

РР 02 002 7.2(075)
1977
Министерство образования Российской Федерации
Казанский государственный технологический университет

М.Г.Гайнуллин, С.И.Поникаров, М.А.Закиров, С.А.Вилохин

МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Учебное пособие

2002



Монтаж и ремонт технологического оборудования: Учеб. пособие / М.Г. Гайнуллин, С.И. Поникаров, М.А. Закиров, С.А. Вилохин. Казан. гос. техн. ун-т. Казань, 2002. 104 с. ISBN 5-7882-0210-8.

Рассмотрены современные методы производства монтажных работ, основные виды грузоподъемного оборудования, а также последовательность расчета усилий в талевой оснастке при монтаже аппаратов различными методами. Кратко описаны вопросы транспортировки и доизготовления оборудования на месте монтажа, выверки, испытания смонтированного оборудования и сдачи его в эксплуатацию. Кроме этого, изложены основы ремонтных работ на предприятиях химической промышленности.

Предназначено для студентов специальностей 170500 «Машины и аппараты химических производств» и 171700 «Оборудование нефтегазопереработки» всех форм обучения, изучающих дисциплину «Монтаж и ремонт технологического оборудования». Может быть использовано как в учебном процессе, так и в практической работе молодых специалистов.

Ил. 47. Табл. 2. Библиогр: 8 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного технологического университета.

Рецензенты: проф. М.К. Герасимов

вед. науч. сотр. ВНИИУС,
канд. техн. наук Б.Н. Матюшко

ISBN 5-7882-0210-8

© Казанский государственный
технологический университет, 2002 г.

ВВЕДЕНИЕ

Надежная работа машин и аппаратов в значительной мере зависит от качества их сборки и монтажа.

Сборка представляет собой совокупность операций по соединению, координированию и закреплению в определенной последовательности окончательно обработанных деталей и узлов с целью получения машины или монтажного узла, соответствующих сборочному чертежу.

Монтажный узел — это часть машины или аппарата, размеры и вес которого определяются возможностями транспортировки и цеховых грузоподъемных средств. Сборка, как правило, выполняется на машиностроительных заводах или в ремонтных цехах химических предприятий.

Монтажом называют комплекс работ по сборке, установке на фундамент или в другое проектное положение, выверке, испытанию на прочность и плотность, опробыванию и пуску отдельных аппаратов или группы аппаратов, связанных единым технологическим процессом.

Как при сборке, так и при монтаже могут выполняться одинаковые операции, например: соединение полумуфт валов двигателя и редуктора, сборка подшипниковых узлов и т.д. Однако условия и применяемые средства для выполнения этих операций различаются, так как в первом случае они выполняются в сборочных и ремонтных цехах, а во втором — на месте установки в проектное положение. Поэтому в одних случаях эти операции относятся к сборке, а в других — к монтажу.

Монтажные работы выполняются организациями, имеющими лицензию на производство работ. Монтажные организации специализируются по отраслевому и технологическому принципам. Отраслевая специализация заключается в создании организаций, которые занимаются строительством объектов какой-либо отрасли промышленности, например химии, нефтехимии, металлургии и т.д. Технологическая специализация предполагает выполнение строительной организацией каких-либо отдельных видов работ: монтажа технологического оборудования, монтажа сборных строительных конструкций, монтажа КИП и автоматики, вентиляции и т.д.

Надежная и безопасная эксплуатация смонтированного оборудования в пределах установленных параметров работы может быть обеспечена только при строгом выполнении запланированных во времени мероприятий по надзору и уходу за оборудованием, включая проведение необходимых ремонтов. Совокупность этих организационно-технических мероприятий в химической промышленности представляет собой единую систему, именуемую системой технического обслуживания и ремонта оборудования.

1. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

1.1. Проектно-техническая документация

Для выполнения монтажных работ разрабатывается следующая техническая документация: документация заводов-изготовителей монтируемого оборудования; документация на монтаж оборудования, составляемая монтажной организацией; проект организации строительства; проект производства работ.

Документация заводов-изготовителей оборудования, которую заказчик передает монтажной организации, включает: спецификации, комплектовочные ведомости, сборочные чертежи, схемы деления нетранспортабельного в сборе оборудования на поставочные блоки, маркировочные схемы и схемы строповки, технические условия, заводские инструкции по монтажу и технические паспорта.

В документацию на монтаж оборудования, составляемую монтажной организацией для контроля качества производимых работ и соответствия этого качества техническим условиям, входят: акты на скрытые работы (основания фундаментов, граней, скрытые части сооружений и т.д.); монтажные и сварочные формуляры; акты испытания оборудования на прочность и плотность; акты испытания оборудования вхолостую и под нагрузкой; акт готовности объекта к производству монтажных работ; акт готовности фундаментов и опорных конструкций; акты на некомплектность поставки и на дефекты оборудования; акт о передаче оборудования в монтаж; комплект рабочих чертежей на монтаж оборудования с внесенными в них изменениями.

Проект организации строительства, разрабатываемый генеральной проектной организацией, включает генеральный план строительно-монтажных работ (стройгенплан) с расположением постоянных и временных зданий и сооружений, подъездных путей, площадок для хранения и укрупненной сборки оборудования; ведомости объемов строительных, монтажных и специальных работ (с распределением по годам строительства); графики потребности в оборудовании, материалах, конструкциях, движении рабочей силы, машин, механизмов; основные схемы монтажа оборудования и конструкций; пояснительную записку с обоснованием выбранных методов производства работ и определением потребности в машинах, механизмах, рабочих кадрах и жилье, материально-энергетических ресурсах (вода, электроэнергия, пар, газ, сжатый воздух, кислород).

Проект производства работ разрабатывается специализированным проектным институтом, является основным документом для выполнения монтажных работ и, как правило, включает: титульный лист; копию задания с перечнем исходной документации; ведомости документов необходимого монтажного оборудования, материалов и оснастки, объемов монтажных работ (в стоимостном выражении и натуральных показателях); пояснительную записку с краткой характеристикой объекта и основных проектных решений, с указаниями о поряд-

ке испытания смонтированного оборудования, контроле качества монтажных работ и технике безопасности; генеральный план монтажных работ с расположением зданий и сооружений монтируемого объекта, подъездных путей, площадок для хранения и укрупненной сборки, постоянных и временных трубопроводов сжатого воздуха, пара и воды и др.; рабочие чертежи монтажной оснастки и приспособлений; графики (линейные и сетевые) производства работ, подачи в монтаж оборудования, конструкций и материалов.

1.2. Поставка, приемка, хранение и сдача оборудования в монтаж

Оборудование, подлежащее монтажу, поставляют на склад или непосредственно в монтажную зону комплектно в соответствии с графиком поставки. Основным фактор, определяющий условия поставки оборудования, - его максимальная заводская готовность. Заводская готовность, монтажная технологичность и комплектность оборудования регламентированы ГОСТ 2444 «Оборудование технологическое. Общие монтажно-технологические требования».

Габаритное оборудование должно поставляться в полностью собранном виде и испытанным (на прочность и плотность), а негабаритное - максимально укрупненными блоками. При этом каждый блок должен быть полностью собран и повергнут гидравлическому или пневматическому испытанию. Перед отгрузкой таких блоков завод-изготовитель выполняет контрольную сборку стыкуемых частей и наносит монтажную маркировку несмываемой краской и контрольные риски.

В комплект поставки входят эксплуатационные документы: техническое описание; инструкции по эксплуатации, техническому обслуживанию, монтажу, пуску, регулированию и обкатке оборудования на месте монтажа; формуляр или паспорт; ведомость запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов (ЗИП); ведомость эксплуатационных документов.

Поступающее оборудование подвергают наружному осмотру с частичным вскрытием упаковки. При этом проверяют техническую документацию, комплектность и исправность оборудования, сохранность защитных покрытий, наличие заводских пломб, пробок и заглушек в отверстиях, качество отдельных узлов и деталей оборудования, доступных осмотру без разборки. При обнаружении недостатков в оборудовании или некомплектной поставке заказчик составляет акт для предъявления рекламации.

