки. Внутренние кольца подшипников закрешгяют от осевого перемещения с помощью круглых гаек с замковыми шайбами или стопорных колец. После установки подшипников их внутренние кольца должны плотно прилегать к заплечикам шеек; пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить между торцом внутреннего кольца и заплечиком шейки.

Устанавливают крышку корпуса подшипника качения (у компрессоров П110, П220 перед этой операцией в отверстие крышки вставляют валик промежуточной шестерни) и крепят ее к корпусу болтами. Для предотвращения самоотвинчивания болтов крышки их контрят проволокой.

Заключительной операцией сборки узла является установка шестерни привода масляного насоса[1], которую закрепляют на валу стопорным кольцом. У бессальниковых компрессоров перед этой заключительной операцией устанавливают ложный подшипник скольжения.

Противовесы на коленчатый вал устанавливают в процессе узловой или общей сборки в зависимости от особенностей конструкции компрессора '. Собранный с противовесами коленчатый вал на заводе-изготовителе подвергают балансировке, поэтому установку противовесов осуществляют в соответствии с маркировкой на противовесах и щеках коленчатого вала.

Балансировку проводят для устранения неуравновешенности детали (или узла). Неуравновешенность вращающегося тела вследствие смещения его центра тяжести относительно оси вращения называют дисбалансом. В неотбалансированных вращающихся деталях или узлах возникают неуравновешенные центробежные силы, действие которых вызывает повышенную вибрацию частей машин.

При статическом дисбалансе неуравновешенная масса детали или узла расположена в основном в одной плоскости сечения, перпендикулярной оси вращения. При динамическом дисбалансе неуравновешенные массы расположены в различных поперечных сечениях узла, имеющего значительный осевой размер.

Различают статическую и динамическую балансировку детали или узла.

Для статической балансировки применяют различные приспособления, в которых балансируемую деталь или узел устанавливают на предварительно выверенные на горизонтальность призмы или ролики (рис. 145, а). В случае неуравновешенности деталь, повернутая на какой-либо угол, будет перекатываться по призмам, пока ее утяжеленная часть не займет нижнее положение. Подбирая добавочный груз, закрепляемый на противоположной стороне детали, можно добиться ее уравновешивания. Уравновешенная деталь находится в состоянии покоя на опорах приспособления в любом положении. Уравновешивание детали может быть также достигнуто удалением части металла с утяжеленной стороны (высверливанием отверстий, опиливанием металла). Для динамической балансировки деталей или узлов (рис. 145, *б)* применяют балансировочные машины механического или электрического типа. Механические машины обеспечивают класс точности балансировки до 200 г-мм, электрические — до 20 г-мм.

[1] При сборке компрессоров П110, П220 на шейку вала устанавливают упорное кольцо, насаживают шестерню привода масляного насоса, стопорят ее гайкой и замковой шайбой.

[1] У компрессоров АВ-100, АУ-200, АУУ-400 и некоторых других валы с закрепленными противовесами в отверстие картера не входят, поэтому противовесы устанавливают в процессе общей сборки.

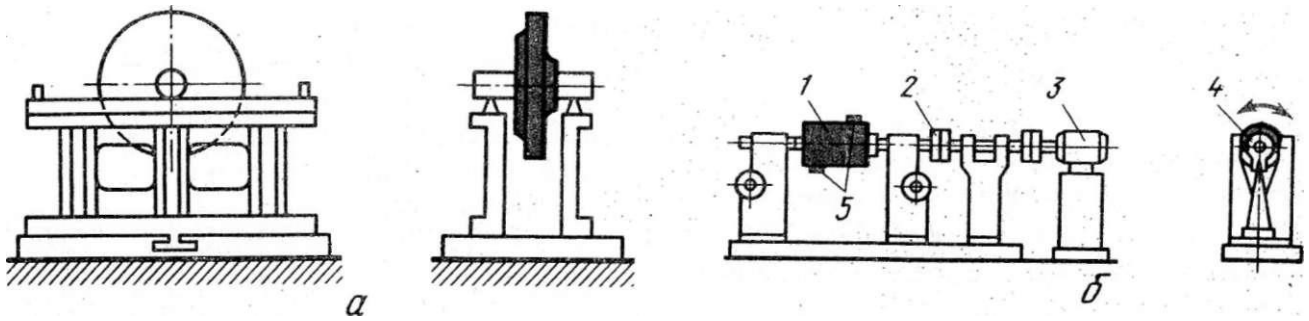


Рис. 145. Балансировка узлов машин:

а — статическая на призмах; *б* — динамическая на балансировочной машине; / — балансируемый узел; *2*— электромагнитная муфта сцепления; *3*— электродвигатель; *4*—подшипник; 5—компенсирующие пробные грузы

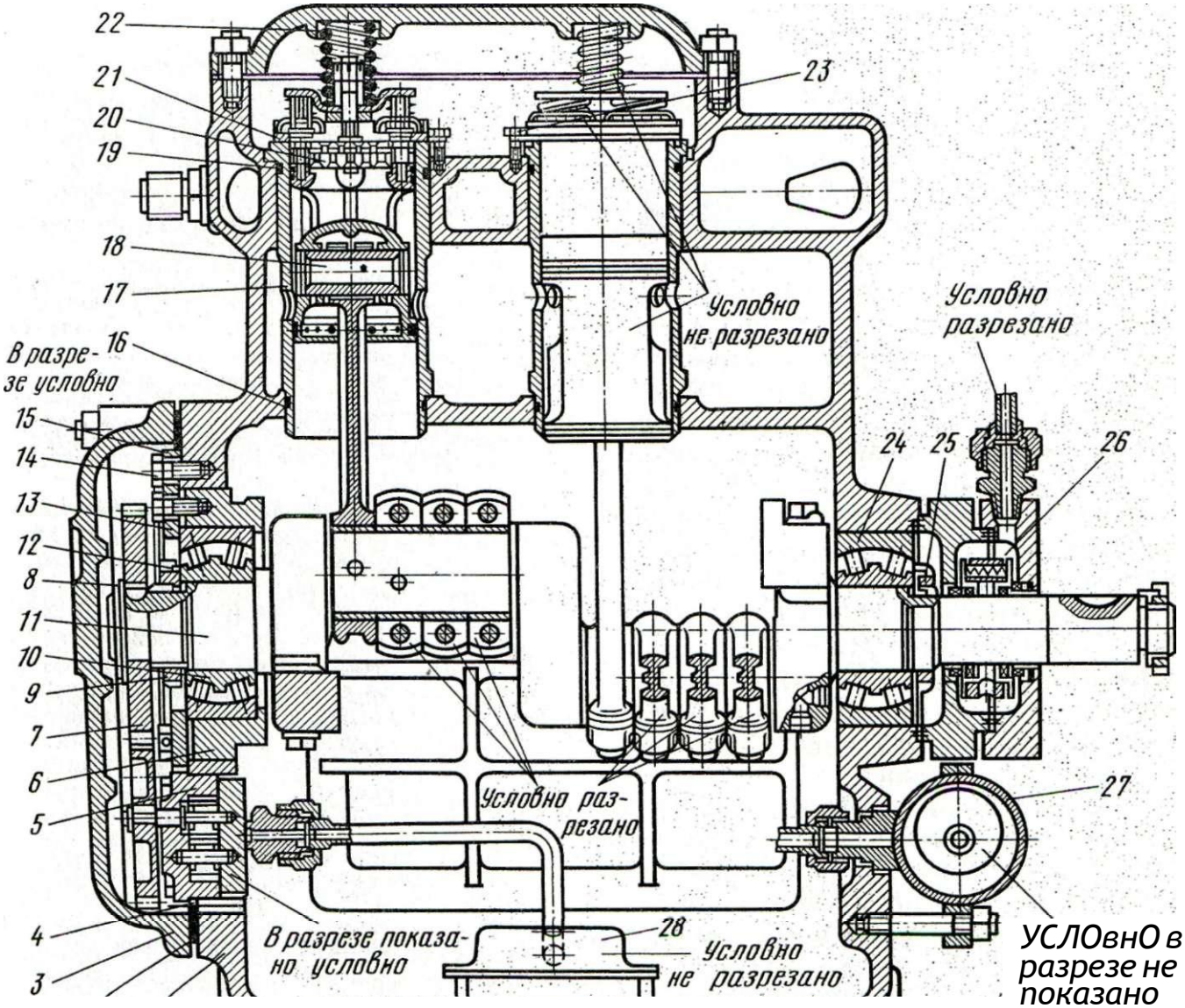


Рис. 146. Компрессор АУУ90 (общая сборка):

/ — блок-картер; *2* — прокладка; *3* — крышка передняя; *4* — прокладка под корпусом масляного насоса; 5 — масляный насос; *6* — корпус подшипника; 7 —ведущая шестерня привода маслонасоса; *8* — стопорная шайба шестерни; *9, 25* — гайки крепления подшипника; *10, 24* — роликоподшипники; *11* — коленчатый вал; *12* — стопорная шайба; *13*—крышка корпуса подшипника; *14*—болт крепления крышки; *15* — место, установки регулировочной прокладки; *16, 19*—уплотнительные кольца гильзы; *17*—гильза цилиндра; *18*—шатунно-поршневая группа в сборе; *20*—всасывающий клапан; *21* — нагнетательный клапан; *22* — пружина буферная; *23*—гайка крепления гильзы; *26* — сальник в сборе; *27* — фильтр масляный тонкой очистки; *28* — фильтр масляный грубой очистки

Принцип балансировки на машинах механического типа заключается в том, что деталь, установленную в станке, приводят во вращение с частотой вращения, превышающей ее резонансную частоту, затем освобождают от привода и измеряют амплитуду колебаний подшипниковых опор. Подбирая компенсирующие грузы и место их установки, добиваются прекращения колебаний сначала одной, а затем другой опоры.

Коленчатые валы современных быстроходных компрессоров подвергают динамической балансировке. Неуравновешенность вала устраняют высверливанием, отверстий на наружных криволинейных поверхностях противовесов. Диаметр и глубину отверстий устанавливают с таким расчетом, чтобы прочность противовесов не снижалась.

Противовесы закрепляют на валу болтами крепления. Для предотвращения самоотвинчивания болтов под них устанавливают пластинчатые стопорные шайбы, углы которых отгибают на грани головок болтов.

Общая сборка поршневого бескрейцкопфного компрессора (рис. 146). Соединения деталей компрессоров уплотняют прокладками из паронита ПМБ или бензомаслостойкой резины. Для обеспечения лучшей герметичности и свободного отсоединения от металлических деталей новые паронитовые прокладки, используемые для аммиачных компрессоров, пропитывают машинным маслом температурой 60—70 °С в течение 30—60 мин, а используемые для хладоновых компрессоров — глицерином той же температуры в течение 4—5 ч, после чего поверхности прокладок натирают графитовой пудрой. Повторное использование прокладок с деформированной поверхностью, надломами и подрезами не допускается.

Сборку компрессоров проводят в следующей последовательности.

Установка гильз цилиндров. У новых гильз прямоточных компрессоров зачищают заусенцы на всасывающих окнах и канавках под уплотнительные кольца, притирают седло нагнетательного клапана к верхней торцевой поверхности (буртику) гильзы. Осматривают уплотнительные резиновые кольца и удаляют с них облои. Устанавливают кольца на гильзу (прокладки в выемки блок-картера у непрямоточных компрессоров) и обильно смазывают маслом посадочные пояски блок-картеров. Запрессовку гильз проводят с помощью винтового приспособления (рис. 147) или легкими ударами молотка по деревянным прокладкам.

После запрессовки проверяют уплотнение гильз резиновыми кольцами или прокладками с помощью специальных приспособлений (рис. 148).

Гильзы прямоточных компрессоров заглушают металлическими дисками с прокладками и стопорят прижимными планками. Во всасывающей полости компрессора закрывают все фланцы заглушками, штуцерные соединения — пробками, затем в полости сжатым воздухом создают давление 0,5 МПа.

При проверке качества уплотнения прокладок, установленных под гильзами и всасывающими клапанами непрямоточных компрессоров, вместо нагнетательных клапанов устанавливают заглушки с прокладками, а в картере создают давление 0,6 МПа.

Качество уплотнения проверяют по падению давления во всасывающей полости или блок-картере (для компрессоров с ходом поршня 82 мм не более 0,05 МПа за час). Допускается проверка качества уплотнения обмыливанием мест возможной утечки воздуха.

Установка узла коленчатого вала. Перед установкой узла у крупных компрессоров устанавливают и закрепляют корпус (стакан) подшипника качения со стороны сальника. Посадочные поверхности в передней и задней стенке блок-картера смазывают маслом, устанавливают прокладку на фланце передней стенки.

Узел заводят со стороны передней (глухой) крышки блок-картера, используя приспособление для подъема и перемещения вала (рис. 149, *а).* Для предотвращения перекоса наружного кольца подшипника со стороны сальника на вал надевают специальную направляющую оправку с коническим участком (рис. 149, б). После предварительной установки, заключающейся в заведении кони-

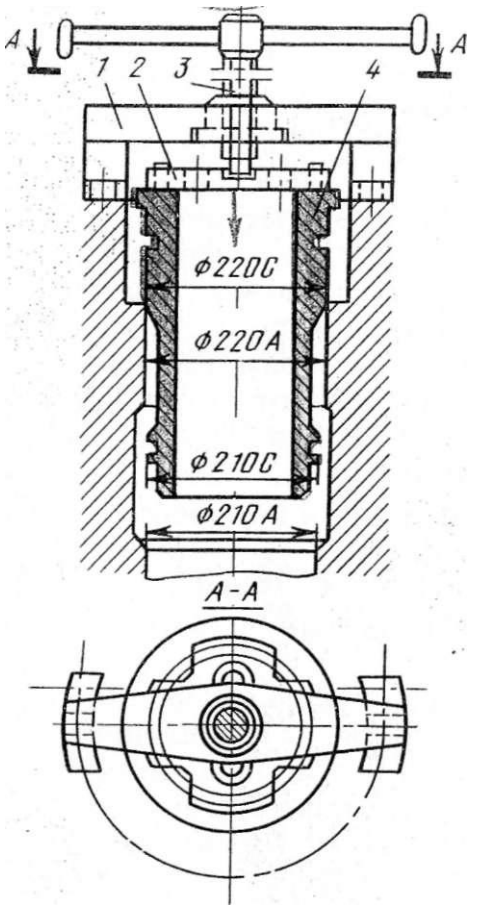


Рис./47

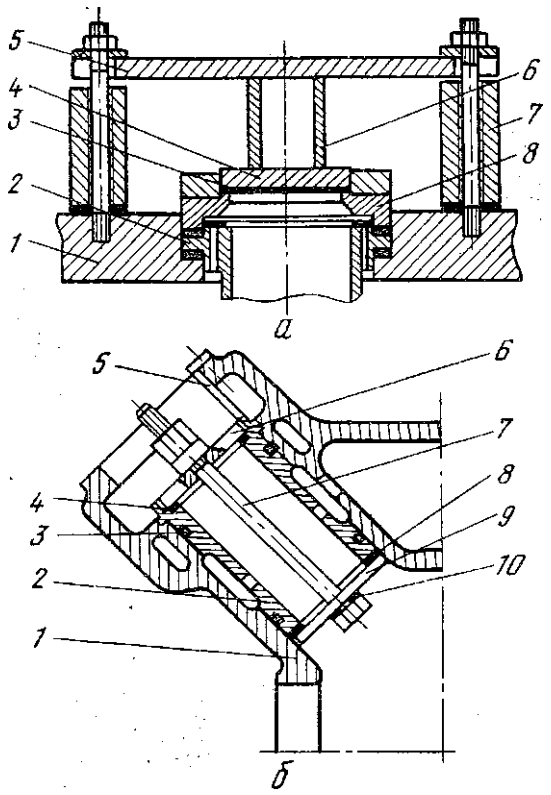


Рис.148

Рис. 147. Приспособление для запрессовки гильз в блок-картер:

/ — скоба приспособления; *2* — нажимной диск; *3* — винт; *4* — гильза

Рис. 148. Приспособления для проверки уплотнения гильз цилиндров:

— непрямоточных компрессоров: / — блок-картер; *2* — гильза; *3* — прокладка; *4* — диск-заглушка; 5 танка; *6*— втулка; 7 — проставка; *8*—корпус всасывающего клапана; *б*— прямоточных компрессоро — блок-картер; *2* — гильза; *3* — уплотнительное кольцо гильзы; *4, 8, 10* — прокладки; 5 — прижимн планка; *6,9* — диски-заглушки; *7*— винт с гайкой

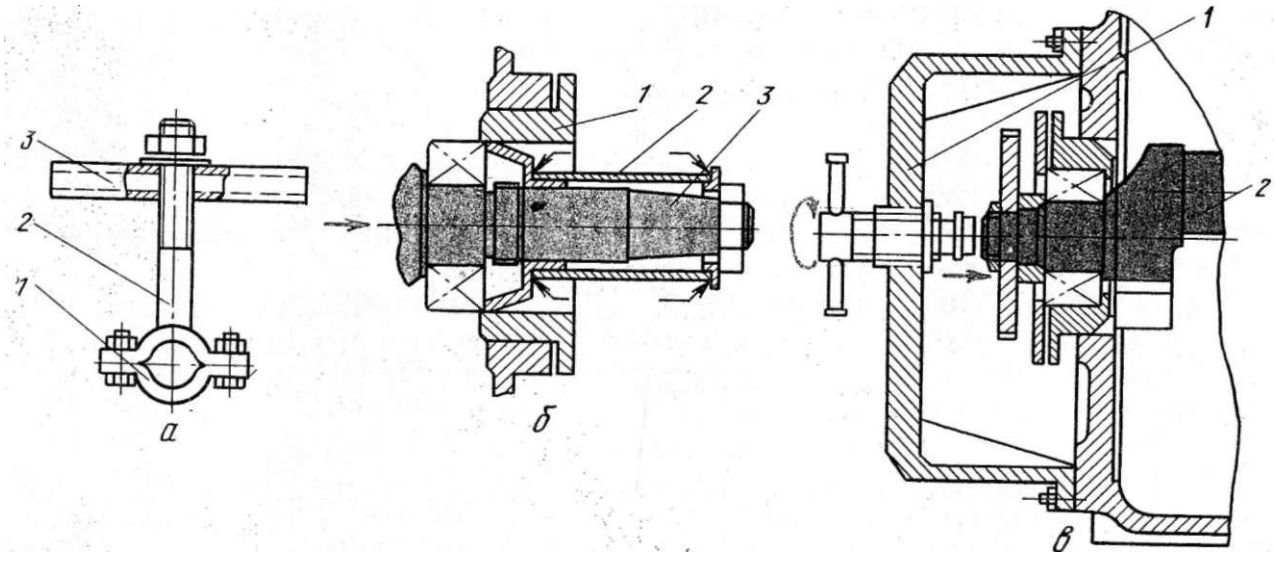


Рис. 149. Приспособления, используемые при установке коленчатого вала:

.— приспособление для подъема вала: / — хомут; *2* — винт с хомутом; *3* — траверса; *б* — приспособлен] ж направления коленчатого вала: / — корпус (стакан) подшипника; *2* — направляющая оправка с кош :ски'м.участком; *3* — коленчатый вал; *в* — приспособление для установки вала в картер: / — винтов*

ческого участка оправки в стакан или гнездо подшипника, вал дожимают с помощью специального винтового приспособления (рис. 149, *в)* до соприкосновения фланца корпуса подшипника качения с передней стенкой блок-картера. Корпус подшипника или ложный подшипник (у бессальниковых компрессоров) закрепляют на блок-картере болтами.

Прокладка между фланцем корпуса подшипника и фланцем передней стенки является компенсатором в размерной сборочной цепи, определяющей положение вала в блок-картере в осевом направлении. Неправильный выбор толщины этой прокладки (или набора прокладок) приводит к смещению шатунных шеек относительно осей цилиндров;

Необходимую толщину прокладки определяют с помощью специальных приспособлений (рис. 150). В крайнюю со стороны передней крышки гильзу цилиндра заводят оправку, имеющую в нижней части стержень, диаметр которого в измеряемой части равен ширине вкладыша нижней головки шатуна. На фланец передней стенки устанавливают упорную колодку, измерительный стержень которой перемещают до соприкосновения со стержнем' оправки, после чего его стопорят винтом. Затем колодку, которая одновременно является призмой, поворачивают и ставят на шатунную шейку коленчатого вала. Необходимая толщина прокладки равна величине зазора между концом измерительного стержня и фланцем корпуса подшипника.