По способу хранения оборудование делят на четыре группы. К первой группе относится оборудование, нечувствительное к атмосферным осадкам и температурным колебаниям. Его можно хранить на открытых площадках. К этой группе относятся металлоконструкции, элементы трубопроводов и другие необработанные детали. Вторая группа включает оборудование, требующее защиты от прямого попадания атмосферных осадков, но нечувствительное к температурным колебаниям. Его хранят на полуоткрытых складах (под общим или индивидуальными навесами). Это базовые детали, узлы с подшипниками скольжения, машины и механизмы, не имеющие встроенного электрооборудо-

вания. К третьей группе принадлежит оборудование, требующее защиты от атмосферных осадков и влажности, малочувствительное к температурным колебаниям (канаты, пневмо- и гидроцилиндры, детали с обработанными поверхностями трения и другие мелкие детали). Такое оборудование хранят на закрытых неутепленных складах. К четвертой группе относится оборудование, чувствительное к осадкам и температурным колебаниям (подшипники качения и скольжения, тормозные системы, машины и механизмы со встроенным электрооборудованием, приборы). Его следует хранить на закрытых утепленных складах.

Оборудование передают в монтаж по заявкам монтажной организации в установленные сроки и в соответствии с графиком выполнения строительно-монтажных работ. Вместе с оборудованием заказчик передает монтажному управлению техническую документацию, входящую в комплект поставки оборудования.

При передаче оборудования в монтаж его подвергают внешнему осмотру без разборки на узлы и детали. При этом проверяют: соответствие оборудования проекту и выполнение заводом-изготовителем контрольной сборки, обкатки и испытаний; комплектность оборудования по заводским спецификациям; отсутствие повреждений и дефектов оборудования и сохранность покрытий, пломб; наличие и полноту технической документации завода-изготовителя, необходимой для ведения монтажных работ. При обнаружении крупных дефектов или некомплектности оборудования оформляют соответствующий акт в присутствии представителей завода-изготовителя.

Приемку оборудования в монтаж оформляют актом, после подписания которого ответственность за сохранность оборудования до сдачи его в эксплуатацию возлагается на монтажную организацию.

1.3. Транспортировка оборудования, доизготовление его на месте монтажа

Основными видами транспорта, используемого при перевозке крупногабаритного и тяжеловесного оборудования, являются железнодорожный, автодорожный и водный. Вид транспорта выбирают в соответствии с наличием путей сообщения от начального до конечного пункта транспортирования, а также с учетом экономичности.

Железнодорожные перевозки, особенно на значительные расстояния, наиболее экономичны по сравнению с водными и автодорожными, так как уменьшается число погрузок и вспомогательных работ. Для транспортирования аппаратов используют открытые железнодорожные платформы и транспортеры сцепного типа, в частности предназначенные для транспортирования длинных аппаратов диаметром до 4 м. Железнодорожные транспортеры применяют, когда масса груза больше грузоподъемности четырех- или шестиосных платформ, а также когда груз не вписывается в очертания габарита погрузки.

Автодорожные перевозки более сложны из-за большого разнообразия препятствий, ограничивающих габарит автопоезда, радиусов закруглений, подъемов и уклонов на дорогах различных категорий. Схемы таких перевозок разрабатывают индивидуально для каждого объекта. Вначале обследуют возможные трассы провоза оборудования, определяют число препятствий, их тип (линии электропередачи, связи и пр.) и весовые ограничения дорожных сооружений (мостов, перестроя). После этого выбирают состав автопоезда, тип транспортных средств и устанавливают тип и число тягачей, а также необходимый объем работ по оборудованию трассы.

Для автодорожных перевозок оборудования используют грузовые автомобили, тракторы, автомобильные тягачи обычной и повышенной проходимости, автомобильные прицепы и полуприцепы общего назначения, а также полуприцепы и прицепы-тяжеловозы грузоподъемностью 40×720 т.

Прицепы-тяжеловозы можно использовать для перевозки грузов в пределах допустимых габаритом платформ и номинальной грузоподъемностью. Длинномерные аппараты и другие грузы, габариты и масса которых превышают паспортные характеристики прицепов, можно перевозить по различным схемам на двух прицепах (рис. 1.1). На рис. 1.1а представлена схема перевозки аппарата на двух прицепах-тяжеловозах, оборудованных поворотными столами. Прицепы с малой длиной погрузочной площадки оборудуют опорно-поворотными стойками, и аппарат при перевозке повисает между двумя прицепами, опираясь на их опорные стойки специальными консолями, жестко закрепленными на его днищах (рис. 1.1б). Аппараты массой до 120 т перевозят на прицепах-тяжеловозах, имеющих опущенную погрузочную площадку длиной 9 м, которая может заменяться более длинной или выполняться как бы разрезной. Каждую половину погрузочной площадки закрепляют по концам к аппарату, создавая единую транспортную систему (рис. 1.1в). Грузоподъемность прицепа при этом понижается. В схемах транспортировки крупногабаритных аппаратов часто используют их собственную жесткость, что позволяет применять транспортные средства без несущей платформы. Для буксировки автопоездов с крупногабаритными тяжеловесными аппаратами применяют тяжелые колесные тягачи, выпускаемые отечественной промышленностью, или импортные.

Водным транспортом перевозят оборудование, превышающее по габаритам и массе возможности железнодорожного транспорта, при удобном водном сообщении между изготовителем и заказчиком. Разрешается перевоз на плаву аппаратов диаметром до 10 м и длиной до 100 м, а на баржах-площадках — диаметром до 8 м и длиной до 50 м. При этом масса аппаратов не ограничена. Основные трудности перевозок по водным путям заключаются в выполнении погрузочно-разгрузочных операций при передаче груза на водный транспорт и при выгрузке его на берег в пункте прибытия.

Для перевозки оборудования водным транспортом используют суда и баржи общего назначения, а также специальные самоходные суда и баржи-площадки грузоподъемностью 300×1260 т.

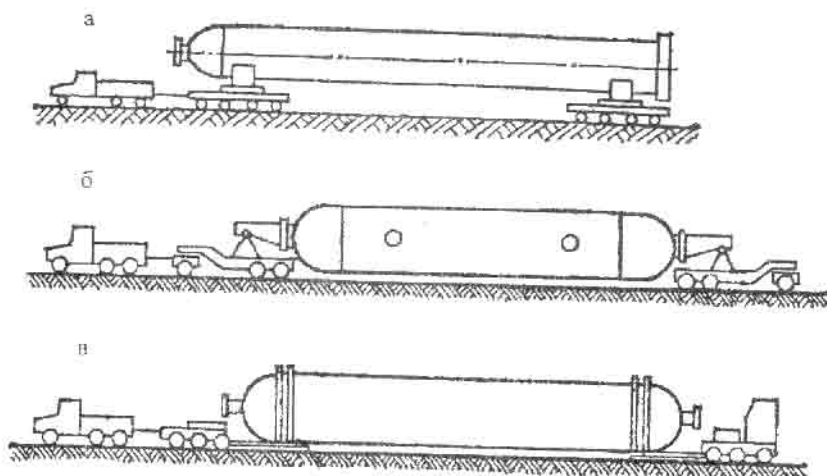


Рис.1.1. Схемы автодорожной перевозки аппаратов:
 а – прицепы, оборудованные поворотными столами; б – прицепы, оборудованные поворотными стойками, в – прицепы, оборудованные погрузочными площадками

Для перевозки на плаву при малой ширине фарватера и наличии встречного движения можно применять транспортные схемы, показанные на рис. 1.2а и рис. 1.2б. В первом случае аппарат перевозят двумя буксирами. При этом задний буксир направляет движение аппарата по фарватеру. По схеме, изображенной на рис. 1.2в, аппарат прищвартовывают к борту полуприцепной баржи или судна, что обеспечивает минимальные затраты на водную перевозку. При большой ширине фарватера (морские и озерные перевозки) аппарат буксируют на канате длиной до 100м (рис. 1.2б). Для предотвращения кручения при буксировке аппарат оборудуют килевым устройством, а также габаритными огнями и световой сигнализацией.

Значительное число тяжеловесных аппаратов доизготавливают на монтажной площадке. Это оборудование, поставляемое в виде укрупненных блоков, сборочных единиц, обечаек и др., которое не было полностью изготовлено, собрано и испытано на заводе-изготовителе, а также оборудование, требующее подгонки на месте монтажа. Все сборочные, сварочные и другие работы по доизготовлению, а также испытания собранного оборудования производят на месте монтажа, на специальных площадках укрупненной сборки. В зависимости от объема работ и видов собираемого оборудования эти площадки оборудуют

дуют различного типа грузоподъемными кранами и оснащают специальными и универсальными сборочными стендами, а также оборудованием для автоматической или полуавтоматической сварки.

Для стыковки листовых конструкций и обечаяек перед сваркой применяют различные сборочные приспособления: струбцины, прижимы, скобы, стяжки, распорки. Для точного центрирования собираемых обечаяек по периметру одной из стыкуемых цилиндрических частей приваривают направляющие планки (рис. 1.3а). Число планок зависит от диаметра аппарата, но должно быть не менее 8 при диаметре стыкуемых элементов до 2м и не менее 12 при диаметре более 2м.

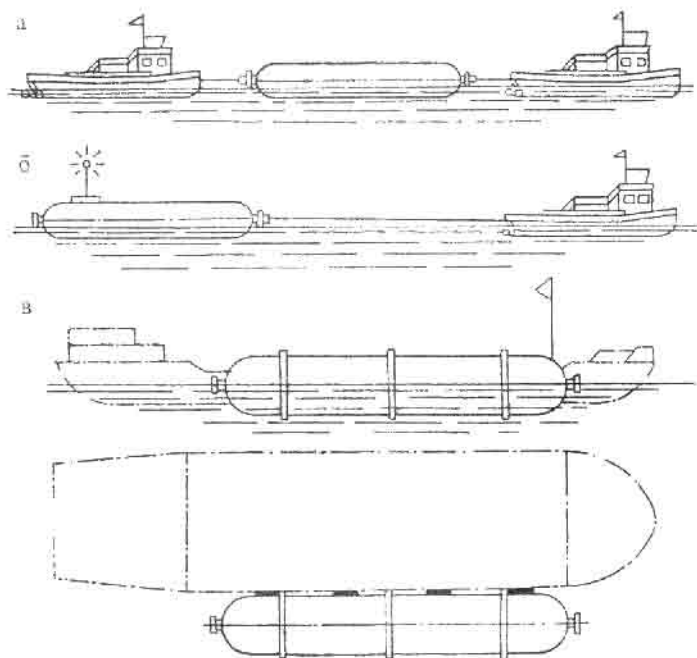


Рис.1.2. Схемы перевозки аппаратов на плаву:
 а – двумя буксирами; б – одним буксиром, в – судами или баржами

Приварная винтовая струбцина (рис. 1.3б) позволяет совмещать свариваемые кромки. Смещение кромок в кольцевых швах при толщине листов до 20 мм не должно превышать 10% номинальной толщины более тонкого листа плюс 1 мм, а при толщине листов более 20 мм – 15% номинальной толщины более тонкого листа, но не более 5 мм. Стяжное приспособление (рис. 1.3в) предназначено для регулирования зазоров между свариваемыми обечайками.

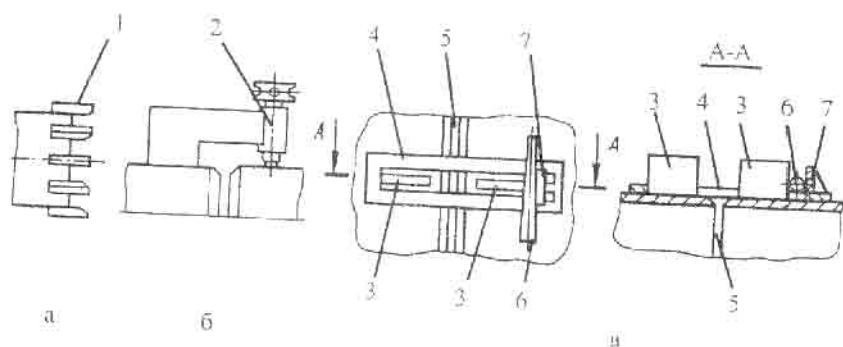


Рис. 1.3. Приспособления для сборки обечаек:
а – направляющие планки; б – винтовая струбцина; в – стяжное приспособление: 1 – планки; 2 – струбцина; 3 – пластина; 4 – стяжная планка; 5 – прокладка; 6 – конусная оправка; 7 – упор

Стяжное приспособление (рис. 1.3в) представляет собой следующее. По обе стороны стыка обечаек приваривают прямоугольные пластины 3, на которые надевают стяжную планку 4. Между стыкуемыми элементами устанавливают прокладку 5, обеспечивающую требуемый зазор. Кромки стыка стягивают, забивая конические оправки 6 между пластинами 3 и упорами 7, приваренными к стяжной планке 4.

2. ОСНОВНОЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, МЕХАНИЗМЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

2.1. Самоходные стреловые краны

Грузоподъемные краны (и, в частности, стреловые самоходные) широко используются при монтажных работах и применяются для подъема, перемещения и установки оборудования в проектное положение. Под грузоподъемным краном понимают грузоподъемную машину, оснащенную стационарно установленными грузоподъемными механизмами.

В зависимости от конструкции грузоподъемные краны классифицируют следующим образом:

- кран мостового типа (мостовой и козловой);
- кран кабельного типа;
- кран стрелового типа (кран порталный, кран стреловой самоходный, кран башенный, кран железнодорожный, кран мачтовый).

По виду ходового устройства различают:

- кран на гусеничном ходу (кран, снабженный для перемещения гусеницами);
- краны на колесном ходу:
 - кран автомобильный (т.е. установленный на автомобильном шасси);
 - кран на специальном шасси автомобильного типа;
 - кран пневмоколесный (установлен на пневмоколесном шасси).

Грузоподъемные краны характеризуются следующими основными линейными параметрами и нагрузками:

- вылет стрелы L – расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной платформы до вертикальной оси грузозахватного органа (например, крюка);
- вылет от ребра опрокидывания A – расстояние по горизонтали от ребра опрокидывания до вертикальной оси грузозахватного органа;
- грузоподъемность Q – масса груза, поднимаемого краном и подвешенного с помощью съемных или несъемных грузозахватных приспособлений;
- момент грузовой $(M = Q \cdot L)$ – произведение величин грузоподъемности Q и соответствующего ей вылета L ;
- момент грузовой опрокидывающий $(M_k = Q \cdot A)$ – произведение величин грузоподъемности Q и соответствующего вылета от ребра опрокидывания (A) .

Способность крана противодействовать опрокидывающим моментам называют устойчивостью крана. Устойчивость самоходных стреловых кранов обеспечивается их собственной массой. Она может быть повышена путем применения выносных опор. Различают устойчивость грузоподъемную и устойчивость собственную. В первом случае – это способность крана противодействовать оп-

рокидывающим моментам, создаваемым массой груза, силами инерции, ветровой нагрузкой и другими факторами. Во втором - способность крана противодействовать опрокидывающим моментам при нахождении крана в рабочем (в том числе без груза) и нерабочем состоянии.

Гусеничные стреловые краны (типа МКГ, СКГ) являются универсальными, обладают повышенной проходимостью и имеют наибольшую грузоподъемность (до 160 т). Гусеничные краны фирмы «Liebherr» имеют грузоподъемность до 1000 т и высоту подъема до 175 м. Существенный недостаток гусеничных кранов - малая скорость передвижения (1 км/ч). При переброске на значительные расстояния их необходимо разбирать и применять специальные транспортные средства.