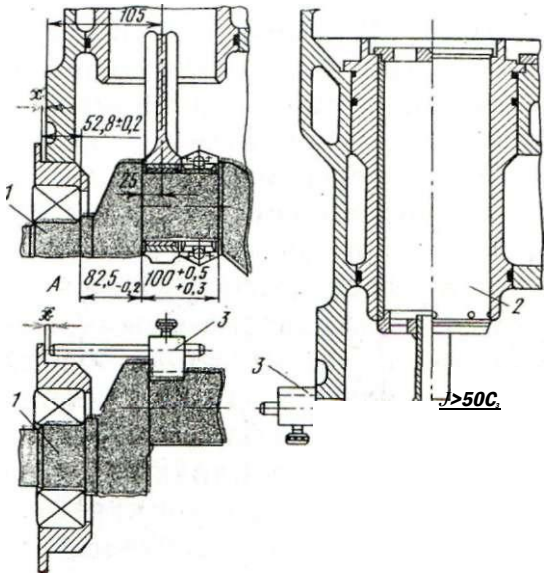


Рис. 150. Приспособление для определения толщины прокладки между фланцем корпуса подшипника и фланцем передней стенки картера:

/ — коленчатый вал; 2 — оправка со стержнем; *3* — упорная колодка; *А* — размерная цепь

Установленный в блок-картер коленчатый вал при проворачивании вручную должен вращаться легко, равномерно, без заеданий. Противовесы, закрепленные на щеках коленчатого вала, должны плотно прилегать к ним. Пластина щупа 0,05 мм не должна проходить между противовесом-и посадочными поверхностями щек.

Сборка сальника. Сборку сальника проводят с учетом особенностей его конструкции в последовательности обратной его разборке. До установки крышки сальника проверяют качество сборки узла, нажимая рукой подвижное кольцо до соприкосновения витков пружин. Освобожденное от нажима подвижное кольцо должно переместиться по валу от усилия пружин в обратном направлении на 8—12 мм. При недостаточном перемещении подвижного кольца проверяют резиновые уплотнительные кольца. После проверки качества сборки узла корпус сальника с плоской резиновой прокладкой и вторым неподвижным кольцом устанавливают на вал и прикрепляют к блок-картеру.

Сборка привода компрессора. Сборку привода начинают с установки маховика (или полумуфты компрессора). В паз коленчатого вала запрессовывают сегментную шпонку, затем на вал надевают маховик (полумуфту) и стопорят от продольного перемещения замковой шайбой и круглой гайкой. Проверяют соосность валов компрессора и электродвигателя с помощью приспособления, устанавливаемого на полумуфту электродвигателя. При несоосности валов под лапы электродвигателя подкладывают тонкие металлические пластины или перемещают электродвигатель. Надевают резиновое кольцо муфты, стягивают его болтами. Равномерность затяжки кольца проверяют глубиномером через специально предусмотренные отверстия в деталях, стягивающих кольцо. Показания глубиномера в отверстиях не должны отличаться друг от друга более чем на 0,5 мм.

Установка масляного насоса. Насос с прокладками (или ре-

зиновыми кольцами) устанавливают в блок-картер и предварительно закрепляют болтами. Устанавливают и закрепляют корончатыми гайками приводные шестерни. Проверяют положение торцев шестерен, размещенных на коленчатом валу и ведущем валике масляного насоса, а также величину бокового зазора между зубьями шестерен. Торцы шестерен должны располагаться в одной плоскости, что достигается подбором необходимой толщины прокладки между фланцем корпуса насоса и картером. Боковой зазор между зубьями проверяют щупом при покачивании одной из шестерен (величина зазора должна находиться в пределах от 0,15 до 0,3 мм). Зазор регулируют поворотом корпуса насоса в пределах продолговатых отверстий для болтов крепления на фланце корпуса. Устанавливают фильтры грубой и тонкой очистки масла, монтируют трубки маслопровода. Окончательно затягивают гайки, крепящие насос к картеру.

Установка шатунно-поршневых групп. При необходимости измерения величины зазора в сопряжении поршень—гильза цилиндра, проверки привалки поршня: или прилегания вкладышей к шатунной шайке шатунно-поршневую группу устанавливают в цилиндр без поршневых колец. Проверку привалки поршня, прилегания вкладышей к шатунной шейке, а также регулировку зазора в сопряжении коленчатый вал — шатунный подшипник проводят в соответствии с указаниями, изложенными ранее.

Перед окончательной установкой группы на поршень надевают компрессионные и маслосъемные кольца и разводят их замки. Замки компрессионных колец располагают под углом 180° относительно друг друга, замки маслосъемных колец — в плоскости, перпендикулярной оси поршневого пальца, под углом 180° друг к другу.

Шатунно-поршневые группы со снятыми крышками нижних головок

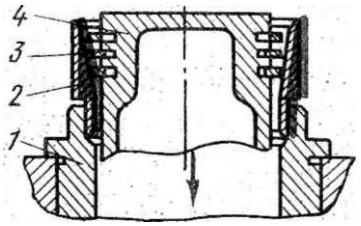


Рис. 151. Втулка с коническим отверстием для вводя поршня с кольцами в цилиндр:

/ — гильза цилиндра; 2 — втулка; *3* —кольцо; *4* поршень

шатунов устанавливают в гильзы цилиндров с помощью специальной втулки с коническим отверстием (рис.151.).-. Проходя через отверстие, поршневые кольца ежимаются до рабочего состояния и беспрепятственно переходят из втулки в гильзу. Шероховатость конической поверхности втулки #„ = 0,63 мкм, что позволяет предотвратить повреждение кромок КОЛеЦ.

После установки группы в соответствии, с маркировкой собирают нижнюю головку шатуна. Щупом измеряют зазор между вкладышем и шатунной шейкрй. Устанавливают следующие группы, собирают нижние головки шатунов и измеряют зазоры (у четырех- и восьмицилиндровых компрессоров для измерения зазора между вкладышем и шатунной шейкой последующих групп необходимо разбирать нижние головки ранее установленных групп):

11осле установки всех групп и измерения зазоров окончательно: затягивают шатунные болты (или их гайки) . Шатунные болты (или их гайки) затягивают при. помощи 'динамометрических ключей с моментом затяжки ', указанным в инструкции завода-изготовителя. Гайки шатунных болтов шплинтуют, головки, болтов стопорят специальными стопорными шайбами или контрят проволокой. Затем проверяют осевое смещение нижних головок шатунов, Легкость вращения коленчатого вала и изме-

[1] Для компрессоров с ходом поршня 66 мм момент затяжки шатунных болтов 45—60 Н -м, с ходом поршня 70 мм — 68—73 Н • м, с ходом поршня 130 мм— 150—160 Н-М.

ряют величину линейного мертвого пространства. Осевое смещение нижней головки при перемещении шатуна вдоль шейки с помощью рычага должно находиться в пределах 1,0—2,0 мм.

Измерение величины линейного мертвого пространства (минимального зазора между днищем поршня и седлом нагнетательного клапана или клапанной доской) проводят с помощью свинцовых пластин толщиной 1,0—2,0 мм. Пластины укрепляют на днище поршня густой смазкой в трех или четырех местах (под углом 120 или 90°). У малых компрессоров на цилиндры устанавливают прокладку и клапанную доску и закрепляют их. У средних и крупных компрессоров на гильзу (или всасывающий клапан) устанавливают нагнетательный клапан и жестко закрепляют его с помощью втулки и специальной планки (рис. 152). Повернув вал вручную на один оборот, снимают клапанную доску или нагнетательный клапан и штангенциркулем измеряют толщину свинцовых оттисков, которая соответствует измеряемому зазору.

Величина линейного мертвого пространства компрессоров должна находится в следующих пределах: ФВ6, 2ФУБС12, 2ФУУБС25 — 0,3—0,7 мм; ФВ20, ФУ40, ФУУ80 — 0,4—0,9 мм; АВ22, АУ45, АУУ90 — 0,4—0,8 мм; АВ100, АУ200, АУУ400 — 0,8—1,2 мм; П40, П60, 1180 0.6 - 1,4 мм; П1 10, Г1220 — 0,8—1,4 мм.

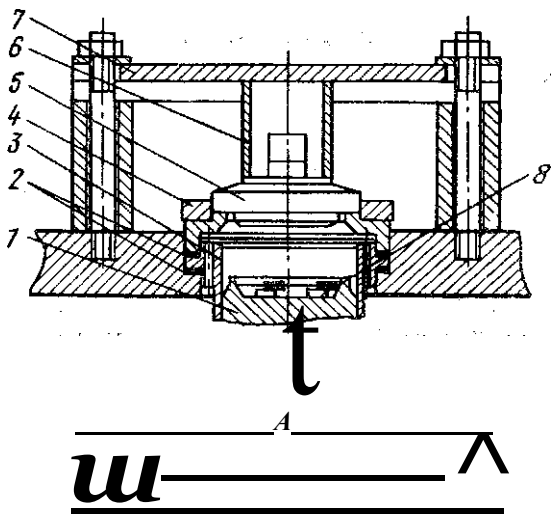


Рис. 152. Приспособление для измерения величины линейного мертвого пространства: *1* — поршень; *2* — прокладки; *3* — гильза цилиндра; *4* — корпус всасывающего клапана; 5 — клапан нагнетательный; *6* — втулка; *7* — планка; *8* — свинцовые пластинки; *А* — эскиз планки

Величину линейного мертвого пространства регулируют изменением толщины прокладок, устанавливаемых: у прямоточных компрессоров — "между поршнем и всасывающим клапаном; у непрямоточных компрессоров с ходом поршня 50 и 70 мм — между клапанной доской (или клапанной группой) и торцами блоков (или гильз) цилиндров.
Величину линейного мертвого пространства у непрямоточных компрессоров с ходом поршня 66 и 82 мм регулируют изменением толщины прокладок под гильзой и всасывающим клапаном. При этом одновременно регулируется высота подъема пластин.

Установка остальных узлов и деталей. Сборку заканчивают установкой нагнетательных клапанов, буферных пружин, крышек цилиндров, боковых и передней крышек блок-картера, предохранительного клапана, газовых фильтров, запорных вентилей, наружной арматуры маслопровода и газопровода (штуцеров, заглушек и т. п.), манометров и приборов автоматики.

Предохранительный клапан (рис. 153) не реже одного раза в год независимо от наработки компрессора разбирают, осматривают и подвергают проверке на срабатывание, а при необходимости — регулировке натяжения пружины. При осмотре клапана обращают внимание на качество фторопластовой и резиновой уплотнительных прокладок. Прокладки не должны иметь трещин, надрывов и других дефектов. Винт, крепящий прокладки, должен быть плотно затянут и застопорен. После сборки клапан проверяют сжатым воздухом на открытие при давлении, указанном в инструкции завода-изготовителя. Для контроля срабатывания клапана используют образцовый манометр. Натяжение пружины регулируют вращением регулировочной

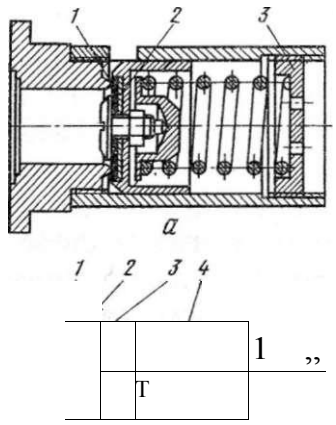


Рис. 153. Предохранительный клапан компрессора П110 и приспособления для его регулировки:

а — предохранительный клапан: / — прокладка фторопластовая; *2* — прокладка резиновая; *3* — гайка регулировочная; б — специальный ключ для регулировки клапана; *в* — приспособление для проверки плотности предохранительного клапана: / — фланец; *2* — прокладка; *3* — клапан предохранительный; *4* — кожух; / — подача воздуха; //— выход воздуха

гайки с помощью специального ключа.

Плотность клапана проверяют при давлении, на 0,1—0,2 МПа меньшем, чем давление открытия. Контроль плотности осуществляют с помощью шланга, надетого на патрубок приспособления для проверки предохранительного клапана и опущенного под уровень воды в сосуде. При этом не допускается выхода пузырьков воздуха из шланга.

Особенности сборки электродвигателей бессальниковых компрессоров. Статоры электродвигателей бессальниковых компрессоров (кроме компрессоров с ходом поршня 66 мм) устанавливают в блок-картер, статоры компрессоров с ходом поршня 66 мм — в заднюю крышку (рис. 154). В условиях ремонтных предприятий статоры компрессоров 2ФВБС4, 2ФВБС6, 2ФУБС9, 2ФУБС12 устанавливают в блок-картер до сборки механизма движения с помощью специального приспособления.

Статор электродвигателя фиксируют от перемещения в блок-картере или задней крышке двумя стопорными винтами. Для обеспечения герметичности компрессора винты закрывают колпачковыми гайками с медными прокладками.

Ротор электродвигателя устанавливают на консольную часть коленчатого вала через переходную втулку, запрессованную в отверстие ротора, и закрепляют прижимным кольцом и "болтами.

Осевое смещение пакета ротора относительно симметрично расположенного статора допускается не более 2 мм. Величину осевого смещения ротора относительно статора регулируют, изменяя толщину дистанционного кольца, устанавливаемого между упорным буртиком консольной части вала и торцом втулки ротора. Радиальный зазор между статором и ротором должен быть одинаковым по всей длине и составлять: для компрессоров 2ФВБС6—0,25—0,55 мм, 2ФУБС12 — 0,43—0,67 мм; 2ФУУБС25 — 0,6—1,0 мм; ПБ40—0,8 мм.

После присоединения концов обмоток статора к клеммной колодке и закрепления колодки на блок-картере или задней крышке проверяют величину сопротивления изоляции обмоток статора. Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм в холодном состоянии при измерении мегомметром напряжением 500 В (для электродвигателей компрессоров с ходом поршня 66 мм не менее 50 МОм). При меньшем сопротивлении обмотки статора сушат наружным обогревом при помощи ламп, калориферов и т.п. при температуре 90—105 °С или под вакуумом (после полной сборки компрессора) в течение 6—8 ч.

Особенности сборки винтовых компрессоров. Разборку и сборку винтовых компрессоров производят в последовательности, соответствующей указаниям заводов-изготовителей. Особенностью сборки винтовых компрессоров является необходимость контроля и регулировки относительно малых рабочих зазоров между роторами и корпусными деталями.

Перед сборкой все полости и каналы деталей компрессора очищают и продувают сжатым воздухом, в специальном приспособлении проверяют зазоры в нормальном сечении между

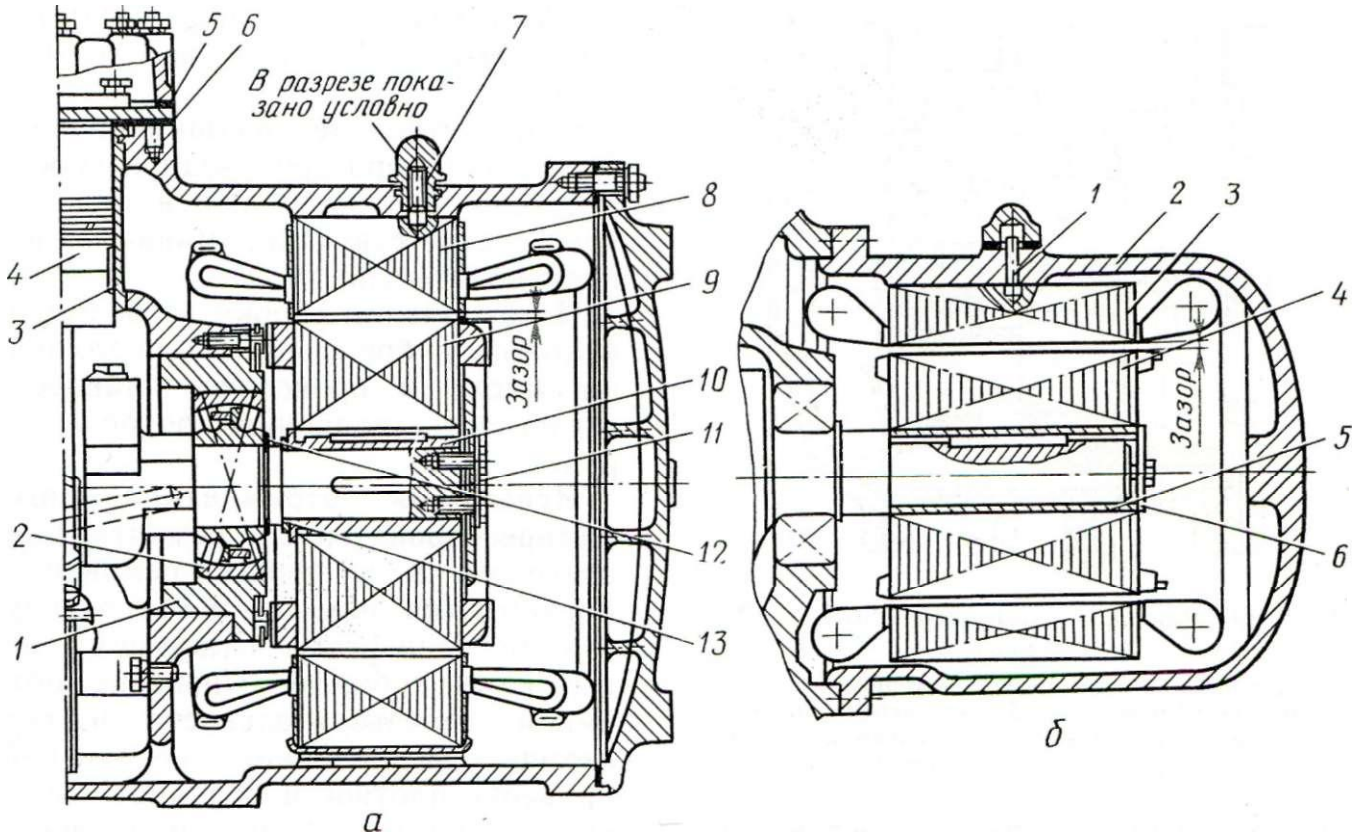


Рис. 154. Бессальниковые компрессоры (сборка):

а — компрессор ФУУБС25: / — корпус подшипника; *2* — коренной подшипник; *3* — гильза цилиндра; *4* — шатунно-поршневая группа; *5,6* — прокладки; 7 — винт стопорный статора; *8* — статор; *9* — ротор электродвигателя; *10*—втулка ротора; // — кольцо прижимное ротора; *12*—стопорная шайба; *13* — дистанционное кольцо ротора; *б* — компрессор П80; / — винт стопорный статора; *2* — крышка задняя; *3* — статор; *4* — ротор; 5 — втулка ротора; *6* — кольцо прижимное

роторами (рис. 155). Проверку зазоров производят в 12 возможных положениях зубьев роторов, данные измерений заносят в формуляр компрессора. Величина профильных зазоров [1] должна находиться в пределах 0.035—0,28 мм.

Осевой (торцевой) зазор между роторами и корпусом со стороны нагнетания (зазор *а)* при установке роторов в корпус регулируют путем изменения толщины регулировочных шайб (деталь 4, рис. 156). Величина осевых (торцевых) зазоров между роторами и корпусом (крышкой) должна составлять: на стороне нагнетания (зазор *а)* 0,05—0,08 мм, на стороне всасывания (зазор *Ь)* 0,42—0,75 мм.

Зазоры между торцами крышек подшипников качения и торцами наружных колец подшипников (зазоры с, *d)* регулируют путем подшлифовки торцов регулировочных шайб (деталь 7). Величина этих зазоров находится в пределах 0,00—0,03 мм. Предварительный осевой натяг подшипников качения обеспечивают изменением толщины регулировочного кольца (деталь 8).

Зазор между стаканом и золотником регулятора производительности (зазор *е)* регулируют подшлифовкой торца регулировочного кольца (деталь 5, рис. 157). Величина

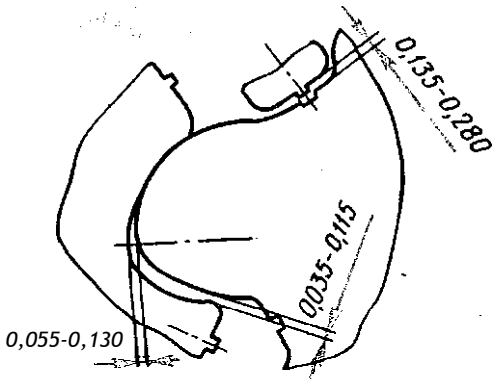


Рис. 155. Схема измерения зазоров между зубьями роторов

[1] Величины профильных, осевых и радиальных зазоров указаны для компрессора ВХ-350.

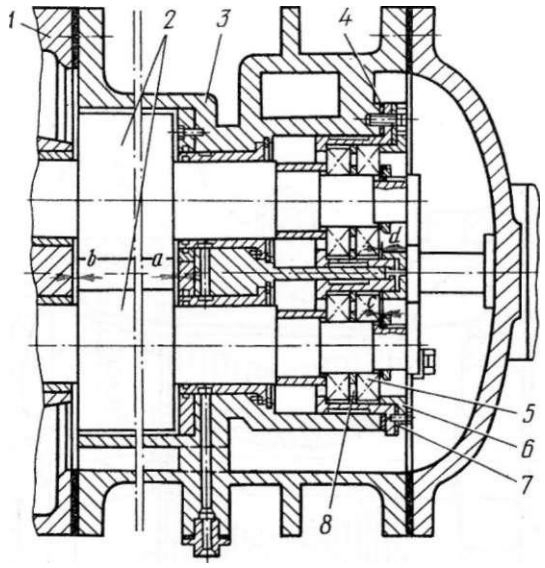


Рис. 156. Винтовой компрессор 5ВХ-350/2,6 (сборка):

/ — крышка; *2*—роторы; *3* — корпус; *4, 7* — шайбы регулировочные; *5* — шарикоподшипники; *6* — крышка подшипника; *8*—кольцо для регулировки предварительного осевого натяга

этого зазора должна составлять 0,1 мм.

При установке роторов в корпус проверяют совпадение одинаковых цифр маркировки зубьев и впадин роторов. Отклонение от параллельности осей роторов после установки допускается не более 0,03 мм на длине 500 мм. После установки роторов проверяют радиальные зазоры между роторами и корпусом. Величина этих зазоров должна находиться в пределах: верхний зазор /— 0,125—0,193 мм; нижний *g* 0,057-0,125 мм; боковой *h* 0,010-0,15 мм.

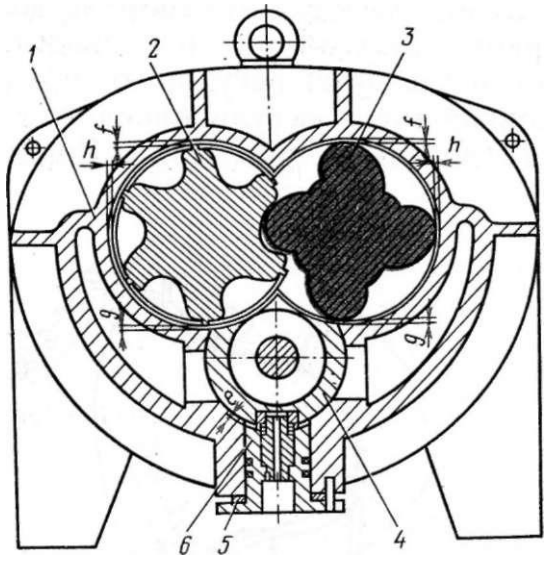


Рис. 157. Винтовой компрессор (сборка):

/ — корпус; *2* — ротор ведомый; *3* — ротор ведущий; 4 - золотник регулятора производительности; *5* - кольцо регулировочное; *6* — стакан

При установке подшипникового узла регулятора производительности золотник устанавливают в положение, соответствующее минимальной производительности.

По окончании сборки во всасывающий патрубок компрессора заливают масло и проверяют плавность и легкость вращения роторов от руки.

Испытания отремонтированных компрессоров. После ремонта компрессоры в условиях ремонтного предприятия или на месте эксплуатации подвергают следующим испытаниям: обкатке, проверке объемной производительности и герметичности внешних соединений, проверке плотности клапанов, испытанию при работе на холодильном агенте с одновременной проверкой расхода смазочного масла за время испытаний.

Обкатку компрессора без хладагента (на воздухе) проводят в 2 этапа: без клапанов и с клапанами. У средних и крупных компрессоров снимают нагнетательные клапаны, гильзы цилиндров во избежание их сдвига закрепляют специальными планками и гайками, навернутыми на шпильки блок-картера.

Обкатку без клапанов проводят для проверки работоспособности системы смазки и механизма движения компрессора. Одновременно при обкатке происходит приработка сопрягаемых поверхностей движущихся деталей. Продолжительность обкатки без клапанов средних и крупных компрессоров — 4 ч *, малых компрессоров — 2 ч. Во время обкатки контролируют давление масла (у компрессоров с масляным насосом) и температуру нагрева картера и головок цилиндров. После обкатки без клапанов узлы трения разбирают,

* При наличии иных указаний завода-изготовителя руководствуются этими указаниями. Например, обкатку компрессоров П110, П220 рекомендуется производить в течение 1 ч.

визуально определяют состояние деталей и качество приработки поверхностей трения, заменяют смазочное масло.

После сборки компрессора и установки клапанов проводят обкатку с клапанами. Обкатка с клапанами необходима для их приработки, а также для проверки основных параметров работы компрессора. Продолжительность обкатки с клапанами такая же, как и при обкатке без клапанов. При этом давление на стороне нагнетания должно находиться в пределах 0,25—0,3 МПа.

Проверку объемной производительности проводят в условиях ремонтного предприятия на стенде, в состав которого входит ресивер определенной вместимости. Проверка предусматривает трехкратное наполнение воздухом ресивера до давления 0,8—1 МПа за установленный промежуток времени. Отклонение по времени наполнения допускается не более 5 % установленной величины.

Проверку плотности клапанов проводят в соответствии с техническими условиями на ремонт. При проверке нагнетательных клапанов в нагнетательной полости компрессора создают давление воздуха 0,8 МПа, а во всасывающей полости — 0,053 МПа (400 мм. рт. ст.). Плотные нагнетательные клапаны, имеющие пружины, не допускают повышения давления во всасывающей полости до 0,1 МПа (760 мм рт. ст.) быстрее, чем за 15 мин, беспружинные клапаны — быстрее, чем за 5 мин. Для проверки плотности всасывающих клапанов компрессор пускают при открытом нагнетательном и закрытом всасывающем вентилях. Плотные всасывающие клапаны обеспечивают понижение давления в картере компрессора до 0,0067 МПа (50 мм рт. ст.).

Проверку герметичности внешних соединений компрессоров проводят избыточным давлением сухого воздуха, инертного газа или пара хладона, а также вакуумированием.

Аммиачные компрессоры, ремонт которых проводили на месте эксплуатации, испытывают давлением сухого воздуха (инертного газа) 1,0 или 1,6 МПа (в соответствии с указаниями завода-изготовителя), а затем вакуумируют до 0,0053 МПа (40 мм рт. ст.).

Проверку герметичности при испытании давлением проводят по падению давления на манометре и обмыливанием.

Продолжительность испытания под вакуумом 12 ч, в течение первых 4 ч допускается повышение давления на 0,27 кПа (2 мм рт. ст.).

Аммиачные компрессоры, ремонт которых проводили на специализированном комбинате, испытывают давлением сухого воздуха при тех же условиях.

Герметичность проверяют визуально после погружения компрессора в ванну с водой. Продолжительность испытания 10 мин; пузыри и пузырчатая сыпь в местах соединений не допускаются.

Хладоновые компрессоры, ремонт которых проводили на месте эксплуатации, испытывают давлением сухого инертного газа, а затем вакуумируют в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Допускается проверка герметичности давлением пара хладона не менее 0,4 МПа. Проверку проводят с помощью галоидной лампы или галоидного течеискателя. Хладоновые компрессоры, ремонт которых проводили на специализированном комбинате, испытывают давлением сухого инертного газа или пара хладона[1] 1,0 МПа в ванне с водой. После испытания сухим инертным газом компрессор вакуумируют до 0,0053 МПа (40 мм рт. ст.) и выдерживают под вакуумом в течение 12 ч, в первые 4 ч допускается

[1] При испытании давлением пара хладона компрессор в составе агрегата, заполненного хладоном, помещают в ванну с водой, температура которой составляет 40—45 °С. При этом давление в агрегате повышается до 0,9—1,0 МПа.

повышение давления на 0,27 кПа (2 мм рт. ст.).

Испытание компрессоров при работе на хладагенте проводят на специальных стендах или в составе холодильной установки.

Стенды для обкатки агрегатов с малыми компрессорами оборудуют металлокерамическими фильтрами для очистки от загрязнений, фильтрами-осушителями для осушки системы агрегата от влаги, регулирующими вентилями, шлангами с вентилями для присоединения к системе стенда. Продолжительность обкатки 2 ч.

Продолжительность испытания средних и крупных компрессоров при работе на холодильном агенте в составе холодильной установки от 4 до 12 ч. При испытании поддерживают разность и отношение давлений нагнетания и всасывания в пределах, указанных в инструкции завода-изготовителя. Расход масла при испытаниях определяют по измерению уровня масла в смотровом стекле до начала и после испытаний или по разности масс масла, первоначально залитого в компрессор, и масла, слитого из него после испытаний.

§ 55. РЕМОНТ НАСОСОВ И ВЕНТИЛЯТОРОВ

На холодильных установках используют центробежные насосы типов К, ЦНШ, НДВ для перекачивания воды и рассола, а также центробежные насосы типов ХГ (ЦНГ) и ХГВ для создания принудительной циркуляции хладагента в испарительной части системы.

Для вентиляции помещений и создания принудительной циркуляции воздуха в воздухоохладителях, конденсаторах воздушного охлаждения и кондиционерах применяют центробежные вентиляторы марки Ц4-70 и осевые вентиляторы марок МЦ, 06-320 и др.

Технический уход за насосами и вентиляторами предусматривает их осмотр и устранение утечек воды и рассола через сальники насосов, смазку подшипников, наладку привода.

Профилактический осмотр насосов и вентиляторов выполняют через каждые 1000 ч их работы. Профилактический осмотр включает смазку и регулировку подшипников, набивку сальников или замену в них сальниковой набивки, устранение перекоса клиноременного привода или несоосности валов при муфтовом соединении, проверку исправности манометров насоса, проверку равномерности затяжки фланцевых соединений.

Малый ремонт насосов и вентиляторов проводят через каждые 4000 ч их работы. Малый ремонт дополнительно к объему работ профилактического осмотра включает проверку резьбовых соединений и в случае необходимости замену дефектных болтов и шпилек, проверку балансировки ротора вентилятора без снятия его с вала и зазоров между ротором и корпусом вентилятора, проверку осевого смещения узла вала центробежного насоса, промывку подшипников насосов и вентиляторов и их смазку, замену прокладок в соединениях, подтяжку фундаментных болтов.

Средний ремонт насосов и вентиляторов проводится через каждые 16 000 ч их работы и включает дополнительно к объему работ малого ремонта полную разборку насосов и вентиляторов и дефектацию их деталей, ремонт вала путем протачивания и шлифования, ремонт подшипников скольжения путем перезаливки или замены вкладышей, замену подшипников качения, замену отдельных лопаток вентилятора:, заварку трещин в роторе вентилятора, восстановление зазоров между ротором и корпусом вентилятора, ремонт корпуса и рабочего колеса центробежного насоса или замену колеса, балансировку рабочих колес и роторов насосов и вентиляторов, наладку клиноременного привода и центровку валов, соединяемых муфтами сцепления.

Капитальный ремонт насосов и вентиляторов проводится через 32 000 ч их работы и включает дополнительно к объему работ среднего ремонта восстановление изношенного вала путем металлизации, наплавки или замену его новыми, замену рабочих колес и роторов, замену деталей конструкции корпуса вентилятора, замену ремней привода и муфт сцепления.

Особенности ремонта центробежных насосов. Рабочие колеса центробежных насосов (рис. 158) изготовляют с разгрузочными отверстиями для уменьшения осевых усилий, возникающих вследствие разности площадей переднего и заднего дисков, или без отверстий. Возникающие осевые усилия стремятся сдвинуть рабочее колесо насоса вместе с валом в сторону всасывающего патрубка. Уменьшение осевых усилий у насосов, рабочие колеса которых не

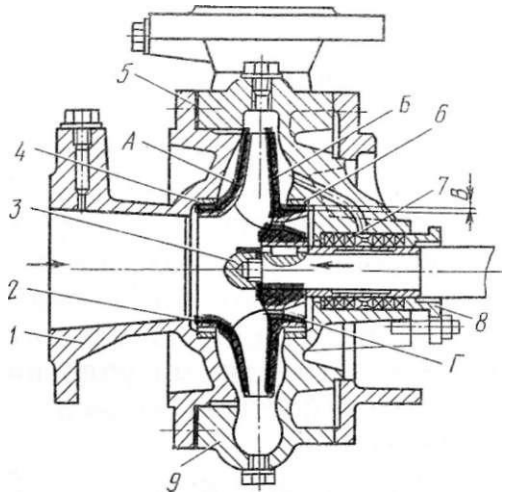


Рис. 158. Центробежный насос типа К:

1 — крышка; *2* — рабочее колесо; *3* — гайка крепления рабочего колеса; *4,6* — уплотнительные кольца; *5* — прокладка; *7* — набивка сальника; *8* — нажимная втулка сальника; *9* — корпус; *А* — передний диск; *Б* — задний диск; *В* — радиальный зазор между уплотнительными поверхностями; *Г* — разгрузочное отверстие

имеют разгрузочных отверстий, достигается специальной конструкцией колеса (насосы типа НДВ) или включением в схему обвязки специального трубопровода отвода жидкости от задней крышки насоса к всасывающей линии (модернизированные насосы типа ХГ).

Для предотвращения перетекания жидкости из полости нагнетания в полость всасывания у насосов предусматривают минимально допустимые зазоры между цилиндрическими уплотнительными поверхностями переднего и заднего дисков колеса и расточками корпуса (крышки) или между уплотнительными кольцами, запрессованными в корпус (крышку) насоса, и цилиндрическими поверхностями дисков колеса. Начальная величина радиального зазора между уплотнительными поверхностями колеса и корпуса (крышки) должна составлять при диаметре уплотнительнои поверхности: 120—180 мм — 0,2—0,3 мм, 180—260 мм —0,25 — 0,35 мм; 260—360 мм — 0,3—0,4 мм; 360—500 мм — 0,4—0,5 мм.

Шейка вала насоса в месте сальникового уплотнения изнашивается особенно интенсивно, поэтому у большинства типов насосов на ней устанавливают защитную втулку.

При разборке насосов типов К и ЦНШ отсоединяют участок всасывающего трубопровода, нагнетательный трубопровод и электродвигатель. Снимают крышку корпуса, полумуфту сцепления и торцевые крышки подшипниковых узлов. Торцевым ключом отвинчивают гайку, крепящую рабочее колесо, при помощи съемника снимают колесо. Разбирают сальник насоса и вынимают вал вместе с шарикоподшипниками.

Насосы типа НДВ разбирают в следующей последовательности. Рассоединяют соединительную муфту, снимают торцевые и верхние крышки подшипников. Разбирают сальники, отвинчивают гайки крепления крышки насоса, отжимными болтами отсоединяют крышку от корпуса и снимают ее. Затем вынимают вал вместе с рабочим колесом и уплотнительными кольцами из корпуса. Разъем корпуса вдоль оси вала, а также расположение входного и выходного патрубков в нижней части насоса позволяют производить разборку без демонтажа привода и присоединенных к корпусу трубопроводов.

При разборке насосов типа ЦНГ отсоединяют всасывающий и нагнетательный трубопроводы, отвинчивают гайки крепящих болтов (или шпилек) крышки насоса и снимают крышку. Отвинчивают гайку крепления рабочего колеса, снимают колесо (или поочередно колеса многосекционных насосов). Отвинчивают болты задней крышки и снимают ее. После того как будут отвинчены болты, крепящие втулки к корпусу насоса, вал вместе с ротором электродвигателя может быть вынут из корпуса.

В процессе эксплуатации насосов наибольшему износу подвержены защитные втулки, уплотнительные кольца, подшипники, пальцы соединительных муфт. Менее интенсивный износ наблюдается у рабочего колеса, вала, шпонки, корпуса насоса.

Изношенные защитные втулки и подшипники качения заменяют новыми.

Износ цилиндрических уплотнительных поверхностей корпуса (кольца) и рабочего колеса происходит вследствие трения перекачиваемой жидкости, содержащей твердые частицы, а также эрозии, коррозии или кавитации и проявляется в увеличении радиального зазора между уплотнительными поверхностями. Износ торцевых поверхностей рабочего колеса и крышки возникает при повышенной величине осевого смещения вала.

Радиальный зазор между уплотнительными поверхностями определяют

как половину разности между внутренним диаметром расточки корпуса (уплотнительного кольца) и наружным диаметром цилиндрической поверхности диска рабочего колеса.

Осевые зазоры между торцевыми поверхностями колеса и корпуса (крышки) измеряют щупом или по оттиску свинцовой проволоки.

Изношенные цилиндрические уплотнительные поверхности рабочих колес и корпусов (крышек) обрабатывают на токарном станке, восстановление размеров достигается установкой на обработанные поверхности колес (или в расточки корпусов и крышек) дополнительных ремонтных деталей — колец. Изношенные уплотнительные кольца, предусмотренные конструкцией насоса, заменяют новыми номинального или ремонтного размера.

Сопрягаемые поверхности вала и рабочего колеса являются сильнонагруженными и при дефектации требуют тщательного контроля. При ослаблении посадки рабочего колеса на валу его заменяют. Допускается растачивание ступицы колеса с последующими запрессовкой и растачиванием ремонтной детали — втулки.

Задиры и риски глубиной до 0,2 мм на посадочных местах валов зачищают и зашлифовывают.

Изношенные отверстия для пальцев в муфтах сцепления развертывают под больший размер, в соответствии с этим размером изготовляют новые пальцы.

При сборке насоса предварительно устанавливают на вал рабочее колесо и закрепляют его гайкой. Рабочее колесо в сборе с валом подвергают статической балансировке. Для колес с частотой вращения 25 $с^{-1}$ допустимый дисбаланс 100 г-мм. Допускается радиальное биение цилиндрических уплотнительных поверхностей рабочих колес, установленных на вал, 0,03—0,04 мм на 100 мм радиуса колеса.

Положение вала в сборе с рабочим колесом фиксируют упорными кольцами, шайбами и распорными втулками в зависимости от конструкции насоса. После установки узла вала в корпус насоса и его закрепления индикатором измеряют осевое смещение вала, которое должно находиться в пределах осевой игры подшипников качения, а в случае использования ограничительных упорных колец не должно превышать 0,3—0,4 величины начального зазора между торцевыми уплотнительными поверхностями колеса и корпуса (крышки).

Осевые зазоры между торцевыми поверхностями колеса и корпуса (крышки) регулируют изменением толщины прокладки корпуса или крышки.

Сборку завершают присоединением трубопроводов и проверкой соосности валов насоса и электродвигателя. Обкатку насосов после ремонта производят в течение 1 ч.

Особенности ремонта вентиляторов. Наибольшему износу у вентиляторов подвержены подшипники, шейки и шпоночные пазы валов, лопасти роторов. Менее интенсивному износу подвержен корпус вентилятора.

Интенсивный износ подшипников и вала наблюдается при неудовлетворительной смазке, ослаблении посадки ротора (колеса) на шейке вала, повышенном дисбалансе ротора. Износ лопастей ротора и корпусов вентиляторов происходит вследствие коррозии или в результате воздействия абразивных частиц, попадающих в вентилятор вместе с воздухом.

Изношенные лопасти роторов центробежных вентиляторов заменяют новыми, укрепляя их с помощью сварки или заклепок. Для предотвращения повышенного дисбаланса перед заменой новые лопасти взвешивают и подбирают по массе. Лопатки с одинаковой массой располагают в диаметрально противоположных местах. После замены лопастей проводят статическую балансировку ротора вентилятора.