Автомобильные стреловые краны (типа АК, МКА, К, КС) имеют наибольшую скорость передвижения (до 30 км/ч), однако грузоподъемность этих кранов ограничена (25т). Для стреловых кранов на специальном шасси автомобильного типа характерно наличие двух двигателей: один установлен на шасси и предназначен для привода крана в движение, а другой смонтирован на поворотной платформе и служит для привода механизмов крана.

Пневмоколесные стреловые краны (типа МКП, К, КС) имеют пневмоколесную ходовую часть с приводом от двигателя, расположенного на поворотной платформе. Их грузоподъемность составляет от 10 до 100 т, скорость передвижения - от 8 до 25 км/ч. Пневмоколесные краны успешно конкурируют с более дорогими и менее маневренными гусеничными кранами, однако им свойственна ограниченная проходимость по грунтовым дорогам.

К преимуществам самоходных стреловых кранов относятся: мобильность, высокая производительность и простота технологии подъема оборудования в проектное положение, отсутствие трудоемких подготовительных работ. Недостатки самоходных стреловых кранов: сравнительно невысокая грузоподъемность и высота подъема; невозможность оттяжки груза во время подъема; небольшой вылет стрелы при максимальной грузоподъемности, т.е. небольшое подстреловое пространство; высокая стоимость кранов; при насыщенности технологической установки оборудованием и трубопроводами краны не всегда могут заходить на монтажную площадку.

2.2. Мачтовые подъемники

Мачтовые подъемники (мачты, порталы, шевры) являются простейшими грузоподъемными механизмами и применяются для подъема и установки в проектное положение крупногабаритных, тяжеловесных аппаратов на значительную высоту при недостаточных грузовысотных характеристиках стреловых кранов.

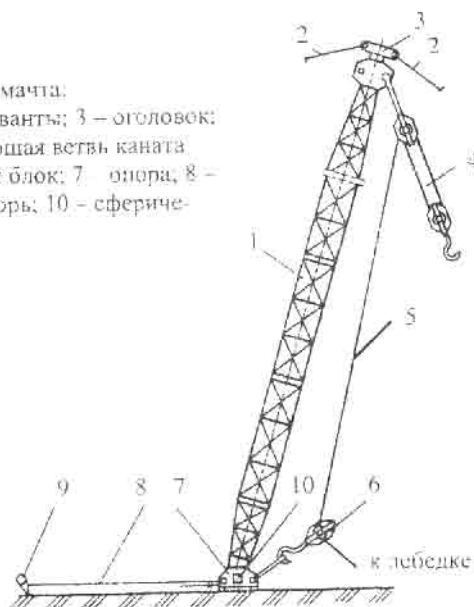
Преимущества мачт: а) мачты значительно дешевле кранов; б) возможность установки оборудования на высокие фундаменты; в) простота подъема; г) возможность оттяжки груза во время подъема. К недостаткам можно отнести: а)

большое количество оснастки; б) подготовка мачт к работе представляет трудоемкую операцию; в) значительная продолжительность работ.

Монтажная мачта (рис. 2.1) представляет собой металлическую конструкцию 1 (трубчатую или решетчатую), вершина 3 (оголовок) которой для удержания мачты в рабочем положении и изменения угла ее наклона укреплена тремя или (чаще) четырьмя гибкими вантами 2. Ванты одним концом крепят за проушины оголовка мачты, а другим - к неподвижным якорям. Угол наклона вант к горизонту составляет $45+60^\circ$. Для уменьшения подвижности мачты после ее установки в проектное положение вантам с помощью винтовых стяжек или полиспастов и лебедок придается предварительное усилие натяжения в $10+30$ кН.

Рис.2.1. Монтажная мачта.

1 – решетчатая рама; 2 – ванты; 3 – оголовок;
4 – полиспаст; 5 – сбегающая ветвь каната полиспаста; 6 – отводной блок; 7 – опора; 8 – страхующий трос; 9 – якорь; 10 – сферический шарнир



Оголовок 3 мачты может быть вращающимся или неподвижным. К нему крепятся один или два грузовых полиспаста 4, сбегающие ветви 5 которых через отводной блок 6 (или ролик) направляются к барабану лебедки. Мачта передает вертикальное усилие на грунт через опорную часть 7 (опорный башмак опоры), которую устанавливают на шпалы или специальный фундамент и закрепляют от горизонтального сдвига специальными растяжками 8 и якорями 9. Соединение мачты с опорой бывает жесткое (мачта работает в строго вертикальном положении), через цилиндрический шарнир (мачта может изменять угол наклона в плоскости подъема груза), через шаровой или сферический

шарнир 10. Наибольшее распространение получило соединение мачты с опорой через сферический шарнир, который позволяет поворачивать мачту без перестановки вант и наклонять ее на угол до 12° от вертикали.

Решетчатые мачты состоят из нижней и верхней пирамидальных и нескольких средних секций. Длина отдельных секций составляет 5, 10 и 20 м. Их число определяется необходимой высотой мачты. Секции мачты собирают с помощью листовых накладок и болтов или с помощью фланцевого соединения, что более предпочтительно. Грузоподъемность решетчатых мачт до 500 т.

Мачты высотой до 35 м и грузоподъемностью до 70 т изготавливают из труб. Трубчатые мачты (рис. 2.2) более просты в изготовлении, однако при одинаковой высоте и грузоподъемности они значительно тяжелее решетчатых. Секции трубчатых мачт соединяют уголками (электросваркой) либо с помощью фланцевого соединения. Бывают однострубочные и трехтрубочные (сигарообразные) мачты. Основные секции однострубочной мачты выполнены из труб диаметром 0,82 м. Основные секции трехтрубочных мачт (длиной 5, 10 и 20 м) состоят из трех труб (273x10 мм), расположенных по вершинам равностороннего треугольника со стороной 0,8+1,1 м и связанных между собой распорками и бандажами. Секции трехтрубочных мачт имеют фланцы, которые крепят на болтах.

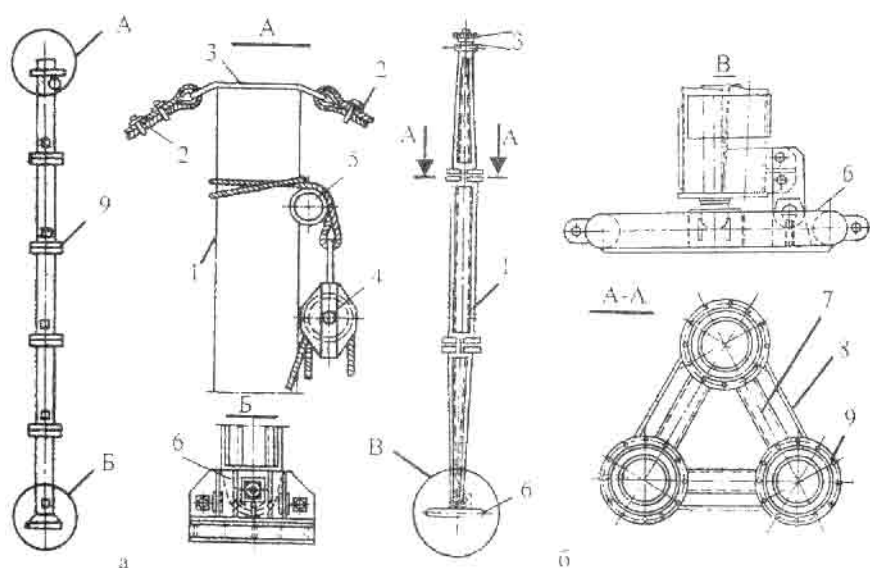


Рис. 2.2. Трубчатые мачты:

а - однострубочная; б - трехтрубочная; 1 - мачта; 2 - ванты; 3 - оголовок; 4 - полиспаст; 5 - поперечная труба; 6 - опора; 7 - распорка; 8 - бандаж; 9 - фланец

Расчет мачт (рис. 2.3) заключается в определении усилий, необходимых для выбора вант, якорей и проверки мачты на прочность.