При замене лопастей и отдельных элементов корпусов материал выбирают с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Глава 13
РЕМОНТ АППАРАТОВ И ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ [1]

§ 56. КЛАССИФИКАЦИЯ АППАРАТОВ АММИАЧНЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Классификация аппаратов. Система планово-предупредительного ремонта предусматривает разделение аппаратов на следующие группы:

кожухотрубные теплообменные аппараты (кожухотрубные и элементные конденсаторы, кожухотрубные испарители и др.);

панельные и трубчатые теплообменные аппараты (оросительные, испарительные и пакетно-панельные конденсаторы, вертикально-трубные и панельные испарители, переохладители и др.);

емкостные аппараты (ресиверы, промежуточные сосуды и др.);

мелкие аппараты (маслоотделители, маслосборники, отделители жидкости и др.);

камерное оборудование (рассольные и аммиачные батареи, воздухоохладители).

Объем, содержание и периодичность проведения ремонтных работ. При эксплуатации аппаратов осуществляются технический уход за аппаратами, профилактический осмотр, а также малый, средний и капитальный ремонты.

Технический уход за аппаратами включает осмотр аппаратов и контроль основных параметров их работы; регулирование режима работы аппаратов; устранение утечек аммиака, рассола и воды; контроль температур и распределения аммиака и рассола по отдельным секциям и батареям, воды по секциям конденсатора и в градирне; наблюдение за работой мешалок в испарителях открытого типа; контроль за своевременным включением в работу конденсаторов и испарителей.

Профилактический осмотр аппаратов всех групп (за исключением рассольных и аммиачных батарей) проводят через каждые 3 месяца эксплуатации оборудования.

Профилактический осмотр аппаратов включает проверку равномерности затяжки фланцевых соединений и сальников вентилей и при необходимости устранение неплотностей, осмотр и проверку правильности показаний контрольно-измерительных приборов без демонтажа их с аппаратов, проверку и регулировку клиноременной передачи мешалок испарителей открытого типа, очистку водораспределительных устройств у оросительных и испарительных конденсаторов и градирен, проведение анализа охлаждающей воды и рассола на присутствие аммиака, проверку и при необходимости восстановление концентрации рассола, выпуск воздуха из конденсаторов и линейных ресиверов, а также выпуск масла из аппаратов аммиачной холодильной установки.

Малый ремонт аппаратов проводят ежегодно. Малый ремонт дополнительно к работам профилактического осмотра включает удаление аммиака из аппаратов; продувку аппаратов сжатым воздухом для очистки рабочих поверхностей от масляных загрязнений; набивку сальников запорных вентилей; подтяжку фланцевых соединений; проверку манометров; демонтаж, ремонт и тарировку предохранительных клапанов; очистку труб оросительных и испарительных конденсаторов; очистку и регулирование водораспределительных устройств; очистку фильтров.

Средний ремонт аппаратов (кроме емкостных аппаратов) проводят через каждые 3 года эксплуатации. Средний ремонт дополнительно к работам малого ремонта включает демонтаж крышек теплообменных аппаратов; очистку трубных решеток и труб от ила, водяного камня, продуктов коррозии и загрязнений ', испытание на плотность кожухотрубных аппаратов для выявления неплотностей в развальцованных соединениях или трещин и свищей в стенках труб вследствие коррозии; подвальцовку концов труб для устранения неплотностей в соединениях труб с трубной решеткой и глушение труб, имеющих свищи и трещины в стенках, путем установки заглушек; спуск рассола из баков испарителей открытого типа, демонтаж секций испарителей и мешалок, очистку баков и секций от продуктов коррозии и загрязнений, промывку баков водой, выявление неисправностей мешалок и наладку их работы; проведение выборочных кольцевых вырезов труб испарителей открытого типа, оросительных и испарительных конденсаторов для проверки степени их износа.

Одновременно со средним ремонтом аппаратов производят ремонт запорной арматуры и изоляции.

Капитальный ремонт емкостных аппаратов производят через 12 лет эксплуатации, кожухотрубных теплообменных аппара-

На холодильных установках, где не проводится специальная подготовка воды и охлаждающая вода загрязнена и содержит агрессивные примеси, трубы кожухотрубных аппаратов рекомендуется очищать во время малого ремонта.

[1] Ремонт аппаратов малых холодильных машин и установок рассмотрен в главе 14.

тов и аммиачных батарей — через 9 лет, остальных аппаратов — через 6 лет.

Капитальный ремонт дополнительно к работам среднего ремонта включает замену всех ранее заглушённых, изношенных и имеющих трещины и свищи труб и секций аппаратов на новые. Изношенными считают трубы, износ которых достигает половины первоначальной толщины стенки.

§ 57. ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ АППАРАТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В процессе эксплуатации на теплообменных, наружных и внутренних поверхностях аппаратов отлагаются и накапливаются загрязнения. Характер загрязнений (продукты коррозии, солевая накипь, масляная пленка и др.) зависит от среды, контактирующей с поверхностью.

На поверхностях, контактирующих с холодильным агентом, отлагается масляная пленка; на поверхностях, омываемых охлаждающей водой,— солевая накипь (водяной камень), биологические (слизь, водоросли) и механические (песок, ил, продукты коррозии) загрязнения. Поверхности, омываемые рассолом или соприкасающиеся с влажным воздухом, подвержены интенсивному коррозионному износу.

Слой загрязнений на теплообменных поверхностях аппаратов снижает эффективность их работы вследствие понижения коэффициента теплопередачи. Кроме того, наличие значительного количества масляных загрязнений во внутренних полостях аппаратов может привести к возгоранию масла при выполнении сварочных работ.

Перед началом ремонтных работ аппараты очищают от масляных загрязнений продувкой сжатым воздухом. Теплообменные поверхности аппаратов, омываемые водой, при толщине слоя накипи или продуктов коррозии 1,5—2,0 мм очищают механическим или химическим способом. Поверхности аппаратов, контактирующие с рассолом или влажным воздухом, подвергают очистке механическим способом.

В последние годы на холодильных установках получили распространение специальные методы подготовки охлаждающей воды, которые позволяют значительно уменьшить количество отложений накипи на теплообменных поверхностях или существенно облегчить процесс очистки этих поверхностей.

Очистка поверхностей от **масляных загрязнений.** Очистку проводят после полного освобождения аппарата от аммиака продувкой сжатым воздухом при давлении 0,5—0,6 МПа. Продувку осуществляют через полностью открытый маслоспускной вентиль (при его отсутствии через один из запорных вентилей) несколько раз. Проводить ремонтные и сварочные работы на аппаратах до их полного освобождения от аммиака и продувки воздухом запрещается.

Очистка поверхностей от накипи и продуктов коррозии. Теплообменные поверхности аппаратов очищают механическим или химическим способом.

Очистка механическим способом может быть ручной или механизированной.

Очистку наружных поверхностей труб проводят с помощью специальных зубил, шаберов, скребков различной конструкции, а также дисковых металлических щеток и специальных многобойковых молотков с пневматическим приводом (рис. 159).

Внутренние поверхности труб кожухотрубных конденсаторов очищают с помощью ершей из стальной мягкой проволоки, специальных шарошек, набора сменных фрез. Шарошки и фрезы насаживают на конец гибкого вала, приводимого в движение пневматическим или электрическим двигателем. При вращении под действием центробежных сил зубчатые звездочки шарошек перемещаются по направлению к стенкам трубы и разрушают накипь, которую затем смывают потоком воды. Для очистки с помощью фрез используют фрезы разного диаметра, последовательно срезая слои накипи.

Очистка химическим способом заключается в обработке накипи растворами соляной кислоты,

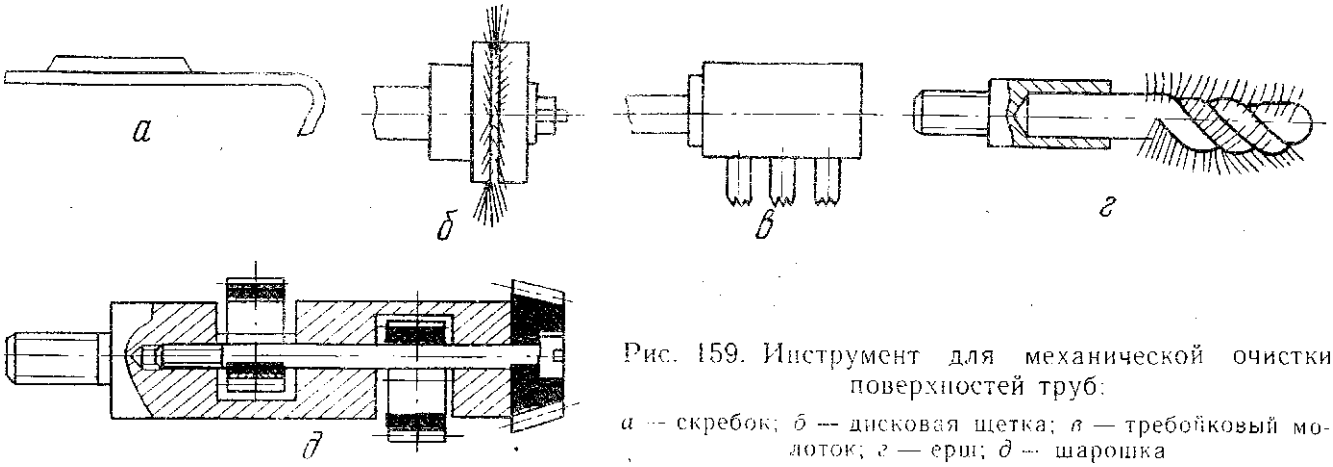


Рис. 159. Инструмент для механической очистки поверхностей труб:

а — скребок; *б* — дисковая щетка; *в* — требойковый молоток; *г* — ерш; *д* — шарошка

каустической соды или тринатрийфосфата. Для очистки раствор заливают в аппарат или создают непрерывную циркуляцию раствора.

Карбонатные накипи с преобладающим содержанием углекислых солей кальция и магния удаляют с помощью раствора ингибированной соляной кислоты. При толщине слоя накипи до 1,5—2 мм используют 5—10 %-ный раствор, при более толстом слое— 15 %-ный раствор кислоты. В раствор добавляют ингибитор (1 —1,5 % массы кислоты) или его заменители (уротропин, формалин), а также смачиватель и пеногаситель (0,1 % массы раствора). Продолжительность кислотной обработки (травления) зависит от толщины и плотности слоя накипи. Прекращение выделения пузырьков газа из верхнего открытого штуцера аппарата при травлении без циркуляции раствора свидетельствует об окончании реакции и растворении слоя накипи. Для ускорения реакции раствор подогревают до 60—80 °С. После травления раствор сливают, очищаемые поверхности труб промывают водой ', нейтрализуют и пассивируют 2 %-ным раствором кальцинированной соды.

Силикатные накипи имеют повышенное содержание кремнекислых солей, сульфатные — повышенное содержание сернокислого кальция. Эти накипи удаляют раствором каустической соды или тринатрийфосфата. Концентрацию раствора каустической соды в зависимости от толщины слоя накипи принимают от 5 до 15 %, а раствора тринатрийфосфата — от 1 до 5 %. Продолжительность очистки 24 ч при температуре раствора 80—90 °С. Затем раствор сливают, очищаемые поверхности промывают водой, а остатки размягченной накипи удаляют механическим способом.

Состав накипи определяют по действию реагента (раствора кислоты или каустической соды) на ее пробу.

Продолжительность очистки сокращают путем непрерывной циркуляции нагретого раствора. Для этого используют установку, состоящую из специального центробежного насоса и циркуляционного бака с электронагревателями.

Очистку поверхностей труб кожухотрубных испарителей от мягких осадков и загрязнений производят с помощью тампонов и щеток с последующей промывкой водой.

Специальные методы подготовки охлаждающей воды. Вода поверхностных и подземных источников, используемая на холодильных установках, содержит ряд примесей, отлагающихся на теплообменных поверхностях или придающих воде агрессивные свойства. Для улучшения качества охлаждающей воды ее подвергают следующим видам обработки (водоподготовки):осветлению, умягчению, магнитной обработке.

Качество промывки проверяют с помощью метилоранжа. Промывку прекращают после того, как метилоранж приобретет красный цвет.

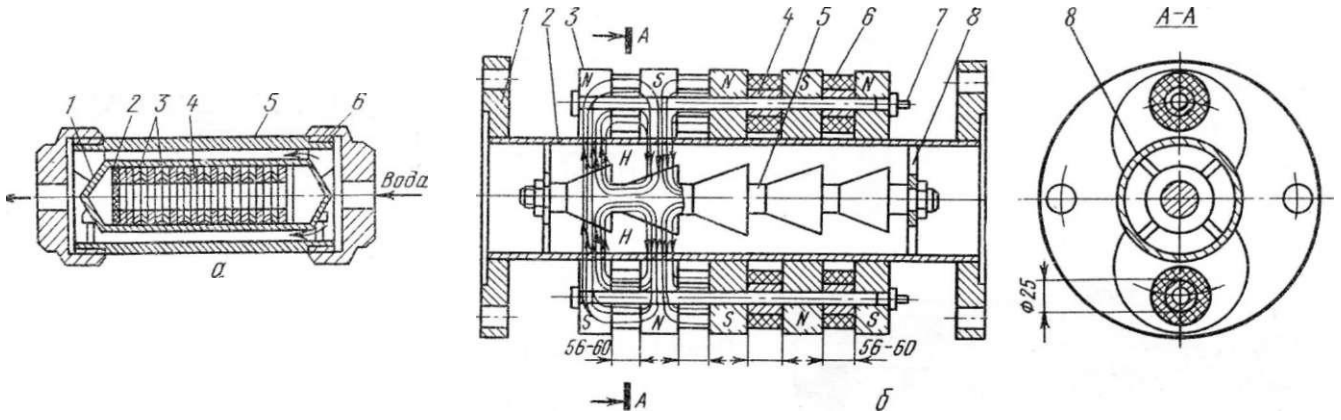


Рис. 160. Устройства для магнитной обработки воды:

а — с постоянными магнитами: / защитный кожух *2* уплотнительная шайба; *3* — полюсный наконечник; *4* — кольцевой магнит; *5* — корпус: *в* — соединительная муфта; б —с электромагнитами: /—фланец; *2* — труба из немагнитного материала; *3* — полюсный наконечник; *4* — сердечник катушки; 5 — конусный сердечник; *6* — электрообмотка; 7 — стяжка; *8* — втулка крепления сердечника к трубе

Осветление — процесс удаления из воды грубодисперсных (песок, глина и др.) и коллоидных (органические и некоторые минеральные вещества) примесей фильтрованием, отстаиванием и коагуляцией.

В качестве фильтрующих материалов при удалении грубодисперсных примесей применяют дробленый антрацит, кварцевый песок и керамзит (диаметр отдельных частиц и песчинок 0,5—1,5 мм).*

При коагуляции к воде добавляют раствор коагулянтов, нейтрализующих заряд коллоидов, в результате чего коллоидные частицы укрупняются, выпадают в осадок под действием силы тяжести и удаляются в фильтрах и отстойниках. В качестве коагулянтов применяют хлористое железо FeCU, сернокислое железо закисное FeS04-7H20, сернокислый алюминий A1 (50_4)з- $18H_20$. Раствор коагулянтов концентрацией 5—10 % вводят в воду с помощью специальных дозаторов.

Умягчение воды — процесс удаления из воды накипеобразователей (солей кальция и магния) осаждением или ионообменным способом, в результате чего уменьшается жесткость воды [1].

При осаждении в воду добавляют вещества, способные создавать избыточную концентрацию анионов, с которыми ионы кальция и магния образуют труднорастворимые соединения, удаляемые перед использованием воды фильтрованием или отстаиванием. Такими веществами являются серная кислота H_2SO_4, кальцинированная ЫагСОз или каустическая NaOH сода, тринатрийфосфат Na_3P0_4 и др. Концентрацию раствора этих веществ выбирают в зависимости от жесткости обрабатываемой воды.

Ионообменный способ обработки позволяет значительно понизить жесткость воды, но требует сложного и дорогого оборудования. На холодильных установках этот способ не применяется.

Магнитная обработка воды значительно уменьшает количество отложений накипи, позволяет разрушать образовавшуюся накипь и осаждать взвеси, уменьшает скорость коррозии.

Механизм действия магнитного поля на растворенные в воде соли недостаточно изучен, однако предполагается, что соли теряют способность кристаллизоваться на теплообменных поверхностях в результате поляризации ионов и молекул раствора.

На эффективность магнитной обработки влияет ряд факторов: содержание солей в растворе, состав растворенных веществ, наличие в воде свободного кислорода и углекислого

[1] Жесткость воды — сумма концентраций ионов кальция и магния, выраженная количеством миллиграмм-эквивалентов в 1 кг.

газа. Хорошие результаты получают при обработке воды, содержащей растворенный бикарбонат кальция. В прямоточных системах водоснабжения обработке подвергают всю воду, в оборотных — подпиточную воду и не менее четверти количества воды, циркулирующей в системе.

Для создания магнитного поля используют постоянные магниты и электромагниты (рис. 160).

Скорость движения воды в устройстве для магнитной обработки должна находиться в пределах 1,0—1,5 м/с.

§ 58. РЕМОНТ АППАРАТОВ

Возможные дефекты и способы их определения. Дефектами, характерными для аппаратов, являются: неплотности вальцовочных соединений труб с трубными решетками, свищи и трещины в стенках труб и обечаек, дефекты сварных швов, коррозионные разрушения.

Неплотности вальцовочных соединений, свищи и трещины в стенках труб кожухотрубных аппаратов выявляют во время их испытания на плотность.

Места соединений труб с трубными решетками покрывают мыльным раствором, к которому добавляют несколько капель глицерина для предупреждения преждевременного высыхания раствора. В местах неплотностей образуются мыльные пузыри. Аналогичным способом выявляют свищи и мелкие сквозные трещины обечаек и сварных швов. Выходящие на поверхность несквозные трещины могут быть выявлены капиллярными методами дефектоскопии. Для определения наличия свищей и мелких трещин в стенках труб кожухотрубных аппаратов трубы с обоих концов заглушают специальными пробками (рис. 161, *а)* При наличии дефектов в стенках в заглушённой трубе постепенно повышается давление.

Для проверки величины коррозионного разрушения стенок труб испарителей открытого типа, оросительных и испарительных конденсаторов в наиболее изношенных местах делают кольцевые вырезы. Степень коррозионного износа труб кожухотрубных аппаратов определяют после того, как они очищены и вынуты из трубных решеток. При равномерном коррозионном износе вынимают от 3 до 5 труб, при неравномерном — от 1 до 2 труб из каждого участка, где трубы наиболее изношены. Трубы разрезают в местах наибольших разрушений и измеряют толщину их стенок.

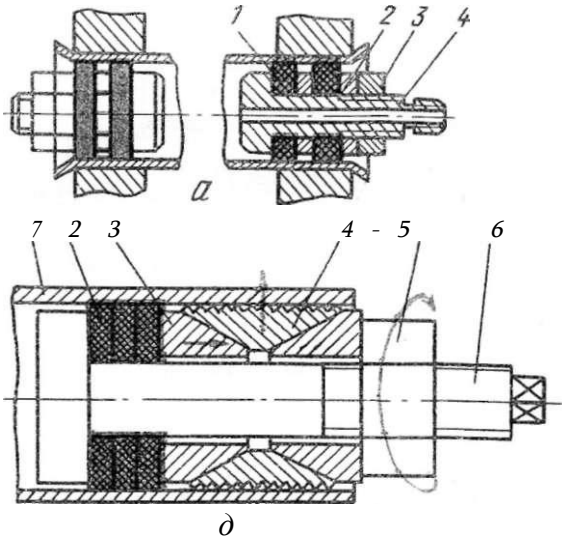


Рис. 161. Пробки:

а — для определения наличия свищей и мелких трещин: / — резиновое кольцо; *2* — шайба; *3* — гайка; *4* — болт со сверлением; 6 — для глушения дефектных труб: / — труба; *2* — резиновые кольца; *3* — разжимной конус; *4* — разжимной сухарь; *5*— гайка; *6*— специальный болт

Ремонтные операции. К операциям, выполняемым во время ремонта аппаратов, относятся: глушение дефектных труб, замена труб, развальцовка труб в трубных решетках, устранение трещин, свищей и коррозионных разрушений.

Глушение дефектных труб проводят путем установки с обоих концов труб специальных пробок (рис. 161, б), состоящих из специального болта и гайки, двух конусов, разжимного сухаря и набора резиновых колец. При завинчивании гайки конусы перемещают сухарь к стенкам, в результате чего пробка прочно удерживается в трубе. Глушение труб с помощью конических заглушек из отожженного металла, близкого

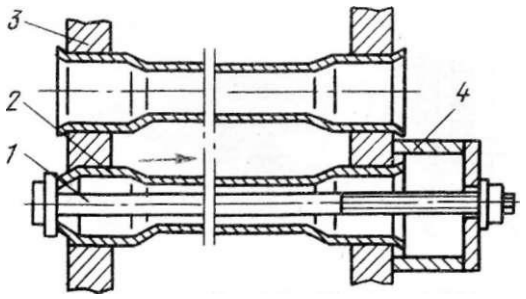


Рис. 162. Приспособление для удаления труб из трубной решетки:

1 — болт сквозной упорный; *2* — труба; *3* — трубная решетка; *4* — планка упорная

по составу к материалу труб, не рекомендуется, так как при ударах по торцам заглушек во время глушения могут быть повреждены отверстия в трубных решетках. Заплавление отверстий труб электродуговой или газовой сваркой, а также приварка концов труб к трубным решеткам не допускаются, так как в результате разогрева решетки появляются неплотности в соседних вальцовочных соединениях.

Замену труб кожухотрубных аппаратов осуществляют при капитальном ремонте. Замене подлежат ранее заглушённые трубы; трубы, коррозионный износ стенок которых достиг 50 % первоначальной толщины; трубы, имеющие трещины и свищи; трубы, не поддающиеся подвальцовке, ***i***

Из трубных решеток трубы удаляют с помощью приспособления, состоящего из упорного сквозного болта с гайкой и упорной планки (рис. 162). Предварительно стенки одного из развальцованных концов трубы осторожно отгибают внутрь крейцмейселем.

В трубные решетки трубы устанавливают после проверки правительности геометрической формы отверстий и подготовки поверхностей соприкосновения труб и отверстий в трубных решетках. Правильность формы может быть восстановлена с помощью раздвижных разверток, однако при этом не должен сильно увеличиваться диаметр отверстий.

Развальцовка заключается в холодной раздаче труб в отверстиях трубной решетки с помощью специального инструмента — вальцовки. При развальцовке достигается создание прочного и плотного соединения труб с трубной решеткой, способного противостоять нагрузкам, возникающим в результате действия давления пара (или жидкости), сил тяжести и теплового расширения (сжатия).

В процессе развальцовки осевое давление на конический шпиндель передается роликами, которые при вращении вальцовки перекатываются по внутренней поверхности трубы и расширяют конец трубы до плотного прилегания его наружной поверхности к поверхности отверстия в трубной решетке. Плотность вальцовочного соединения достигается в результате деформации металла и заполнения материалом трубы зазоров между поверхностями отверстия и трубы, прочность — за счет постоянно сохраняющихся радиальных усилий, вызывающих силы трения между поверхностями. Прочность и плотность соединений увеличивают разбортовкой выступающих за трубную решетку концов труб. Разбортовку концов труб осуществляют одновременно с развальцовкой.

В связи с простотой конструкции, большой производительностью и равномерным распределением давления роликов наибольшее распространение получили самоподающие вальцовки с расположением роликов под углом по отношению к коническому шпинделю (рис. 163). Шпиндель таких вальцовок после соприкосновения роликов со стенками трубы втягивается ими в отверстие и получает дополнительное перемещение в осевом направлении.

Перед началом развальцовки проводят подготовительные работы: отжигают и зачищают от коррозии концы труб, очищают и промывают растворителем отверстия в трубных решетках, проверяют работу вальцовки на отрезке трубы.

При необходимости зачищают внутренние поверхности отверстий, после зачистки на поверхностях не должно быть забоин, заусенцев,

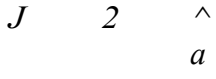


Рис. 163. Вальцовки для труб:

а — с вальцовочными роликами; б — с вальцовочными и бортовочными роликами: / — ролик вальцовочный; *2* — корпус; *3* — шпиндель конический; *4* — ролик бортовочный

продольных рисок и других дефектов. Концы труб и отверстия в трубных решетках перед установкой протирают полотняными салфетками. Зазор между трубой и стенками отверстия после установки трубы продувают сжатым воздухом.

Развальцовку труб начинают с привальцовки, т. е. раздачи конца трубы до его закрепления в отверстии решетки. Привальцовку выполняют крепежной вальцовкой (без бортовочных роликов). Зазор между трубой и отверстием решетки перед привальцовкой должен составлять 0,5—1,5 % наружного диаметра трубы. При меньшей величине зазора затрудняется заведение трубы в отверстие решетки, при большей величине в процессе развальцовки могут произойти разрыв конца трубы или уменьшение прочности и плотности соединения. Длина роликов крепежной вальцовки должна превышать толщину трубной решетки на 10—14 мм.

Развальцовку завершают окончательной завальцовкой и бортовкой труб. Эти операции производят самоподающей вальцовкой с бортовочными роликами.

Начало бортовочного колокольчика у правильно развальцованной трубы углубляется в отверстие трубной решетки на 1—2 мм, конец трубы выступает из решетки на 3—7 мм, угол бортовки концов труб составляет 15 % на сторону, а развальцованная часть трубы плавно переходит в неразвальцованную (рис. 164).

Степень развальцовки определяют по формуле

$$H = d_к — d_н — 6,$$

где $d_к$ — внутренний диаметр трубы после развальцовки, мм; $d_н$ — внутренний диаметр трубы до развальцовки, мм; б — зазор между трубой и отверстием решетки, мм.

Оптимальная степень развальцовки *Н* должна составлять от 15 до 20 % толщины стенки вальцуемой трубы.

При развальцовке труб могут возникнуть следующие дефекты: дефекты металла на деформированном участке, перевальцовка, однобокость, подрез, разрыв кромок бортовочного колокольчика.

Дефекты металла обнаруживаются в виде отстающих плен, выкрашиваний и трещин. Перевальцовка трубы определяется по смятым и прижатым к решетке кромкам колокольчика, а также удлиненному и расширенному участку трубы за трубной решеткой. Однобокость характеризуется неплотным прилеганием трубы к отверстию на отдельных участках, подрез трубы — резким (неплавным) переходом от развальцованной части трубы к неразвальцованной. Трубы с подобными дефектами заменяют новыми.

Разрыв кромок бортовочного колокольчика устраняют опиловкой. Вы-

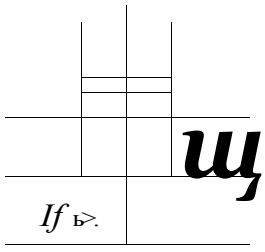


Рис. 164. Труба, развальцованная в трубной решетке

ступающая часть колокольчика после опиловки должна иметь длину не менее 2—3 мм.

Трубы, требующие подвальцовки, выявляют при испытании кожухотрубного аппарата на плотность. После снижения давления в аппарате до атмосферного трубы подвальцовывают, но не более двух раз. Подвальцовка более двух раз может привести к необратимому изменению формы отверстий в трубных решетках.

Трещины, свищи и коррозионные разрушения устраняют способами, соответствующими характеру дефекта. Края трещин, а также дефектные сварные швы вырубают, подготавливая кромки под новый сварной шов. На расстоянии 15 мм от концов трещин сверлят отверстия диаметром 4—6 мм. После подготовки проводят заварку трещин и швов. Участки труб с местными коррозионными разрушениями глубиной до 50 % толщины стенки вырезают и заменяют новыми. Трубы и секции аппаратов, коррозионный износ которых достигает 50 % первоначальной толщины стенки на обширных участках поверхности, заменяют новыми.

Испытания аппаратов после ремонта. Перед сборкой проверяют состояние уплотнительных поверхностей аппаратов и их крышек, а также отсутствие повреждений и других дефектов прокладок. На уплотнительных поверхностях аппаратов и крышек не должно быть глубоких рисок, забоин и коробления. Прокладки между крышками и трубными решетками кожухотрубных аппаратов после их установки на место не должны перекрывать отверстия труб.

Перед испытанием аппарата проводят проверку его технической документации, наружный осмотр, проверку арматуры и наличия предохранительных устройств.

Аппараты аммиачных холодильных установок испытывают на прочность и плотность. При испытании на прочность в аппаратах стороны нагнетания создают давление воздуха 1,8 (2,5*) МПа, в аппаратах стороны всасывания — 1,2 (2,0) МПа. Продолжительность испытания на прочность 5 мин.

На плотность аппараты стороны нагнетания испытывают давлением воздуха 1,5 (2,0) МПа, аппараты стороны всасывания—1,0 (1,6) МПа. Продолжительность испытания на плотность не менее 12 ч.

Аппараты хладоновых холодильных установок испытывают только на плотность. Давление в аппаратах создают сухим инертным газом. Давление испытания аппаратов стороны нагнетания, заполняемых R12, 1,6 МПа, заполняемых R22—2,0 МПа. Аппараты стороны всасывания, заполняемые R12, испытывают давлением 1,0 МПа; заполняемые R22 — давлением 1,6 МПа. Продолжительность испытания не менее 18 ч.

После выравнивания температур внутренней и окружающей сред в течение 6 ч давление в аппарате может изменяться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающей среды.

Водяную часть горизонтальных кожухотрубных конденсаторов и рассольную часть кожухотрубных испарителей испытывают на прочность давлением воды (рассола) 0,6 МПа в течение 5 мин и на плотность рабочим давлением.

§ 59. РЕМОНТ *И* ИСПЫТАНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Характерными дефектами деталей запорной арматуры являются: дефекты формы и чистоты уплотнительных поверхностей клапанов (золотников) и уплотнительных колец (седел) корпусов; отслоения, вмяти-

* В скобках указаны давления испытания для нового оборудования, у которого рабочее давление на стороне нагнетания и стороне всасывания соответственно 2,0 и 1,6 МПа, если это оборудование не работает совместно со старым.

ны и глубокие риски в баббитовой заливке золотников и крышек; дефекты шпинделей; трещины, раковины и коррозионные разрушения корпусов и крышек.

Определение дефектов уплотнительных поверхностей. Уплотнительные притертые поверхности деталей арматуры подвержены абразивному износу и эрозии. Изношенные уплотнительные поверхности не обеспечивают плотного закрытия арматуры, вследствие чего эрозия протекает еще более интенсивно. Неплотность прилегания уплотнительных притертых поверхностей определяют с помощью краски или мягкого графитового карандаша.

Краску (сажу или синьку, разведенную на машинном масле) наносят тонким слоем на уплотнительную поверхность одной из деталей. Деталь с окрашенной поверхностью устанавливают в рабочее положение и перемещают ее относительно сопрягаемой поверхности. Изношенные участки сопрягаемой поверхности после проверки остаются неокрашенными.

При определении неплотности с помощью карандаша на уплотнительные поверхности в радиальном направлении карандашом наносят линии на расстоянии 3—5 мм одна от другой. После нанесения линий клапан вентиля 2—3 раза поворачивают относительно седла, а плашки задвижек перемещают относительно уплотнительных колец корпуса. На неизношенных контактирующих участках линии сотрутся, а на изношенных сохранятся.

Ремонт арматуры. При ремонте устраняют следующие дефекты.

Дефекты геометрической формы и чистоты уплотнительных поверхностей (отклонение от прямолинейности, риски, раковины и др.) устраняют способом, выбор которого зависит от характера и величины дефекта.

Дефекты глубиной до 0,05 мм устраняют притеркой, глубиной 0,05—0,5 мм — шлифованием абразивным кругом с последующей притиркой, глубиной более 0,5 мм — механической обработкой уплотнительной поверхности с последующими шлифованием и притиркой.

Притирку уплотнительных поверхностей осуществляют с помощью специального инструмента — притира. Наиболее часто притиры изготовляют из мягкого мелкозернистого чугуна. Шероховатость рабочих поверхностей притиров $R_a = 0{,}634$-4-0,16 мкм.

В процессе ручной обработки должно быть обеспечено правильное взаимное расположение притира и обрабатываемой детали, что достигается устройством центрующих кольцевых выступов на притире или установкой центрующих дисков для воротка притира (рис. 165, *а)*

Высокое качество обработки и повышение производительности обеспечивается путем использования приспособлений, устанавливаемых в шпиндель вертикально-сверлильного

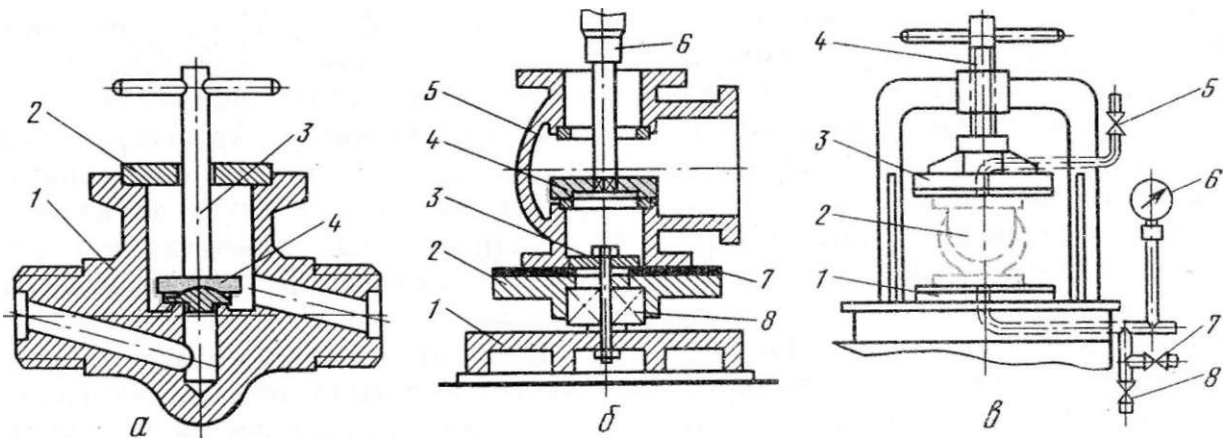


Рис. 165. Приспособления для ремонта и испытания арматуры:
а — для притирки вручную: / — корпус вентиля; *2* — центрующий диск; *3* — вороток; *4* — притир; *б* — для притирки механизированным способом: / — стол станка; *2* — диск установочный; *3* — шайба установочная; *4* — притир; 5 — корпус задвижки; *6* — шпиндель сверлильного станка; *7* — прокладка резиновая; *8* — шарикоподшипник; *в* — для испытания арматуры: / — диск упорный нижний с прокладкой, *2* — вен-

станка или электродрели, укрепленной в вертикальном положении на подвижной направляющей (рис. 165, *б),*

Притираемые поверхности покрывают равномерным тонким слоем притирочной массы, приготовленной перемешиванием абразивного порошка с керосином или машинным маслом. Кроме порошков применяют также пасты ГОИ, растворенные в керосине. Для притирки стальных и чугунных деталей используют микропорошки М5-М28 (наждак, корунд, карборунд и т. д.), для притирки и доводки деталей из бронзы — стеклянные порошки той же зернистости.

Усилие прижима притира к обрабатываемой поверхности должно обеспечивать величину удельного давления притира в пределах й,03—0,!5 МПа.

Притирку заканчивают при получении однородной матовой поверхности (R_a = = 1,25 мкм), доводку при получении светло-матовой или блестящей поверхности R_a=- = 0,32^0,16 мкм).

Отслоения баббитовой заливки клапанов и крышек вентилей определяют по звуку при обстукивании заливки деревянным молотком. При наличии значительных дефектов (отслоений, вмятин, глубоких рисок и т. п.) баббитовые уплотнительные пояски восстанавливают путем перезаливки баббита с последующим протачиванием пояска на станке. Дефекты, не имеющие значительной глубины, устраняют протачиванием пояска баз перезаливки баббита.

Дефектами шпинделей вентилей и задвижек являются повреждения резьбовых участков, изгиб стержня, отклонения от правильной геометрической формы и коррозионные разрушения поверхностей, риски на конусах шпинделей вентилей с условным проходом диаметром 6—10 мм. Шпиндели, имеющие сорванную резьбу или .значительную величину изгиба стержня, заменяют новыми.

Овальность шпинделя на участке, сопрягаемом с сальником, не должна превышать 0,05 мм. Повышенную величину овальности, а также глубокие коррозионные разрушения устраняют протачиванием на токарном станке с последующим шлифованием. Конусы шпинделей, имеющие риски, шлифуют с последующей притиркой к седлу.

При наличии трещин, раковин и местных коррозионных разрушений глубиной свыше 30 % номинальной толщины деталей корпуса и крышки вентилей и задвижек бракуют.

Допускается заварка трещин, свищей и раковин у деталей, изготовленных из стали, ковкого чугуна или бронзы. Обработка деталей в этом случае заключается в подготовке трещин под заварку, опиловке после заварки и испытании на герметичность. Механические повреждения и коррозионные разрушения фланцев арматуры устраняют протачиванием.

Испытания арматуры. После ремонта деталей проводят сборку арматуры, укладку новой сальниковой набивки и испытание на плотность.

Для арматуры аммиачных установок в качестве набивочного материала используют шнур из хлопчатобумажной, пеньковой, льняной пряжи или асбестового волокна, пропитанный смесью графита с жиром; для арматуры хладоновых установок — резиновые кольца, шнур из фторопластового уплотнительного материала или шнур из асбестового волокна, пропитанный глицерином с добавлением графита. Шнур разрезают и укладывают отдельными кольцами, концы которых срезаны под углом 45°. Стык каждого вкладываемого кольца смещают на 90° по отношению к стыку ранее вложенного кольца. Высота набивки, уложенной в сальниковую камеру, после установки втулки сальника должна обеспечить возможность подтягивания сальника во время эксплуатации на 20—30 мм.

Собранную арматуру испытывают на специальном стенде (рис. 165, *в)* сжатым воздухом (вентили) или водой (задвижки). Арматуру зажимают между нижним неподвижным и верхним подвижным дисками, на уплотнительных поверхностях которых установлены резиновые прокладки.

Вентили устанавливают так, чтобы воздух поступал под клапан (в соответствии со стрелкой на корпусе), и испытывают сначала в закрытом, а затем в открытом положении клапана. Задвижки испытывают при закрытом затворе поочередно с обеих сторон.

Глава 14
РЕМОНТ МАЛЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

§ 60. РЕМОНТ холодильных АГРЕГАТОВ С ГЕРМЕТИЧНЫМИ КОМПРЕССОРАМИ[1]

Герметичные агрегаты подлежат ремонту на специализированном комбинате при обнаружении на месте эксплуатации дефектов, для устранения которых необходимо вскрытие кожуха компрессора; при неплотности сварных или паяных соединений ресивера, конденсатора или кожуха компрессора; при засорении жидкостного вентиля и т. п.

Схема технологического процесса ремонта герметичных агрегатов, демонтированных на объектах и доставленных в цех специализированного комбината, следующая:

приемка агрегатов в ремонт и оформление документации;
демонтаж электрооборудования и осушительного патрона;
разборка агрегата на сборочные единицы (узлы) и детали;
мойка деталей и узлов;
дефектация узлов и деталей;
сборка и сушка конденсаторно-ресиверной группы;
сборка агрегата;
испытание на герметичность мест соединений и вентилей агрегата;
зарядка агрегата хладоном и маслом;
испытание на герметичность мест соединений агрегата;
установка электрооборудования;
обкатка агрегата, заполненного хладоном;
окончательная комплектация агрегата и окраска;
оформление документации, сдача агрегатов на склад готовой продукции.

Основные производственные операции ремонта. Ремонт холодильных агрегатов с герметичными компрессорами характеризуется значительной технологической сложностью. Основными условиями, определяющими качество ремонта герметичных агрегатов, являются: обеспечение чистоты и антикоррозийной защиты деталей ремонтируемого агрегата, обеспечение прочности и плотности соединений, тщательная осушка узлов и деталей, полное удаление воздуха из агрегата, надежная изоляция токопроводящих частей, обеспечение оптимальных зазоров (или натягов) при сборке компрессоров.