При расчете принимают, что вес мачты G приложен в ее середине; усилие сбегающей ветви полиспаста S направлено параллельно оси мачты; усилие $S_1 = S \cdot \eta$ (где η - к.п.д. отводного блока) от каната, сбегающего с отводного блока к лебедке, проходит через ось сферического шарнира; мачта при подъеме груза удерживается одной вантой.

Реакции в шарнире R_x , R_y и усилие в вантах S_2 можно определить из уравнений равновесия мачты:

$$\sum M_{Oy} = 0; \quad \sum F_x = 0; \quad \sum F_y = 0$$

или

$$Q \cdot (b \cdot \cos \gamma + H_A \cdot \sin \gamma) + S \cdot b + \frac{1}{2} G \cdot H \cdot \sin \gamma - S_2 \cdot a \cdot \sin \beta = 0$$

$$R_x + S_1 - S \cdot \sin \gamma - S_2 \cdot \cos \beta = 0;$$

$$R_y - G - Q - S \cdot \cos \gamma - S_2 \cdot \sin \beta = 0,$$

где Q - расчетная грузоподъемность мачты.

Решив эти уравнения, получим

$$S_2 = \frac{Q \cdot (b \cdot \cos \gamma + H_A \cdot \sin \gamma) + S \cdot b + G \cdot H \cdot \sin \gamma / 2}{a \cdot \sin \beta},$$

$$R_x = S \cdot \sin \gamma + S_2 \cdot \cos \beta - S_1;$$

$$R_y = G + Q + S \cdot \cos \gamma + S_2 \cdot \sin \beta.$$

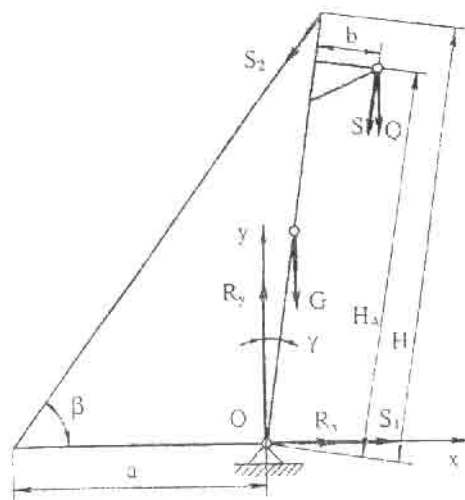


Рис. 2.3. Схема расчета мачты

По усилию S_2 выбирают сечение каната для ванты и рассчитывают якорь ванты на прочность. По реакциям R_x и R_y рассчитывают крепление опорной части мачты.

Усилие предварительного натяжения вант принимают $S_0 = 10 + 30$ кН. Если $S_2 < S_0$, то расчет вант ведется по усилию S_0 .

Максимальное сжимающее усилие в мачте S_0 определяют, суммируя силу S с составляющими усилий S_2 , Q и G , действующими по оси мачты:

$$S_0 = S + (G + Q) \cdot \cos \gamma + S_2 \cdot \sin (\beta + \gamma).$$

По этому усилию рассчитывают сечение мачты, принимая ее за сжатый стержень.

В тех случаях, когда условия монтажной площадки не позволяют разместить боковые ванты мачты, и в некоторых других случаях, обусловленных методами производства работ, применяют шевры.

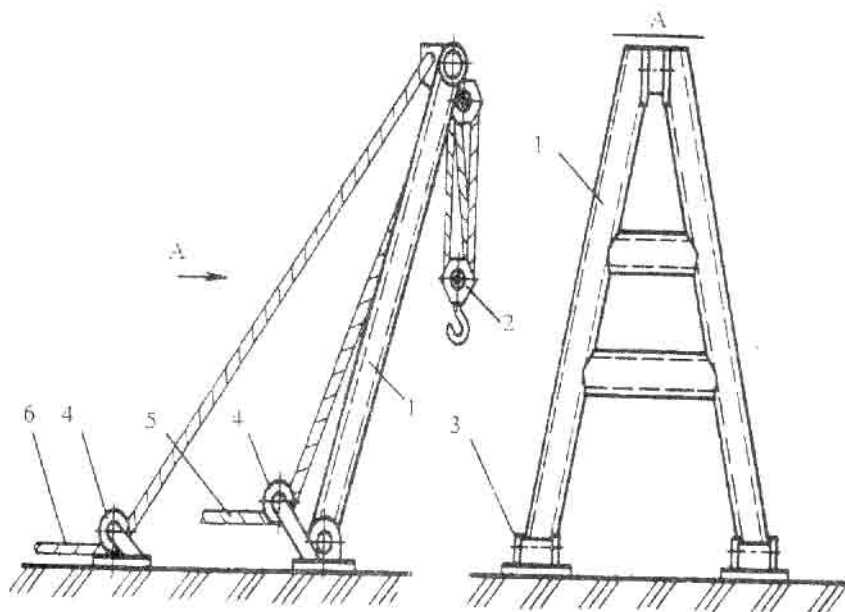


Рис.2.4 Монтажный шевр:

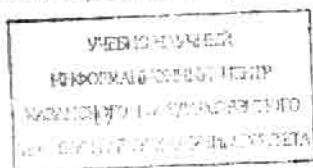
1 – рама; 2 – полиспаст; 3 – шарнирная опора; 4 – отводной блок; 5 – сбегающая ветвь полиспаста; 6 – канат

Монтажный шевр (рис. 2.4) представляет собой А-образную раму 1, которую изготавливают из стальных труб или прокатных профилей (на виде А ос-

настка условно не показана). К оголовку шевра подвешивают грузовой полиспаст 2, сбегаящую ветвь 5 которого через отводной блок 4 направляют на барабан лебедки. В вертикальном и наклонном положениях шевр удерживается канатом 6, который с целью изменения угла наклона шевра снабжается тяговым полиспастом (на рисунке не показан). Нижние концы шевра посредством шарнира соединены с опорами 3, которые закреплены на фундаментах и удерживаются тросами от сдвига при наклоне шевра. При высоте шевра более 10 м для удобства транспортирования их выполняют разборными, причем соединение секций фланцевое. Грузоподъемность шевров $50 + 250$ т, высота подъема — до 35 м. Шевры часто используют в качестве «падающих» стрел, особенно при монтаже башенных кранов и монтажных мачт. В этом случае подъем груза осуществляется при опускании шевра, который увлекает за собой падающий груз. Преимущества шевров по сравнению с мачтами: а) простота и надежность работы; б) меньшее количество вант и якорей; в) возможность применения в стесненных условиях; г) меньший вес при равной грузоподъемности. К недостаткам можно отнести: а) громоздкость конструкции; б) обязательное наличие свободного пространства для опускания шевра в процессе подъема аппарата.

Для монтажа крупногабаритных тяжеловесных аппаратов, а также для сборки уникальных сооружений с большим количеством тяжеловесных подъемов целесообразно использовать порталные подъемники, или порталы (рис. 2.5). Портал представляет собой однопролетную П-образную конструкцию и состоит из двух опорных стоек 1, которые в верхней части соединяются ригелем 2. Ригель и стойки портала представляют собой сварную пространственную конструкцию, собираемую из отдельных секций. Секции соединяют с помощью уголков, накладок и болтов. Ригели порталов с незначительным пролетом изготавливают из двутавровых профилей. Для порталов с большими пролетами ригель изготавливают в виде решетчатой конструкции из уголка, причем в местах соединения со стойками его усиливают листами.