Приемка агрегата в ремонт и оформление документации. При поступлении в ремонтный цех проводят внешний осмотр агрегата и составляют приемочную документацию. В ней указывают марку агрегата, наименование завода-изготовителя, заводской номер, комплектность, а также сведения о заказчике (организация, ее адрес и отгрузочные реквизиты).

Агрегаты с непросроченным гарантийным сроком подвергают дополнительной дефектации электрической части, которая заключается в проверке сопротивления обмоток статора, межфазного сопротивления, сопротивления по отношению к кожуху компрессора, наличия обрыва внутренних соединительных проводов и пробоя на корпус проходных контактов. При необходимости подключают агрегат к электрической сети и проверяют неисправности механической части компрессоров.

Демонтаж электрооборудования и осушительного патрона. Герметичный агрегат (рис. 166) по наклонному транспортеру и рольганговому пути подают к столу разборки, где снимают щиток компрессора и осушительный патрон. Провода электродвигателя вентилятора отсоединяют от клеммной колодки компрессора. Отсоединяют диффузор от конденсатора, кронштейн электродвигателя вентилятора от плиты. Вентилятор с кронштейном и диффузором снимают и отсоединяют вентилятор от кронштейна. Отсоединяют и снимают электроарматуру: клеммную коробку, тепловое реле, распределительный или пускозащитный блок.

Вентилятор в сборе направляют в электроцех на ремонт, электроарматуру — на дефектацию, осушитель-

[1] Ремонт сальниковых и бессальниковых компрессоров малых холодильных машин и установок рассмотрен в главе 12.

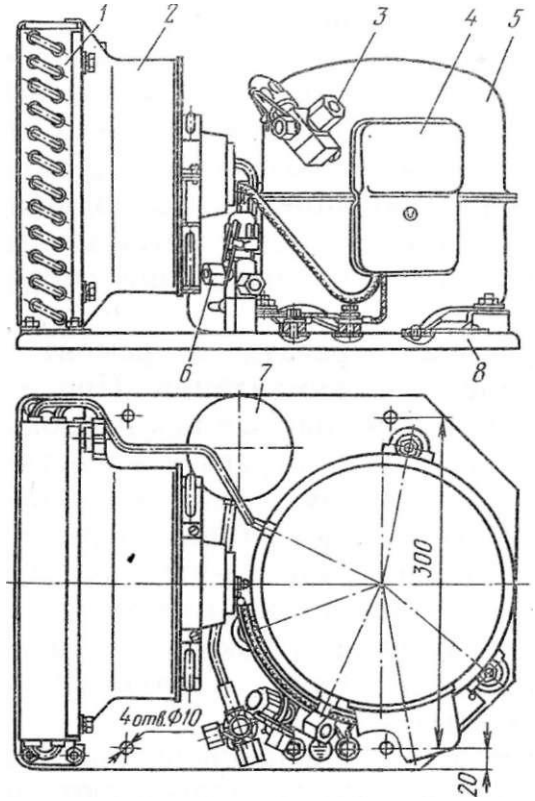


Рис. 166. Герметичный агрегат ВС:

1 — конденсатор; *2* — диффузор с вентилятором; *3* — вентиль всасывающий; *4* — щиток; 5 — компрессор; *6*—вентиль жидкостный; 7—ресивер; *8* — плита

ный патрон — в утиль цлй на регенерацию, диффузор, щиток и крепежные детали — на участок мойки.

Разборка агрегата. Перед разборкой из агрегата удаляют хладагент и масло.

Для удаления хладагента используют специальный стенд, состоящий из компрессора, конденсаторов воздушного и водяного охлаждения, баллона, помещенного в ванну с водой, трубопроводов и вентилей, контрольно-измерительных и автоматических приборов.

Агрегат для удаления хладагента соединяют трубопроводом с одним из приемных вентилей стенда. Включают компрессор стенда и удаляют из агрегата пар хладагента, который конденсируется в конденсаторе воздушного охлаждения. Жидкий хладагент сливается в баллон стенда. После наполнения баллона проводят регенерацию хладагента. Для этого отключают компрессор, переключением вентилей отсоединяют от баллона конденсатор воздушного охлаждения и присоединяют к нему конденсатор водяного охлаждения, подают воду на конденсатор и включают электронагреватель для подогрева воды в ванне. Образовавшийся в баллоне пар хладагента поступает в конденсатор, где сжижается. Очищенный хладагент используют для технологических нужд.

Конструктивные особенности герметичных агрегатов не позволяют полностью удалить из них масло, поэтому остатки масла удаляют после разрезки кожуха герметичного компрессора.

Конденсатор агрегата после удаления хладагента и масла отсоединяют от компрессора и ресивера. Для этого отвинчивают накидные гайки или отрезают нагнетательную и жидкостную трубки. Трубки конденсатора и трубку (или нагнетательный штуцер) компрессора заглушают. Компрессор, ресивер и кронштейн вентиля отсоединяют от плиты.

Конденсатор в сборе с плитой, ресивер и крепежные детали направляют на участок мойки. Компрессор агрегата устанавливают на подвеску цепного транспортера и направляют на участок разрезки кожуха.

Мойка деталей и узлов. Конденсатор с плитой, а также ресивер, диффузор, щиток, подставку микроэлектродвигателя вентилятора и крепежные детали по рольгангу подают в моечную машину для очистки наружных поверхностей. Мелкие детали предварительно помещают в специальную тару.

Детали в таре, а также конденсатор в сборе с плитой промывают в течение 10 мин при температуре моющего раствора 75—95 °С, затем продувают сжатым воздухом. При необходимости очищают поверхности деталей от продуктов коррозии и старой краски.

Внутренние полости конденсатора промывают хлористым метиленом (R30) в течение 5 мин на специальной установке, а затем продувают сжатым воздухом.

Дефектация деталей и узлов. Дефектацию узлов и деталей агрегата проводят по картам дефектов. Детали и узлы, годные без ремонта для дальнейшего использования, направляют на сборку, подлежащие ремонту — в ремонт, негодные — бракуют.

Сборка [1] и сушка конденсаторно-ресиверной группы. Ресивер закрепляют на плите, снимают заглушки с трубок конденсатора и входного штуцера ресивера. Подсоединяют трубку конденсатора к штуцеру ресивера с помощью накидной гайки или пайкой.

Собранную конденсаторно-ресиверную группу сушат в специальных печах при температуре 110 °С в течение 2 ч, затем внутренние полости группы продувают сухим воздухом (точка росы не выше —50 °С) и направляют на сборку.

Воздух в условиях ремонтных комбинатов осушают на специальных адсорбционных установках, в состав которых входят 2—3 адсорбера. В одном из адсорберов осушается поток воздуха, в других адсорбент регенерируется. В качестве адсорбента используют силикагель КСМ высшего сорта.

Для сушки агрегатов и их узлов используют сухой воздух, содержащий 0,01—0,03 г/м^3 влаги, что значительно меньше влагосодержания атмосферного воздуха (например, влагосодержание насыщенного влажного воздуха при температуре 20 °С 17,22 г/м^3). Осушенный на установке воздух с точкой росы —50 °С содержит примерно 0,03 г/м^3 влаги, а воздух с точкой росы —60 °С — около 0,01 г/м^3.

Для определения влажности газа по методу точки росы используют специальный прибор, состоящий из стеклянной измерительной камеры, металлического зеркала, соединенного с медным стержнем; сосуда Дьюара с жидким азотом, сосуда со льдом и регистрирующего прибора.

Газ с постоянной скоростью пропускают через измерительную камеру, в которую помещено металлическое зеркало с впаяной точечной термопарой. Нижний конец медного стержня, соединенного с зеркалом, опущен в сосуд Дьюара; холодный спай термопары выведен на лед. Стержень постепенно погружают в жидкий азот в сосуде Дьюара, температура зеркала при этом понижается. Температура, при которой на зеркале появляются микроскопические капли воды, фиксируется по регистрирующему прибору как точка росы.

Сборка агрегата. Компрессор и ресивер устанавливают на плиту. Нагнетательный штуцер компрессора и штуцер ресивера соединяют трубопроводами с конденсатором. Стыки соединений узлов агрегата запаивают, используя припой Л62.

Испытание на герметичность мест соединений и вентилей. Агрегат устанавливают на рольганг ванны испытания на плотность, к штуцеру всасывающего вентиля компрессора присоединяют шланг сжатого воздуха, а рольганг опускают в ванну с водой. Агрегат испытывают на плотность давлением сухого воздуха 1,6 МПа в течение 5 мин. Температуру воды в ванне поддерживают в пределах 40—45 °С. Пузыри и пузырчатая сыпь в местах соединений и на сальниках вентилей не допускаются.

Зарядка агрегата хладоном и маслом. В процессе ремонта узлы герметичных агрегатов обезвоживают путем тщательной осушки, перед зарядкой агрегатов маслом и хладоном из них удаляют воздух.

На ремонтных предприятиях ранее предусматривалась осушка собранных агрегатов при 110—115°С в течение 4—6 ч с последующим вакуумированием в течение 3—4 ч до остаточного давления 13 Па (0,1 мм рт. ст.), что требовало сложного оборудования, а также значительных затрат труда и времени.

Более прогрессивной и эффективной по своим результатам является технология осушки и удаления воздуха, которая предусматривает двукратное вакуумирование с промежуточным заполнением агрегата паром хладона или сухим воздухом.

Двукратное вакуумирование проводят в следующей последовательности. Агрегат в сборе вакуумируют до остаточного давления 1,3 кПа (10 мм рт. ст.), что обеспечивается в течение 2—3 мин, затем заполняют технологической дозой хладона, в результате чего в агрегате обра-

[1] На сборку поступают детали и узлы, прошедшие дефектацию и признанные годными к дальнейшему использованию без ремонта или отремонтированные.

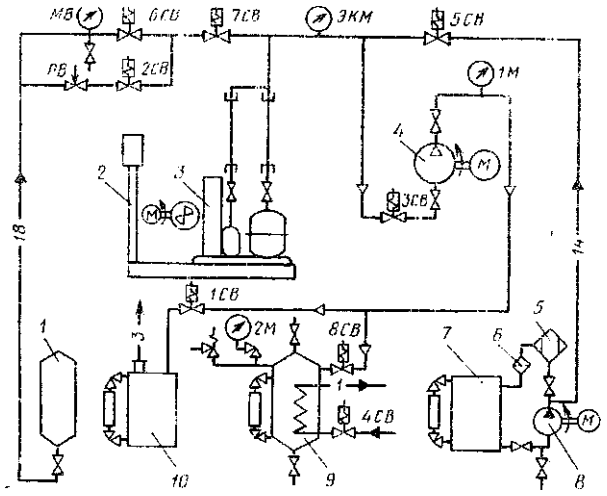


Рис. 167. Установка зарядки герметичных агрегатов:

t— баллон с хладоном; *2* — станция взвешивания; *3* — агрегат герметичный; *4* — компрессор технологический; 5 — фильтр-осушитель; *6* — металлокерамический фильтр; 7 — бак с чистым маслом; *8*—насос масляный; *9*—ресивер; *10* — сборник масла; *1М, 2М* — манометры; *МВ* — мановакуумметр; *ЭКМ* — мановакуумметр электроконтактный; *1СВ — 8СВ* — вентили соленоидные

зуется воздушно-хладоновая смесь давлением 0,2—0,3 МПа с отношением давлений воздуха и хладона в смеси от 1 : 200 до 1 : 300. Воздушно-хладоновую смесь удаляют технологическим холодильным компрессором и агрегат вторично вакуумируют до остаточного давления 1,3 к11а.

При двукратном вакуумировании в агрегате достигается остаточное давление воздуха ниже 13 Па, значительно снижается трудоемкость ремонта, так как исключается длительная осушка агрегата и сокращается продолжительность вакуумирования. Двукратное вакуумирование не требует значительных затрат времени, что особенно важно при поточном методе ремонта.

Для зарядки герметичных агрегатов используют установки различных конструкций. Схема одной из таких установок показана на рис. 167.

Агрегат, подлежащий зарядке, устанавливают на площадке подъемного механизма станции взвешивания, через всасывающий вентиль компрессора и жидкостный вентиль ресивера подсоединяют двумя шлангами к установке. Затем агрегат соединительным проводом с колодкой присоединяют к электросхеме установки. Включают подъемный механизм и поднимают площадку над плоскостью рольгангового пути, после чего вступает в действие механизм весов. Включают в работу пульт управления установки. Подготовка агрегата к зарядке происходит автоматически в следующей последовательности.

Включаются соленоидные вентили *1СВ, 3СВ* и технологический компрессор. Компрессор удаляет воздух из внутренних полостей агрегата и после достижения в агрегате остаточного давления 79 кПа отключается совместно с соленоидными вентилями электроконтактным мановакуумметром.

Через 5 с включаются соленоидные вентили *2СВ* и *7СВ* и хладон из баллона через регулирующий вентиль поступает в агрегат. В регулирующем вентиле жидкий хладагент дросселируется и внутренние полости агрегата заполняются паром хладона. При достижении в агрегате давления пара хладона 0,2 МПа соленоидные вентили *2СВ* и *7СВ* отключаются.

Удаление из агрегата воздушно-хладоновой смеси технологическим компрессором, который включается совместно с соленоидными вентилями *3СВ, 4СВ, 8СВ,* является завершающей операцией подготовки агрегата к зарядке. Удаляемый хладон конденсируется в ресивере, охлаждаемом водой, которая циркулируется по змеевику. Воздух из ресивера удаляется через специальный вентиль. После достижения в агрегате остаточного давления 79 кПа технологический компрессор и соленоидные вентили отключаются.

Для зарядки в агрегат масла включаются маслонасос и соленоидный вентиль *5СВ.* Количество заряжаемого масла контролируют по весам станции взвешивания.

После зарядки маслом включают в работу компрессор агрегата, соленоидные вентили *6СВ, 7СВ,* и в агрегат из баллона поступает хладагент. Количество заряжаемого хладагента контролируют по весам станции взвешивания. После окончания зарядки вентили *GCB* и *7СВ* закрываются.

Технологические шланги и колодку с проводом электропитания отсоединяют от агрегата. К штуцеру жидкостного вентиля агрегата присоединяют узел обкатки, на штуцер которого предварительно навинчивают накидную гайку соединительного шланга. После продувки шланга паром хладагента его второй конец подсоединяют к всасывающему вентилю компрессора.

Испытание на плотность мест соединений агрегата. Агрегат испытывают на плотность в ванне с водой, температура которой поддерживается в пределах 40—45 °С. Допускается испытание- агрегата на плотность галоидным течеискателем или галоидной лампой.

Установка электрооборудования. На компрессор устанавливают клеммную колодку и корпусное тепловое реле. Запрессовывают рабочее колесо на вал микроэлектродвигателя

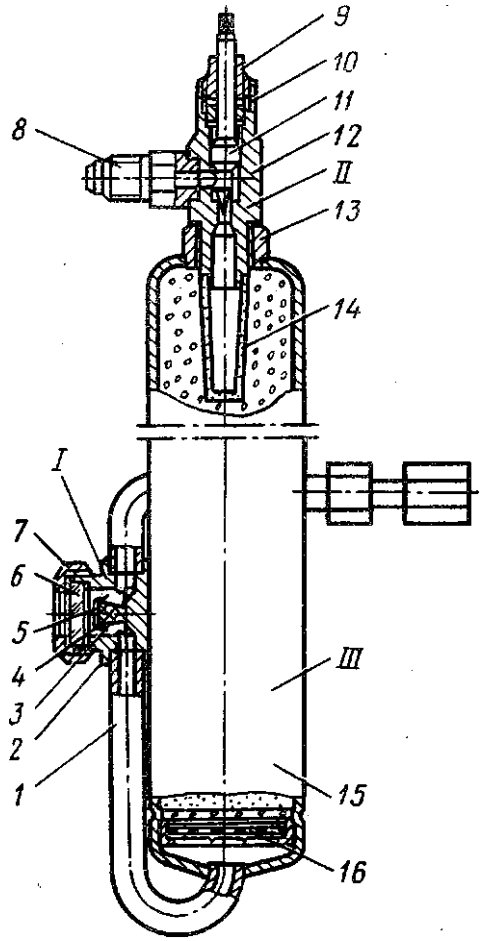


Рис. 168. Узел для обкатки герметичного агрегата:

/ — индикатор влажности: / — трубка; *2* — корпус индикатора; *3* — вкладыш капроновый; *4* — прижим; 5 — элемент влагочувствительный; *6* — стекло; 7 — гайка накидная; // — вентиль в сборе: *8* — штуцер; *9* — гайка прижимная; *10* — набивка сальника; *11* — шпиндель; *12* — корпус; /// — корпус узла: *13* — бобышка; *14* — фильтр металлокерамический; *15* — труба диаметром 45Х1 мм; *16* — сетка

вентилятора, электродвигатель устанавливают на кронштейн и закрепляют. Кронштейн крепят к плите, диффузор — к конденсатору. Выверяют зазор между лопастями рабочего колеса и диффузора. Присоединяют заземляющие провода, измеряют сопротивление изоляции цепи управления агрегата. Проверяют направление вращения вентилятора.

Обкатка агрегата. Обкатку агрегата для проверки его работоспособности и осушки проводят на специальном стенде, в схему которого входят обкатываемый агрегат, узел обкатки и технологический шланг. Электропитание к обкатываемому агрегату подается через электрокабель и специальный шестиполюсный разъем.

Всасывающий вентиль компрессора и жидкостный вентиль при обкатке открыты. Подачу хладагента регулируют вентилем узла обкатки. Узел обкатки (рис. 168) состоит из цилиндрического корпуса, индикатора влажности и вентиля с металлокерамическим фильтром. Находящийся в корпусе адсорбент (синтетический цеолит ЫаА-2МШ или NaA-2KT поглошает избыточную и связанную влагу из циркулирующей во время обкатки маслохладоновой смеси.

Фильтры из пористых металлокерамических материалов позволяют очистить хладон от частиц размером от 4 до 45 мкм. Степень осушки маслохладоновой смеси контролируют с помощью индикатора влажности. Действие индикатора основано на способности его чувствительного элемента изменять окраску при изменении концентрации воды в среде, омывающей элемент.

Чувствительный элемент индикатора влажности представляет собой фильтровальную бумагу, пропитанную раствором бромистого кобальта $CoBr_2$ с добавлением $Co(NO_3)_2$.

Окраска чувствительного элемента в зависимости от концентрации воды в хладонах указана в табл. 21.

Обкатка агрегата продолжается в течение 4—8 ч до момента, когда окраска чувствительного элемента индикатора соответствует концентрации воды в хладоне не более 15 мг/кг. Агрегат при обкатке должен работать без посторонних шумов, вибра-

Таблица 21

Окраска чувствительного элемента	Концентрация воды в хладонах при температуре среды 20 + 5 °С, мг/кг		Характеристика влажности
	Хладон-12 с 5—10 % масла	Хладон-22 с 5—10 % масла	
Зеленая	5		Сухо
Синяя	5—15	15	»
Голубая	—	15—60	»
Бледно-розовая	Более 15	Более 60	Влажно

ции узлов с равномерным обмерзанием технологического шланга от узла обкатки до всасывающего вентиля компрессора. Обмерзание вентиля ресивера и узла обкатки не допускается.

Окончательная комплектация агрегата и оформление документации. У агрегата, прошедшего обкатку, закрывают всасывающий и жидкостный вентили, отсоединяют узел обкатки и технологический шланг, к штуцеру жидкостного вентиля присоединяют штатный фильтр-осушитель, содержащий 60—80 г цеолита NaA-2KT и рассчитанный на поддержание безопасного влагосодержания герметичной машины в течение длительного времени эксплуатации.

После проверки герметичности мест соединений с помощью галоидной лампы агрегат окрашивают и взвешивают. На отремонтированный агрегат оформляют паспорт, в котором указывают его техническую характеристику, дату и место проведения ремонта, а также соответствие агрегата техническим условиям на ремонт.

§ 61. РЕМОНТ ГЕРМЕТИЧНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Схема технологического процесса ремонта поршневых герметичных компрессоров включает следующие операции:

1. Разрезка кожуха герметичного компрессора;
2. Разборка мотор-компрессора, визуальная дефектация механической части, определение характера сгорания электродвигателя.
3. Проверка на объемную производительность компрессоров без видимых дефектов.
4. Разборка компрессоров с дефектами механической и электрической части, а также компрессоров, не достигших заданной производительности, на узлы и детали.
5. Мойка деталей компрессора в органическом растворителе.
6. Дефектация деталей компрессора, комплектация компрессора недостающими деталями.
7. Предварительная сборка компрессора.
8. Холостая обкатка компрессора.
9. Окончательная сборка компрессора.
10. Испытание компрессора на объемную производительность и плотность клапанов.
11. Мойка собранного компрессора в органическом растворителе.
12. Хранение собранных компрессоров.
13. Сборка мотор-компрессора.
14. Сварка кожуха компрессора.
15. Испытание герметичного компрессора на прочность и плотность.

Оборудование ремонтного предприятия должно допускать возможность быстрой переналадки для ремонта компрессоров разных типов.

Разрезка кожуха компрессора. Кожухи герметичных компрессоров разрезают на токарном станке с высотой центров не менее 300 мм или на специальном станке.

Компрессор на специальном станке устанавливают в вертикальном положении. Нижнюю часть кожуха компрессора зажимают в специальном трехкулачковом патроне, верхнюю часть кожуха прижимают подвижной прижимной головкой.

Патрон с закрепленным компрессором приводится в движение электродвигателем через механизм вращения. Прижимная головка перемещается с помощью пневмоцилиндра и при вращении компрессора вращается вместе с ним. Кожух компрессора разрезают фрезой, для привода которой предусмотрен отдельный электродвигатель.

После разрезки из нижнего полукожуха сливают остатки масла.

Мотор-компрессор вместе с нижним полукожухом направляют на разборку.

Разборка мотор-компрессора. Нагнетательный трубопровод мотор-компрессора отсоединяют от штуцера нижнего полукожуха. Выводные концы статора электродвигателя отпаивают от проходных контактов, компрессор отсоединяют от полукожуха.

На приспособление для разборки (рис. 169) устанавливают технологическое кольцо, к которому с помощью болтов крепят мотор-компрессор. С помощью съемника или специальной выколотки выпрессовывают статор, затем отсоединяют нагнетательный трубопровод.

Полукожухи компрессора после разборки направляют на мойку, компрессор — на дефектацию, нагнетательный трубопровод — в ремонт. Статор электродвигателя независимо от его состояния направляют в электроучасток на дефектацию и ремонт.

В процессе разборки выявляют видимые дефекты компрессора (поломки, трещины, погнутость), а также наличие или отсутствие заклинивания (вращением ротора вручную).

Дефектация электрической части позволяет установить характер сгорания электродвигателя. «Грязное» сгорание сопровождается разложением хладона и масла с образованием осадка и твердой полимеризованной пленки на поверхностях деталей и узлов компрессора, а также увеличением кислотности масла. Для «получистого» сгорания характерно изменение цвета масла или выпадение сажи на поверхностях, возможно возрастание кислотного числа масла, однако без закоксованных твердых образований. При «чистом» сгорании происходит локальное выгорание нескольких витков обмотки, иногда не обнаруживаемых визуально, масло при таком сгорании чистое, без помутнения.

Компрессоры с видимыми дефектами, а также с признаками «грязного» сгорания направляют на разборку, компрессоры без видимых дефектов и без признаков грязного сгорания — на проверку объемной производительности.

Проверка объемной производительности компрессора. Объемную производительность, работу клапанов, а также исправность механизма движения компрессора проверяют на специальном стенде. Основными частями стенда являются каркас с направляющими стола, ванна с маслом, электродвигатель для привода компрессора, ресивер. Стенд оборудован также вентилями и системой трубопроводов, секундомером, контрольно-измерительными и автоматическими приборами, механизмом подъема ванны. Компрессор вместе с технологическим кольцом устанавливают на направляющие стола стенда и закрепляют прижимами.

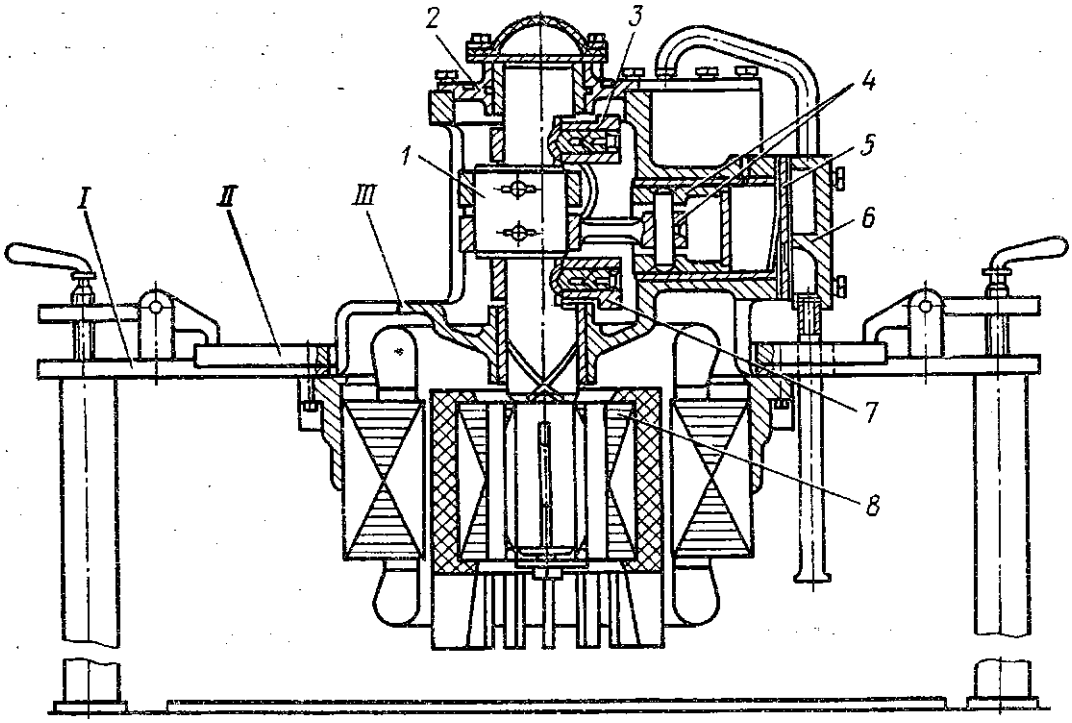


Рис. 169. Приспособление для разборки й сборки герметичных компрессоров:

/ — стол приспособления; // — кольцо технологическое; /// — компрессор (при сборке и разборке компрессор с кольцом повернуты на 180°); / — вал эксцентриковый; *2* — опора вала нижняя; *3* — противовес нижний; *4* — шатунно-поршневая группа; *5*—клапанная группа; *6*—головка цилиндра; 7—противовес верхний;

На ротор устанавливают цанговый зажим, который соединяют телескопическим поводком с электродвигателем. Нагнетательный трубопровод компрессора соединяют с ресивером с помощью шланга. Ванну, заполненную маслом, поднимают и закрепляют. Уровень масла в ванне должен обеспечивать погружение нижней опоры вала компрессора.

Стенд включают в работу и проверяют исправность механизма движения компрессора. Компрессор должен работать без посторонних шумов, температура поверхностей компрессора не должна превышать 70 °С. Давление нагнетания компрессора может регулироваться от 0 до 0,8 МПа вентилем нагнетания стенда.

Для проверки объемной производительности компрессора переключателем стенда подготавливают к работе секундомер, давление в ресивере снижают до атмосферного и закрывают вентиль нагнетания стенда. Включают в работу привод компрессора и секундомер. При достижении в ресивере давления 0,8 МПа привод компрессора и секундомер отключают.

Компрессор считают выдержавшим испытание, если продолжительность заполнения ресивера вместимостью 10 л по показанию секундомера не превышает допустимой. Например, компрессор ФГК 0,45 должен создать давление в ресивере 0,8 МПа за 2 мин 47 с ±10% (±23 с). Давление на стороне нагнетания после остановки компрессора не должно понижаться в течение 5 мин более чем на 0,15 МПа.

У компрессора, не выдержавшего испытания, проводят ревизию клапанной группы. Клапан или клапанную доску в сборе при необходимости заменяют и повторно проверяют объемную производительность компрессора.

Компрессоры, выдержавшие испытания и отвечающие техническим требованиям, направляют на мойку.

Компрессоры, у которых замена клапанов не дала положительных результатов или обнаружены стуки, шумы и другие дефекты, направляют на разборку.

Разборка компрессора на детали и узлы. Компрессор в сборе с технологическим кольцом устанавливают на приспособление для разборки. Съемником спрессовывают ротор, снимают головки цилиндров, клапанные группы, затем отсоединяют и снимают нижнюю опору вала. Отвинчивают стопорные винты противовесов, вынимают вал компрессора вместе с нижним противовесом, затем верхний противовес и шатунно-поршневые группы. Осуществляют разборку вала с противовесом, клапанных и шатунно-поршневых групп.

Детали без признаков «грязного» сгорания направляют на участок мойки органическим растворителем, детали с признаками «грязного» сгорания — на участки химической и механической очистки.

Мойка деталей компрессора. Загрязнения и пленки на деталях и узлах герметичных компрессоров после «грязного» сгорания размягчают в течение 2—3 ч в растворяюще-эмульгирующем средстве «Лабомид-315», затем детали промывают раствором синтетического моющего средства («Лабомид-101», «Тракторин» и т. п.) и обрабатывают 20 %-ным раствором ингибированной соляной кислоты. Остатки соляной кислоты смывают проточной водой и нейтрализуют 5 %-ным раствором кальцинированной соды. Затем поверхности деталей вновь промывают водой и пассивируют 5 %-ным раствором нитрита натрия.

Ротор компрессора и детали сложной конфигурации с дефектами «грязного» сгорания могут быть обработаны сжатым воздухом давлением 0,4 МПа с взвешенной в нем косточковой крошкой.

Детали и узлы компрессоров после «получистого» или «чистого» сгорания промывают в органическом растворителе (трихлорэтилене) на установке, предназначенной для мойки деталей и компрессоров герметичных агрегатов.

Дефектация деталей **и** комплектация компрессора. После мойки проводят дефектацию деталей механиз-ф ма движения компрессора визуально-оптическим методом, выявляя следы истирания, неравномерность износа, риски и другие дефекты. Для определения фактического износа деталей дальнейшую дефектацию проводят с помощью универсального измерительного инструмента, специальными калибрами или на стенде, оборудованном пневматическими длиномерами. Детали, не соответствующие техническим требованиям, в зависимости от вида дефекта направляют в ремонт или утилизируют.

Компрессор комплектуют недостающими деталями по группам селекции. Детали герметичных компрессоров разделены на 4 или 6 групп селекции. Одна и та же деталь по различным диаметрам может иметь разное количество групп селекции. Например, вал эксцентриковый по диаметру $24i_{0}^{;}$;o?8 имеет 4 группы селекции, а по диаметру 36±o:o?1 — 6 групп. Соответственно опорный подшипник компрессора, сопрягаемый с валом по номинальному диаметру 24 мм, имеет 4 группы селекции, а шатун, сопрягаемый с валом по номинальному диаметру 36 мм,— 6 групп.

Предельные размеры и номера групп селекции новых деталей сопряжения эксцентриковый вал — шатун приведены в табл. 22.

К числу сопряжений герметичного компрессора, где применяется селективная сборка, относятся сопряжения цилиндр — поршень, опорный подшипник — эксцентриковый вал, эксцентриковый вал — шатун, шатун — поршневой палец, поршневой палец — поршень.

Таблица 22

№ группы селекции	Диаметр шейки вала, мм	Диаметр отверстия нижней головки шатуна, мм
1	35,982- 35,986	35,996--36,000
2	35,986- 35,990	36,000--36,004
3	35,990- 35,994	36,004--36,008
4	35,994- 35,998	36,008--36,012
5	35,998- 36,002	36,012--36,016
6	36,002- 36,006	36,016--36,020

При комплектации допускается подбор сопрягаемых деталей в сторону увеличения зазора между ними на 1—2 группы селекции.

Предварительная сборка компрессора. Проводят сборку клапанных и шатунно-поршневых групп, нижней опоры и эксцентрикового вала с нижним противовесом.

Корпус компрессора устанавливают на технологическое кольцо, которое закрепляют на приспособлении зажимами. Поршни и цилиндры смазывают чистым маслом, шатунно-поршневые группы в сборе устанавливают в цилиндры, верхний противовес — на торец коренного подшипника корпуса. Эксцентриковый вал заводят в отверстия нижних головок шатунов и верхнего противовеса. Устанавливают и закрепляют нижнюю опору.

Компрессор в сборе с технологическим кольцом направляют на стенд холостой обкатки.

Холостая обкатка компрессора Для холостой обкатки может быть использован стенд для проверки объемной производительности компрессора.

Компрессор, детали механизма движения которого частично или полностью были заменены новыми, обкатывают в течение 2 ч. Компрессор во время обкатки должен работать без посторонних шумов и стуков, температура его поверхностей не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 30 °С.

После обкатки компрессор промывают в моечной установке трихлорэтиленом.

Окончательная сборка компрессора. Компрессор с технологическим кольцом закрепляют на приспособлении. Устанавливают фланец с нагнетательным трубопроводом, клапанные группы и головки цилиндров, напрессовывают ротор.

Вращением ротора вручную проверяют правильность сборки меха-

низма движения. Вращение должно быть плавным, без стуков и заеданий. Собранный компрессор направляют на стенд проверки на объемную производительность.

Проверка объемной производительности, мойка и хранение компрессора в сборе. Проверку объемной производительности компрессора проводят в соответствии с требованиями, указанными выше, затем компрессор в сборе промывают на моечной установке трихлорэтиленом.

Отремонтированные и промытые компрессоры для предотвращения загрязнения и коррозии хранят в специальных шкафах при избыточном давлении сухого воздуха. Вместе с компрессорами в шкафах находятся отремонтированные статоры, полукожухи, амортизаторы и крепежные детали.

Ремонт полукожухов компрессора. Одновременно с ремонтом мотор-компрессора проводят ремонт полукожухов.

Полукожухи промывают в щелочном растворе, после чего определяют степень износа сварочного пояса кожуха. Сварочный пояс при износе по диаметру более 3—4 мм срезают на токарном станке полностью, применяя специальные кулачки для каждого типа компрессора. Для восстановления сварного пояса к нижнему полукожуху приваривают кольцо, изготовленное из стальной стандартной трубы наружным диаметром 273, 245 или 219 мм.

Если поверхности полукожуха покрыты продуктами «грязного» сгорания или коррозионным слоем, то их подвергают химической очистке: обезжиривают раствором синтетического моющего средства, травят в растворе ингибированной соляной кислоты, пассивируют в растворе тринатрийфосфата и нитрита натрия.

Полукожух с проходными контактами испытывают на плотность давлением воздуха 1,6 МПа. Неплотности кожуха и корпуса проходных контактов устраняют пайкой припоем ПОС-40, неплотности проходного контакта по стержню — заливкой его компаундом, в состав которого входят эпоксидная смола ЭД-5 или ЭД-6 ^(72,8%), кварцевая пыль (6%), отвердитель (10,3 %) и дибутилфталат (10,9 %). Мениски стекол проходных контактов, имеющих пробой на корпус, также заполняют компаундом.

Контакты, неплотные по стержню, предварительно обезжиривают, а контакты, имеющие пробой на корпус, очищают от окалины и загрязнений, обезжиривают и сушат при температуре 60—70 °С в течение 2 ч. Для затвердевания компаунда полукожухи выдерживают при температуре окружающего воздуха в течение 24 ч или в шкафу при 70 °С в течение 2 ч.

Проходные контакты заменяют новыми в случае выгорания стержня контакта или его поломки.

Восстановленные полукожухи испытывают на плотность. Мегомметром проверяют сопротивление изоляции контактов, которое должно быть не менее 50 МОм. Полукожухи компрессоров с трехфазным электродвигателем испытывают на электрическую прочность напряжением 1500 В, с однофазным — напряжением 1300 В.

Сборка и испытание мотор-компрессора. В корпус компрессора на вертикальном гидравлическом прессе с помощью установочного стакана запрессовывают статор электродвигателя.

Проворачивают вал компрессора за ротор вручную, в четырех точках через 90° проверяют щупом зазор между статором и ротором, величина которого должна находиться в пределах 0,25—0,35 мм. При необходимости проводят центровку статора по отношению к ротору.

Мотор-компрессор устанавливают в полукожухах и закрепляют. Выводные концы статора припаивают к проходным контактам. Проверяют качество пайки и сопротивление фазных обмоток статора постоянному току в холодном состоянии. Присоединяют нагнетательный трубопро-

вод мотор-компрессора к штуцеру полукожуха.

На специальном стенде испытывают электрическую прочность изоляции относительно корпуса и между обмотками, производят пробный запуск мотор-компрессора. Изоляцию испытывают на электрическую прочность переменным током частотой 50 Гц напряжением 1500 В в течение 1 мин. Обмотки трехфазного электродвигателя испытывают поочередно.

При пробном запуске на проходные контакты однофазного мотор-компрессора подается напряжение 220 В через трехполюсный разъем, на проходные контакты трехфазного мотор-компрессора — напряжение 380 В через шестиполюсный разъем стенда. При запуске сила тока на каждом их трех амперметров стенда не должна превышать определенной величины. Увеличенное значение силы тока указывает на межвитковое замыкание в обмотке. Выдержавшие испытание мотор-компрессоры направляют на сварку кожухов.

Сварка кожуха компрессора. Кожух компрессора сваривают на специальной полуавтоматической установке в среде газообразного диоксида углерода.

Установка состоит из сварочного полуавтомата, сварочного преобразователя ПСТ-500, баллона с газообразным диоксидом углерода, подогревателя и осушителя газа, редуктора, расходомера газа, пульта управления.

На основании сборной конструкции сварочного полуавтомата расположены электродвигатель, двухступенчатый редуктор, система клиноременной и цепной передач, трехкулачковый самоцентрирующий патрон со специальными кулачками для закрепления полукожухов.

Свариваемые полукожухи при помощи механизма вращения могут быть повернуты два положения: вертикальное — для установки полукожухов в рабочее положение и горизонтальное относительно вала компрессора — для сварки.

Сухой газообразный диоксид углерода с содержанием примесей не более 2 % подается в сварочную горелку под давлением 0,05—0,1 МПа. Для сварки кожуха используют омедненную проволоку диаметром 1,2 мм марок Св08ГС, Св08Г2С, Св12ГС. Частота вращения свариваемого кожуха 0,24 об/мин, сила тока 100—130 А, напряжение 22 В.

Нагрев кожуха в местах пайки проходных контактов выше 100 °С не допускается.

После сварки зачищают сварочный шов от шлака и визуально проверяют качество шва.

Испытание компрессора на прочность и плотность. Заключительной операцией является испытание сваренного кожуха на прочность давле-

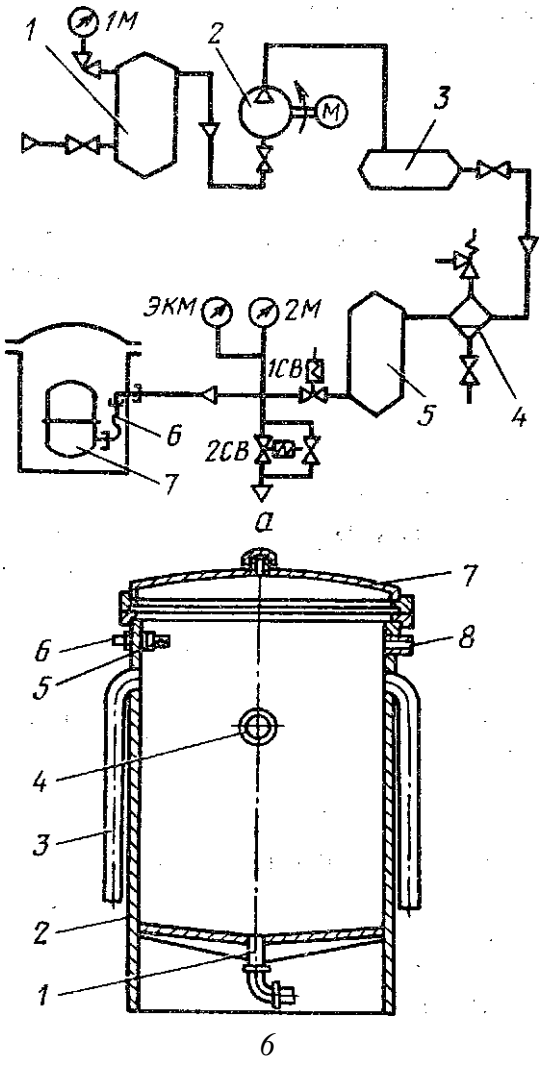


Рис. 170. Установка броневанны:

а — схема установки: *1, 3, 5* — ресиверы; *2* — компрессор технологический; *4* — маслоотделитель; *6* — броневанна; 7—испытываемый компрессор; *Ш, 2М* — манометры; *ЭКМ* — манометр электроконтактный; *1СВ* — соленоидный вентиль подачи воздуха; *2СВ* — соленоидный вентиль сброса воздуха; *б* — броневанна: / — труба сливная; *2* — корпус; *3* — труба для понижения давления в случае разрыва кожуха компрессора; *4* — патрубок переливной трубы; 5 — шланг дюритовый; *6* — штуцер подачи воздуха; 7 — крышка; *8* — труба для заполнения броневанны водой

нием сжатого воздуха 2,0 МПа и на плотность давлением 1,6 МПа.