К ригелю 2 на специальных осях крепят грузовые полиспасты 3, сбегаящие ветви которых через отводные блоки 4, прикрепленные к оголовку и опоре стоек, направляются к лебедкам. В рабочем положении портал удерживается шестью вантами 5, концы которых прикреплены к якорям. Портал может работать и в наклонном положении, для чего на ванты ставят полиспасты. Соединение стоек портала с опорными башмаками 6 осуществляется с помощью горизонтальных осей, обеспечивающих поворот портала при его монтаже, а также при изменении вылета портала в процессе работы. Опорные башмаки 6 во избежание сдвига крепят расчалками. Для соединения ригеля 2 с оголовками стоек портала 1 применяют сферический шарнир, который обеспечивает передачу нагрузки строго по оси стоек портала, а также допускает незначительный перекос стоек из плоскости портала. Порталы позволяют перемещать груз вертикально и горизонтально в плоскости подъема; их грузоподъемность составляет $100 + 500$ т, высота поднимаемых аппаратов до 100 м.



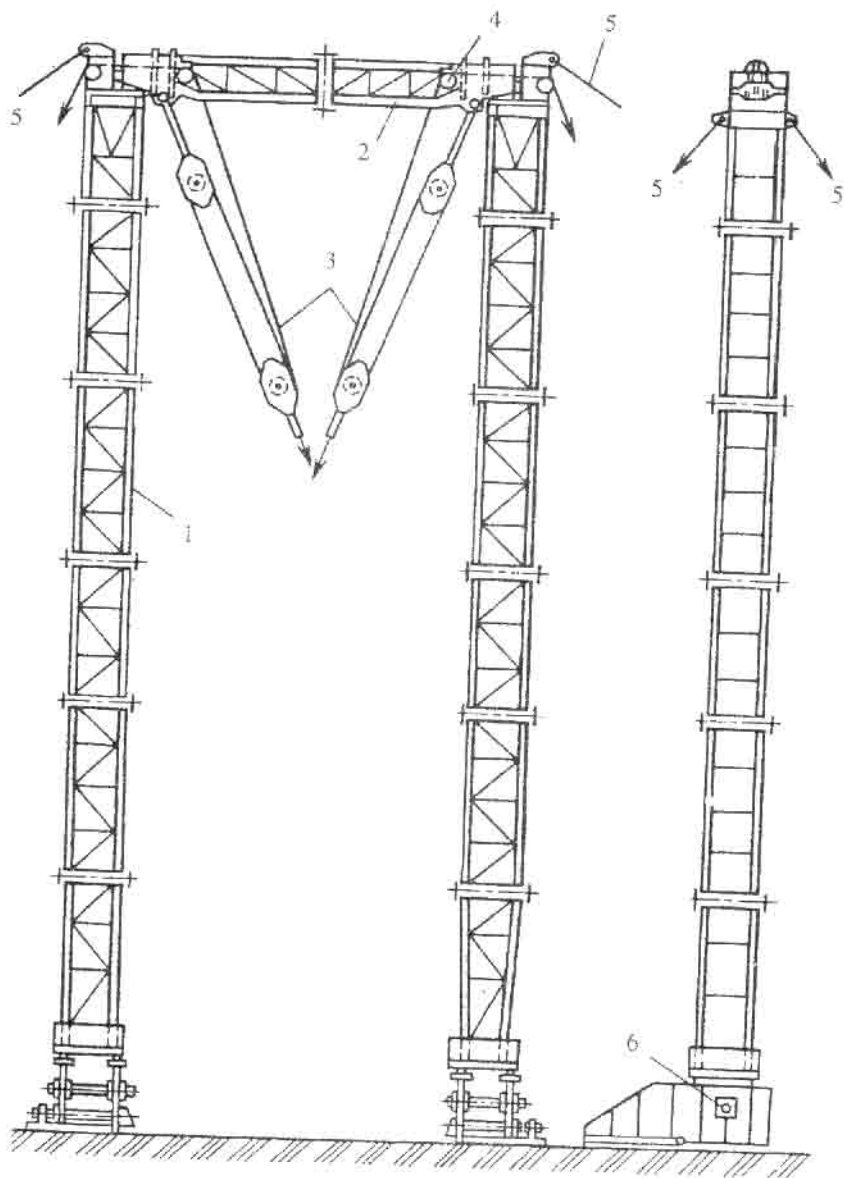


Рис. 2.5 Портальный подъемник:
 1 – опорная стойка; 2 – ригель; 3 – грузовой полиспаст; 4 – отводной блок; 5 – ванты; 6 – опорный башмак

2.3. Лебедки

При монтаже аппаратов (как самостоятельно, так и в комплекте с мачтовыми подъемниками) широко применяют лебедки с электроприводом. Лебедкой называют механизм, тяговое усилие которого передается посредством гибкого элемента (каната) от приводного барабана. Лебедки состоят из сварных рам, на которых установлены барабан, редуктор, электродвигатель, тормозное и пусковое устройства.

Лебедки с электроприводом разделяют по назначению — на подъемные, тяговые и поворотные (для вращения монтажных кранов); по способу установки — на передвижные и стационарные, по числу барабанов — на одно-, двух- и трехбарабанные. Барабаны могут быть гладкими и нарезными. Электрические лебедки часто выполняют реверсивными. Грузоподъемность лебедок $0,5+12,5$ т, канатоемкость $70+800$ м.

Важным условием безопасной работы лебедки является надежное ее закрепление. Лебедки крепят к специальным якорям, к фундаментам (фундаментными болтами) или загружают балластом. Для предотвращения схода каната и защемления его в механизме привода лебедки, а также уменьшения момента, опрокидывающего лебедку, тяговый канат должен набегать на барабан снизу. Чтобы предотвратить отрыв лебедки от земли, канат должен быть пригнелен основанию лебедки. Для обеспечения нормальной работы каната необходимо также, чтобы оси барабана лебедки и отводного ролика были параллельны и горизонтальны.

Ближайший к лебедке отводной блок устанавливают на расстоянии не менее чем в 20 раз больше длины барабана. При этом угол перегиба каната при его наливке на барабан не превышает $1,5^\circ$, благодаря чему канат наматывается равномерно по всей длине барабана. Несоблюдение этого условия вызывает ускоренный износ каната, приводит к односторонней наливке каната на барабан и к сбрасыванию с него каната.

При расчете крепления лебедки определяют необходимый вес уравновешивающего груза на раме или усилие в анкерных болтах из условия грузовой устойчивости лебедки. Коэффициент грузовой устойчивости определяют по формуле

$$K_0 = M_0/M_1 \geq 1.4,$$

где M_0 — восстанавливающий момент; M_1 — опрокидывающий момент.

Моменты M_0 и M_1 определяют из условия, что опрокидывание лебедки происходит вокруг точки А упора переднего элемента рамы в якорь (рис. 2.6):

$$M_0 = Q \cdot h; \quad M_1 = G_1 \cdot a + G_2 \cdot b,$$

где Q — усилие в канате; G_1 — вес лебедки; G_2 — усилие в анкерных болтах или вес уравновешивающего груза; a — расстояние от центра массы лебедки до точки опрокидывания; b — расстояние от точки опрокидывания до места закрепления анкерных болтов или до центра тяжести уравновешивающего груза; h — расстояние от каната до точки опрокидывания.

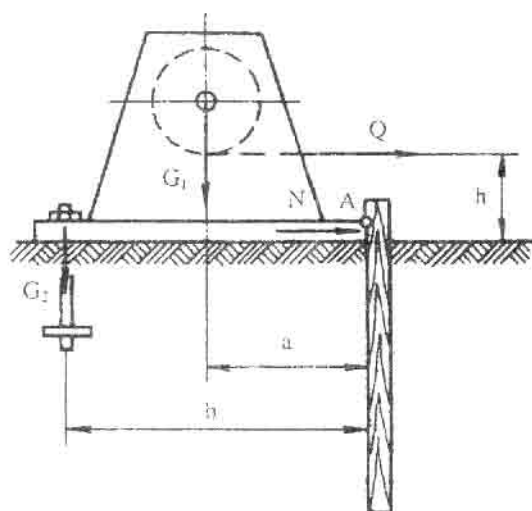


Рис. 2.6. Схема расчета крепления лебедки

После преобразований получим

$$G_2 = (Q \cdot h \cdot K_2 + G_1 \cdot a) / b.$$

Кроме расчета лебедки на опрокидывание, необходимо рассчитать якорь лебедки на прочность и устойчивость против горизонтального смещения под действием сдвигающей силы.

$$N = Q - F_{tr},$$

где $F_{tr} = f G_1$ — сила трения рамы о грунт; f — коэффициент трения рамы о грунт, $f \approx 0,3-0,5$.