Компрессор испытывают в броневанне — стальном сосуде с толщиной стенки около 20 мм (рис. 170). Во время испытания броневанну закрывают крышкой, удерживаемой в закрытом состоянии электрическим замком (защелкой). В верхнюю часть ванны вварен штуцер подачи воздуха, на который надет дюритовый шланг, соединяемый с компрессором. Ванну заполняют водой, уровень которой ограничивается при помощи переливной трубы. В случае разрыва кожуха компрессора для быстрого понижения давления к боковым стенкам броневанны приварены трубы, сообщающие ее внутреннюю полость с атмосферой.

Компрессор подсоединяют к шлангу, опускают под уровень воды и после закрытия крышки броневанны испытывают на прочность в течение 1 мин.

Затем понижают давление испытания до 1,6 МПа, открывают крышку и визуально по отсутствию пузырьков воздуха определяют плотность сварного шва.

При испытании используют сухой воздух, поступающий от компрессорной станции.

В компрессоре, выдержавшем испытание, понижают давление до 0,1—0,2 МПа и направляют его на участок сборки агрегатов.

§ 62. РЕМОНТ ТЕПЛООБМЕННЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГЕРМЕТИЧНЫХ АГРЕГАТОВ

К теплообменным аппаратам герметичных агрегатов относятся конденсаторы, испарители и воздухоохладители, к вспомогательным — теплообменники и фильтры-осушители.

Ремонт конденсаторов. Основными дефектами конденсаторов с воздушным охлаждением являются: загрязнение наружных поверхностей, загрязнение внутренних поверхностей трубок, неплотности в трубках и местах пайки, погнутость ребер, забоины на разбортованных концах трубок.

Наружные поверхности конденсаторов промывают растворами синтетических моющих средств в моечных машинах.

После мойки путем визуальной дефектации устанавливают необходимость замены входной и выходной труб и калачей (при поломке, видимых трещинах, погнутости).

Внутренние поверхности труб конденсаторов промывают хлористым метиленом или раствором синтетического моющего средства. Схема установки для промывки внутренних поверхностей трубок конденсаторов и внутренних полостей ресиверов растворов синтетического моющего средства изображена на рис. 171.

Конденсаторы (или ресиверы) помещают в рабочую камеру и подсоединяют к системе трубопроводов шлангами. Нагретый до температуры 80—90 °С водный раствор синтетического моющего средства насосом подается из ванны в промываемые конденсаторы (или ресиверы) и через фильтр сливается обратно в ванну. Одновременно с началом работы насоса включаются соленоидные вентили подачи раствора. После окончания процесса мойки автоматически

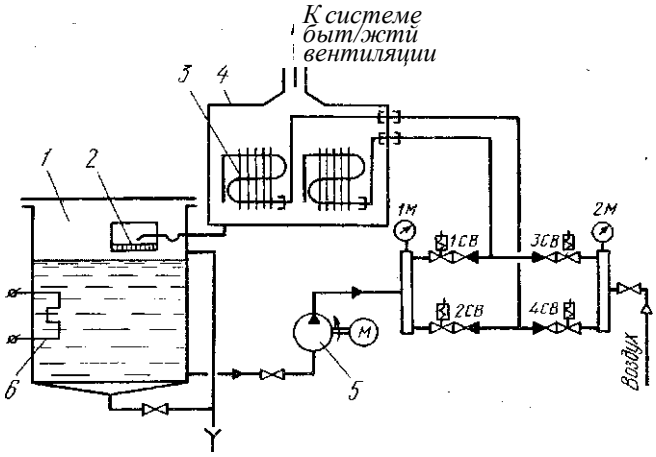


Рис. 171. Схема установки для промывки ресиверно-конденсаторных групп:

1 — ванна; *2* — фильтр; *3* — промываемый конденсатор: *4* — камера; *5* — насос; *6* — электронагреватель: *1М, 2М* — манометры; *1СВ, 2СВ* — соленоидные вентили на трубопроводах подачи раствора моющего средства; *3СВ, 4СВ* — соленоидные вентили на трубопроводах подачи воздуха

отключаются соленоидные вентили подачи раствора и включаются вентили подачи воздуха для продувки внутренних полостей аппаратов.

Дефектные трубки и калачи выпаивают и заменяют новыми. Погнутые ребра конденсаторов выправляют рихтовкой вручную. Дефекты на разбортованных концах труб (трещины, забоины, риски) устраняют повторной разбортовкой после отрезки дефектного бортовочного колокольчика.

Конденсаторы, у которых заменены трубки и калачи, испытывают на герметичность сухим воздухом с избыточным давлением 1,6 МПа в ванне, заполненной водой. Остальные конденсаторы испытывают в сборе с ресиверами.

Ремонт ресиверов. При ремонте ресивера его внутренние полости очищают от масла и механических загрязнений и проверяют герметичность жидкостного вентиля и сварных швов.

У ресиверов со встроенным внутрь сетчатым фильтром на токарном станке вырезают жидкостный вентиль в сборе с трубкой и фильтром.

После удаления сетчатого фильтра и очистки внутренних полостей ресивера к вентилю припаивают жидкостную трубку, вентиль с трубкой вваривают в корпус ресивера.

Герметичность (плотность закрытия) жидкостных вентилей проверяют давлением сжатого воздуха 1,6 МПа. Изношенные конусные поверхности шпинделя и уплотнительные поверхности корпуса вентиля восстанавливают шлифованием и притиркой. Вентили при наличии трещин в корпусе, а также при срыве резьбы на шпинделе или в корпусе бракуют.

Ресивер испытывают в броневанне на прочность давлением воздуха 2,0 МПа и на плотность — 1,6 МПа.

Ремонт фильтров-осушителей. Основным дефектом фильтров-осушителей, находившихся в эксплуатации, является уменьшение поглотительной способности адсорбента.

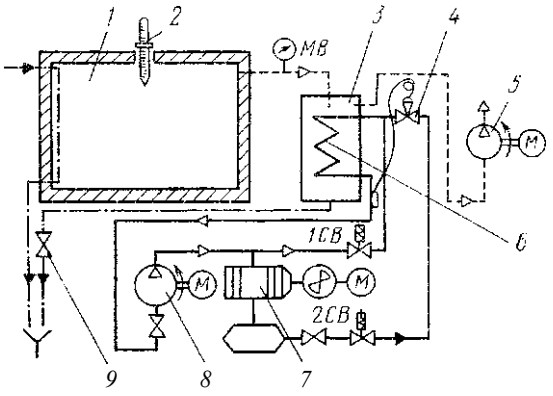


Рис. 172. Схема установки вакуумтермической регенерации адсорбентов и фильтров осушителей:

J — вакуумный сушильный шкаф; *2* — термометр: *3* — ловушка; *4* — терморегулирующий вентиль; 5 — вакуумнасос; *б* — испаритель-змеевик; *7* — конденсатор воздушного охлаждения; *8* — компрессор технологического холодильного агрегата; *9* — вентиль вакуумный для удаления воды из ловушки; *МВ* — мановакуумметр; *1СВ* — соленоидный вентиль на трубопроводе оттаивания испарителя-змеевика; *2СВ* — соленоидный вентиль на жидкостном трубопроводе

В неразборных фильтрах-осушителях герметичных агрегатов (осушительных патронах) в качестве адсорбента используют синтетические цеолиты. Восстановление поглотительной способности цеолита на ремонтных предприятиях осуществляют на установках вакуум-термической регенерации и в вакуумных печах.

Установка вакуум-термической регенерации цеолита состоит из вакуумного сушильного шкафа, вакуумного насоса, технологического холодильного агрегата, водяной ловушки и пульта управления. Процесс регенерации в вакуум-термической установке осуществляется по следующей схеме (рис. 172).

Осушительные патроны или цеолит россыпью на специальных поддонах загружают в вакуумный сушильный шкаф. Патроны перед загрузкой продувают воздухом. Воздух из шкафа вместе с водяным паром удаляется вакуумным насосом через ловушку, в которой пар конденсируется на испарителе-змеевике технологического холодильного агрегата. Продолжительность процесса регенерации после достижения в шкафу 300 °С 4 ч.

Встроенный в ресивер фильтр применялся ранее в герметичных агрегатах Харьковского завода холодильных машин.

Суточный журнал работы компрессорного цеха за «_____»_____19_____г.

Оборудование		Параметры	Температура, °С, избыточное давление, кгс/см²													Время		Работа за сутки, ч
			Часы измерения'												Средние за сутки	пуска	остановки	
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24				
Компрессор одноступенчатый №		Давление кипения (температура кипения)																
		Температура всасывания													—			
		Температура нагнетания													—			
		Давление масла																
Компрессор двухступенчатый №	С нд	Давление кипения (температура кипения)																
		Температура всасывания													—			
		Температура нагнетания													—			
		Давление масла													—			
	с вд	Давление в промежуточном сосуде (температура в промежуточном сосуде)																
		Температура всасывания													—			
		Температура нагнетания													—			
Конденсатор №		Давление конденсации (температура конденсации)																
		Температура поступающей воды													—			
		Температура отходящей воды													—			
Испаритель * №		Температура поступающего рассола													—			

Продолжение

Оборудование	Параметры		Температура, °С, избыточное давление, кгс/см												Время		Работа за сутки, ч
			Часы измерения											Средние за сутки	пуска	остановки	
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
	Температура отходящего рассола														—			
	Плотность рассола																	
Температура аммиака перед регулирующим вентилем		Одноступенчатое сжатие																
		Двухступенчатое сжатие																
Температура свежей воды																		
Температура наружного воздуха																		

Учет температурного режима в камерах

Работа камерного оборудования

га о.	Требуемая температура, °С	Температура воздуха, °С												Время		Работа за сутки, ч	Оттаивание снеговой шубы
		Часы измерения											Средняя за сутки	пуска	остановки		
		13										21					о

Работа насосов

№ п/п	Насосы	Системы	Давление нагнетания насосов, кгс/см²												Время		Работа за сутки, ч
			Часы измерения												пуска	остановки	
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
	А. Аммиачные *																
	Б. Водяные																
	В. Рассольные *																
	Ледяной воды *																

* При наличии указанного оборудования.

** В случае отсутствия телетермометрических станций запись температурного режима производит!: 2 раза в сутки (в 8 и 16 ч) по данным технологического цеха.

Спуск масла из системы, кг

Место спуска	I смена	смена	III смена
Конденсатор №			
Испаритель №			
Маслоотделитель №			
Циркуляционный ресивер №			
Дренажный ресивер №			
Линейный ресивер №			
Защитный ресивер №			
Отделитель жидкости №			
Промежуточный сосуд №			
Льдогенератор №			
Морозильный аппарат №			
Воздухоохладители камеры №			
Батареи непосредственного охлаждения камеры №			
Итого:			

Эксплуатационный расход за сутки:

Наименоваь	Количество
-Электроэнергия (по счетчику), кВт-ч	
Вода (по водомеру), м	
Компрессорное масло, кг	
Машинное масло, кг	
Аммиак, кг	
Тавот, кг	
-Хлористый кальций, кг	
-Поваренная соль, кг	

Расписка в приеме и сдаче смены

Ф. И. О.	Должность	I смена		II смена		III смена	
		Принял	Сдал	Принял	Сдал	Принял	Сдал

Замечания дежурных смен по работе оборудования и приборов автоматики	Распоряжения начальника цеха

Начальник компрессорного цеха (подпись)

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г. Малые холодильные машины и установки. Справочник.— М.: Пищевая промышленность, 1978—1979.

Т. 1. Малые холодильные машины. 1978.— 416 с.

Т. 2. Малые холодильные установки, 1979.— 448 с.

Канторович В. И., Гиль И. М. Устройство, монтаж и ремонт холодильных установок.— М.: Агропромиздат, 1985.—319 с.

Канторович В. И., Свищев В. В., Ямпольский В. Г. Лабораторные работы по холодильным установкам.— М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.—160 с.

Канторович В. И. Надежность малых холодильных машин.— М.: Пищевая промышленность, 1972.—223 с.

Каплан Л. Г. Торговое холодильное оборудование.— М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.—288 с.

Курылев Е. С, Герасимов Н. А. Холодильные установки.— Л.: Машиностроение, 1980.—622 с.

Малкин Л. Ш., Колин В. Л. Осушка и очистка малых холодильных машин.—М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.— 150 с.

Мальгина Е. В., Мальгин Ю. В., Суедов В. П. Холодильные машины и установки.—М.: Пищевая промышленность 1980.—592 с.

Малые холодильные установки и холодильный транспорт. Справочник/под. ред А. В. Быкова.— М.: Пищевая промышленность, 1978.—238 с.

Правила техники безопасности на фреоновых холодильных установках.— М.: ВНИХИ 1971.—112 с.

Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок.— М.: ВНИКТИхолодпром, 1981,—157 с.

Рудометкин Ф. И., Недельский Г. В. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок.— М.: Пищевая промышленность, 1975.—376 с.

Руководство по ремонту холодильного оборудования/под ред. Кабулашвили Ш. Н.— М.: Пищевая промышленность, 1973, ч. 1.— 540 с.

Самойлов А. И., Игнатьев В. Г., Шиков П. М. Охрана труда при обслуживании холодильных установок.— М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.—168 с.

Свечков И. Н., Ярославский А. М. Технология компрессоростроения.— М.: Машиностроение, 1978.—200 с.

Эксплуатация холодильников. Справочник/под ред. А. В. Быкова.— М.: Пищевая промышленность, 1977.—208 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . . °

Раздел ?

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 1. Основы **организации работ,** проектно-техническая документация 5
§ 1. Организация работ 5
§ 2, Проектно-техническая документация 5

Глава 2. **Монтаж оборудования холодильных** установок 7
§ 3. Опоры и фундаменты 7
§ 4. Разметочные работы 10
§ 5. Монтаж холодильных установок производительностью до 4 кВт . . 12
§ 6. Монтаж установок производительностью 4—20 кВт 17
§ 7. Монтаж компрессоров, машинных агрегатов и вспомогательных механизмов 19
§ 8. Монтаж аппаратов 27

Глава 3. **Монтаж трубопроводов** 33
§ 9. Основные сведения о трубопроводах 33
§ 10. Основные части трубопроводов 39
§ 11. Разметка цеховых трубопроводов 42
§ 12. Изготовление деталей трубопроводов 44
§ 13. Сборка трубопроводов 47
§ 14. Монтаж основных приборов автоматики 50

Глава 4. **Испытания систем и пуск установок** 58
§ 15. Испытания систем 58
§ 16. Заполнение систем хладагентом и теплоносителем 60
§ 17. Пуск и сдача установок в эксплуатацию 66

Раздел 11

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Глава 5. **Организация эксплуатации** 67
§ 18. Задачи эксплуатации 67
§ 19. Техническое обслуживание холодильных установок производительностью до 52 кВт 67

Глава 6. **Оптимальные режимы работы холодильных установок** 69
§ 20. Режим работы холодильной установки 69
§ 21. Основные отклонения от оптимального режима и регулирование основных параметров 70
§ 22. Регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему 71

Глава 7. **Техническое обслуживание** 72
§ 23. Общие обязанности обслуживающего персонала 72
§ 24. Пуск и остановка холодильной установки 73
§ 25. Обслуживание компрессоров 76
§ 26. Обслуживание теплообменных аппаратов 78
§ 27. Обслуживание насосов . . . . . .8!
§ 28. ^Обслуживание приборов контроля, автоматического управления и защиты . . 82
§ 29. /Эттаивание батарей и воздухоохладителей 82
§ 30. Выпуск масла из системы 84
4 31. Дозарядка маслом и хладагентами 85
§ 32. Удаление из системы воздуха и влаги 86
§ 33. Определение утечек хладагентов 88
§ 34. Технический контроль и учет 90

Раздел Hi

РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава 8. Основные сведения о надежности холодильного оборудования 94

Глава 9. Износ оборудования 98
§ 35. Виды износа 98
§ 36. Защита аппаратов и систем трубопроводов от коррозии Ю2

Глава 10. Организация ремонта холодильного оборудования 104
§ 37. Система планово-предупредительного ремонта холодильного оборудования . . 104
§ 38. Организация и планирование ремонтных работ 109

Глава 11. Восстановление изношенных деталей и узлов 112
§ 39. Методы восстановления посадок в сопряжениях 112
§ 40. Слесарно-механические способы восстановления деталей и узлов оборудования 113
§ 41. Ремонт деталей методом пластической деформации 116
§ 42. Ремонт деталей наплавкой 118
§ 43. Металлизация напылением 119
§ 44. Восстановление деталей электролитическими покрытиями 121
§ 45. Применение при ремонте полимерных материалов 123

Глава 12. Ремонт компрессоров и вспомогательных механизмов J24
§ 46. Технологический процесс ремонта . . . . . '24
§ 47. Подготовка компрессоров и вспомогательных механизмов к ремонту 124
§ 48. Общие сведения о разборке и сборке машин 125
§ 49. Очистка и обезжиривание машин и деталей 127
§ 50. Дефектация деталей 131
§ 51. Основные сведения о крепежных деталях и резьбовых соединениях 135
§ 52. Ремонт поршневых компрессоров 137
§ 53. Ремонт деталей и узлов винтовых компрессоров 184
§ 54. Сборка и испытания компрессоров 186
§ 55. Ремонт насосов и вентиляторов 200

Глава 13. Ремонт аппаратов и запорной арматуры „ . . . . . ~ • • 203
§ 56. Классификация аппаратов аммиачных холодильных установок, объемы и содержание ремонтных работ 203
§ 57. Очистка поверхностей аппаратов от загрязнений 204
§ 58. Ремонт аппаратов 207
§ 59. Ремонт и испытания запорной арматуры 210

Глава 14. Ремонт малых холодильных машин 213
§ 60. Ремонт холодильных агрегатов с герметичными компрессорами 213
§ 61. Ремонт герметичных компрессоров 218
§ 62. Ремонт теплообменных и вспомогательных аппаратов герметичных агрегатов 224

Приложение 226

Список рекомендуемой литературы 229

Вячеслав Григорьевич Игнатьев
Александр Иванович Самойлов

МОНТАЖ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Зав. редакцией Л. В. Корбут
Редактор Г. А. Гусева
Художник А. Е. Кошелев
Художественный редактор Т. И. Мельникова
Технический редактор И. В. Макарова
Корректоры Т. Ю. Шамонова, Н. Э. Аухатова, Г. Ю. Стогова

ИБ № 4573

Сдано в набор 25.02.86. Подписано к печати 11.10.86. Т-16099. Формат 70Х Х100¹/**16** Бумага пиеная № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,85. Усл. кр.-отт. 36,4. Уч.-изд. л. 19,9. Изд. № 433. Тираж 24.000экз. Заказ № 136. Цена 95 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, д. 18.

Набрано в Ленинградской типографии № 2 головном предприятии ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

Отпечатано **с** диапозитивов в Московской типографии № 4 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
129041, г. Москва, Б. Переяславская, 46. ***Вак.2239***