2.4. Тали

Для подъема грузов массой до 5 т на небольшую высоту (до 18 м), для перемещения грузов в горизонтальном направлении и натяжения вант при монтажных работах часто применяют тали.

Талью называют грузоподъемный механизм, смонтированный в одном корпусе с приводом. Таль представляет собой червячный или шестеренчатый грузоподъемный механизм, включающий цепной или тросовый полиспаст с ручным или электрическим приводом. Таль с электроприводом называется гальфером или электроталью. Наиболее широко применяют тали при монтаже насосов, компрессоров и другого оборудования, а также узлов трубопроводов, расположенных в помещениях.

2.5. Домкраты

Для механизации монтажных и такелажных работ, а также для подъема на небольшую высоту и выверки оборудования применяют гидравлические, винтовые, реечные (рис. 2.7) и клиновые домкраты.

Принцип действия гидравлического домкрата сводится к перемещению поршня нагнетаемой в цилиндр жидкостью с помощью ручного или приводного насоса. Насос может быть встроенным или отдельно расположенным. Грузоподъемность гидравлических домкратов до 500 т

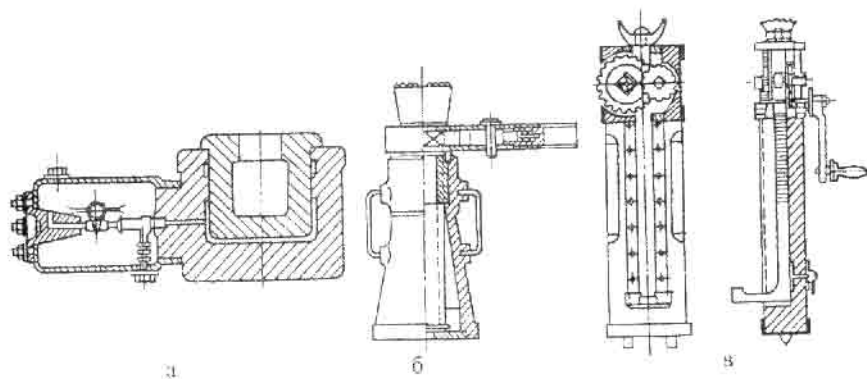


Рис.2.7. Домкраты:

а – гидравлический, б – винтовой, в – реечный

Реечные и винтовые домкраты просты по конструкции, имеют небольшие габаритные размеры и вес. Реечные домкраты (грузоподъемность 3–10 т) удобны тем, что имеют низко расположенные подъемные лань, которые легко заправляются под поднимаемое оборудование. Винтовые домкраты (грузоподъемность до 20 т) при равной грузоподъемности с реечными имеют меньший вес. Они выгодно отличаются от реечных домкратов еще тем, что при их работе исключается самопроизвольное опускание груза, так как угол подъема винтовой линии меньше угла трения.

Клиновые домкраты применяют главным образом при выверке оборудования в процессе монтажа.

2.6. Монтажные якоря

Для крепления вант и удержания в рабочем положении мачт, порталов, небедок применяют анкерные устройства – монтажные якоря различных типов. Они должны выдерживать сосредоточенную нагрузку, действующую под углом $\pm 45^\circ$ в горизонтальной плоскости и под углом 0–90° в вертикальной плоскости.

В монтажной практике используют следующие типы якорей (рис. 2.8): заглубленные, работающие за счет сил трения и веса грунта, в который погружен якорь (рис. 2.8а), полузаглубленные (рис. 2.8б); наземные (или инвентарные), работающие за счет сил трения, обусловленных весом якоря (рис. 2.8в). Недостатками заглубленных якорей являются необходимость большого объема земляных работ и невозможность повторного его использования, что вызывает большой расход древесины, бетона и металла. Преимущества наземных якорей: а) возможность многократного использования; б) отсутствия трудоемких земляных работ. К недостаткам можно отнести: а) большой вес, почти вдвое превышающий несущую способность; б) большая металлоемкость и трудоемкость сборки.

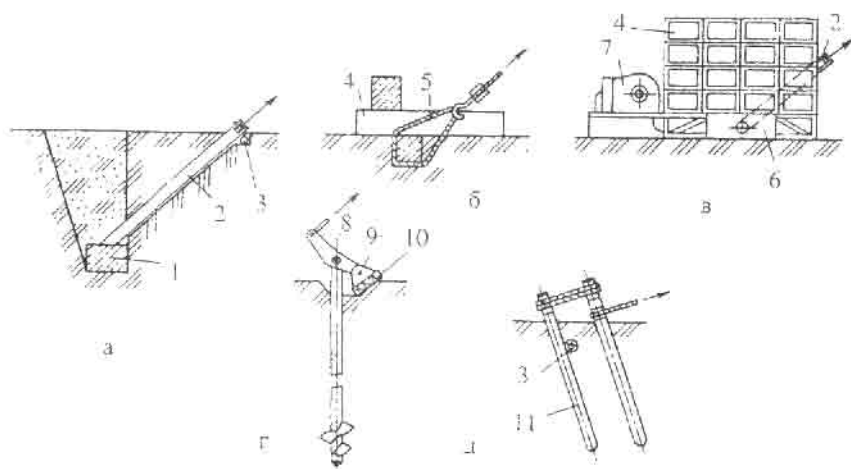


Рис. 2.8. Якоря, применяемые при монтажных работах:

1 – бетонный блок; 2 – металлическая тяга; 3 – деревянная или металлическая подкладка; 4 – железобетонный блок; 5 – строп; 6 – металлическая рама; 7 – лебедка; 8 – коромысло; 9 – опорная плита; 10 – шпалы; 11 – сваи

Кроме этого, заглубленные якоря бывают, в свою очередь, винтовые (рис. 2.8г) и свайные (рис. 2.8д). Винтовой якорь состоит из металлического стержня с винтовой лопастью на конце, коромысла и опорной плиты, которая воспринимает горизонтальную составляющую тягового усилия. Коромысло соединяется с металлическим стержнем и опорной плитой с помощью осевых шарниров. Винтовой якорь может и не иметь опорной плиты. В этом случае его устанавливают наклонно, чтобы ось совпадала с направлением нагрузки. Преимущества этих якорей: а) малый вес, металлоемкость; б) возможность много-

кратного использования. Недостаток – отсутствие специальных механизмов для завинчивания и вывинчивания.

Свайные якоря бывают металлические, деревянные, железобетонные. Представляют из себя заостренный стержень, который наклонно забивают в грунт. Используются для крепления ветровых расчалок грузоподъемных механизмов, лебедок и т.д. Преимуществом является простота. К недостаткам можно отнести трудоемкость работы по забивке свай и небольшую несущую способность.

В качестве якорей иногда используют имеющиеся на монтажной площадке строительные и технологические конструкции.

Наиболее удобны в применении незаглубленные (инвентарные) и полуглубленные якоря. При известном угле наклона тягового усилия к горизонту расчет якоря сводится к определению его веса и размеров опорной поверхности из условий его устойчивости против опрокидывания и смещения (рис. 2.9).

Для сохранения равновесия необходимо выполнение следующих условий:

$$G > N = R \cdot \sin \alpha;$$

$$(G - N) \cdot a = P \cdot b;$$

$$(G - N) \cdot f = P,$$

где R – тяговое усилие; G – вес якоря; P и N – горизонтальная и вертикальная составляющие усилия R ; a и b – расстояния усилия G и P до ребра опрокидывания; $f = 0,2-0,5$ – коэффициент трения.

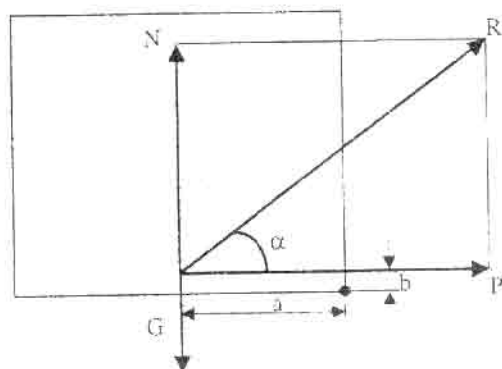


Рис 2.9 Схема расчета якоря

Определив из трех приведенных уравнений наибольшее значение веса якоря G , увеличивают его для заглубленных якорей в 2–3 раза, для незаглубленных – до 5 раз.

2.7. Канаты и приспособления для закрепления стальных канатов

Для изготовления вант, стропов и оснастки грузоподъемных механизмов применяют стальные канаты, которые свивают из проволоки диаметром 0,22+3мм следующим образом: из отдельных проволок делают пряди, а из прядей вокруг органического сердечника (например, пенькового) свивается канат. Сердечник делает канат более гибким и является аккумулятором для смазки каната. В зависимости от сочетания направлений свивки проволок в пряди и прядей в канат различают канаты односторонней (параллельной) и крестовой свивки. В первом случае направления свивки в пряди и канате совпадают, во втором – противоположны. Канаты односторонней свивки более гибкие, но склонны к самораскручиванию; канаты крестовой свивки более жесткие, но зато не раскручиваются.

При монтажных работах следует использовать стальные канаты, которые должны соответствовать техническим требованиям по ГОСТ 3241 «Канаты стальные. Технические условия»:

- по форме поперечного сечения – круглые;
- по конструктивному признаку – двойной свивки, состоящие из прядей, свитых в один концентрический слой;
- по форме поперечного сечения прядей – круглопрядные;
- по типу прядей – с линейным касанием (ЛК) проволок между слоями; если невозможно получить такие канаты, допускается применять канаты с комбинированным точечно-линейным касанием (ТЛК) проволок в пряди;
- по материалу сердечника – с органическим сердечником (ОС);
- по способу свивки – нераскручивающиеся (Н);
- по направлению свивки – правые (П) или левые (Л);
- по сочетанию направлений свивки проволок в пряди и прядей в канат – крестовой свивки; применение канатов односторонней свивки запрещается.

При подборе каната руководствуются разрывным усилием – нагрузкой, при которой канат рвется. Разрывное усилие определяется двумя способами: разрывом каната целиком; разрывом каждой проволоки. Во втором случае разрывное усилие всех проволок суммируют и, уменьшив на 17% сумму, получают расчетное разрывное усилие.

Наибольшее допускаемое усилие в канате определяют из выражения

$$S = P/k,$$

где P – разрывное усилие каната, гарантированное паспортом или взятое по ГОСТ для данного типа каната; k – коэффициент запаса прочности, принимаемый в зависимости от условий работы каната ($k = 3+6$).

Существуют различные способы соединения концов каната, отличающихся друг от друга степенью надежности и трудоемкостью исполнения.

Наиболее надежным способом соединения концов каната и образования петель является сплетение их между собой, для чего сплетаемые концы каната распускают на пряди и вырезают мягкий сердечник. Прочность сплетенного

участка должна быть равна прочности целого каната. Сплетают только канаты одинакового диаметра и одинаковой конструкции. Сплетенные участки каната плотно обматывают по всей длине мягкой проволокой диаметром 1+2 мм. Разъединение сплетенного участка так же сложно, как и соединение. Кроме заплетки концов каната, используют также гильзосклиновое соединение.

В тех случаях, когда требуется выполнить легкоразъемное соединение концов каната, применяют зажимы различных конструкций (рис.2.10): клиновым (рис.2.11 г), винтовой, рожковый, с планкой, Г-образный. Как правило, следует использовать клиновые и винтовые зажимы, число которых должно быть не менее трех. Для обеспечения надежности зажимов степень затяжки должна контролироваться по предельному крутящему моменту (динамометрическим ключом), прилагаемому к гайкам зажима. Допускается применение зажимов с планкой, а также Г-образных зажимов.

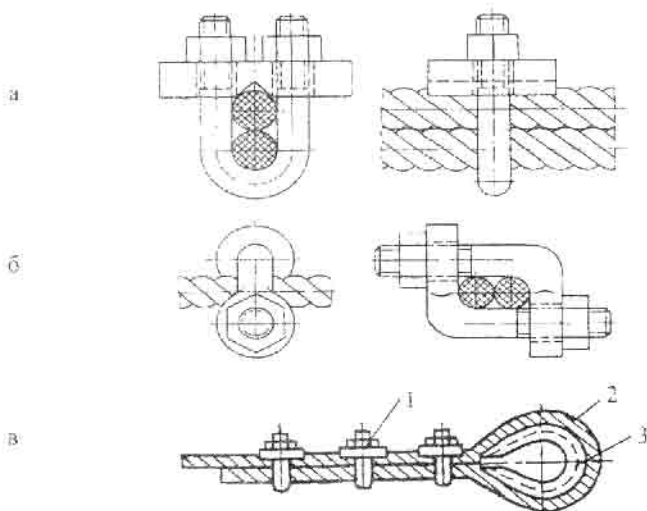


Рис.2.10. Типы зажимов:

а – винтовой; б – Г – образный; в – схема установки зажимов: 1 – зажим; 2 – канат; 3 – коуш

Канатные элементы следует крепить по схемам, приведенным на рис. 2.11.

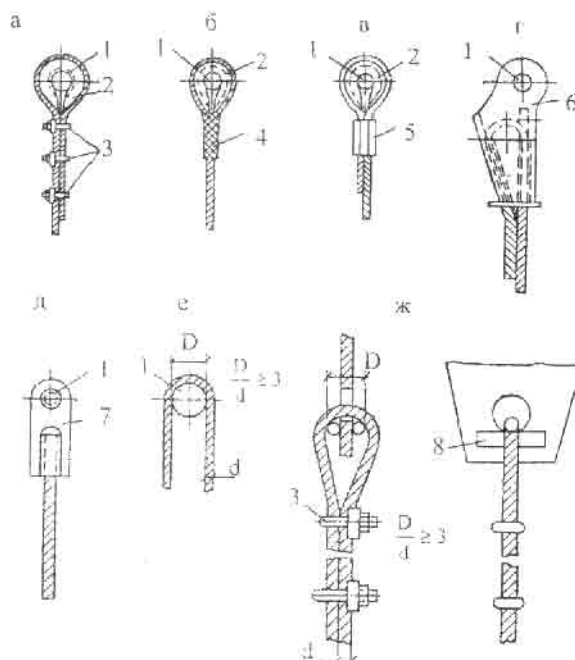


Рис.2.11. Схемы крепления канатных элементов в стальных конструкциях.

1 - ось, закрепленная в стальных конструкциях; 2 - коуш; 3 - зажимы винтовые, планочные или рожеквые; 4 - заплетка; 5 - гильзоклиновое соединение; 6 - клиновое зажим; 7 - канатная втулка; 8 - приваренные круглые стержни

2.8. Стропы

Стропами называют отрезки канатов, соединенные в кольца или снабженные специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление груза. Стропы выпускают следующих типов (рис. 2.12);

УСК 1 - строп канатный универсальный (исполнение 1);

УСК 2 - строп канатный универсальный (исполнение 2);

1СК - строп канатный одноветевой;

2СК - строп канатный двухветевой;

3СК - строп канатный трехветевой;

4СК - строп канатный четырехветевой.

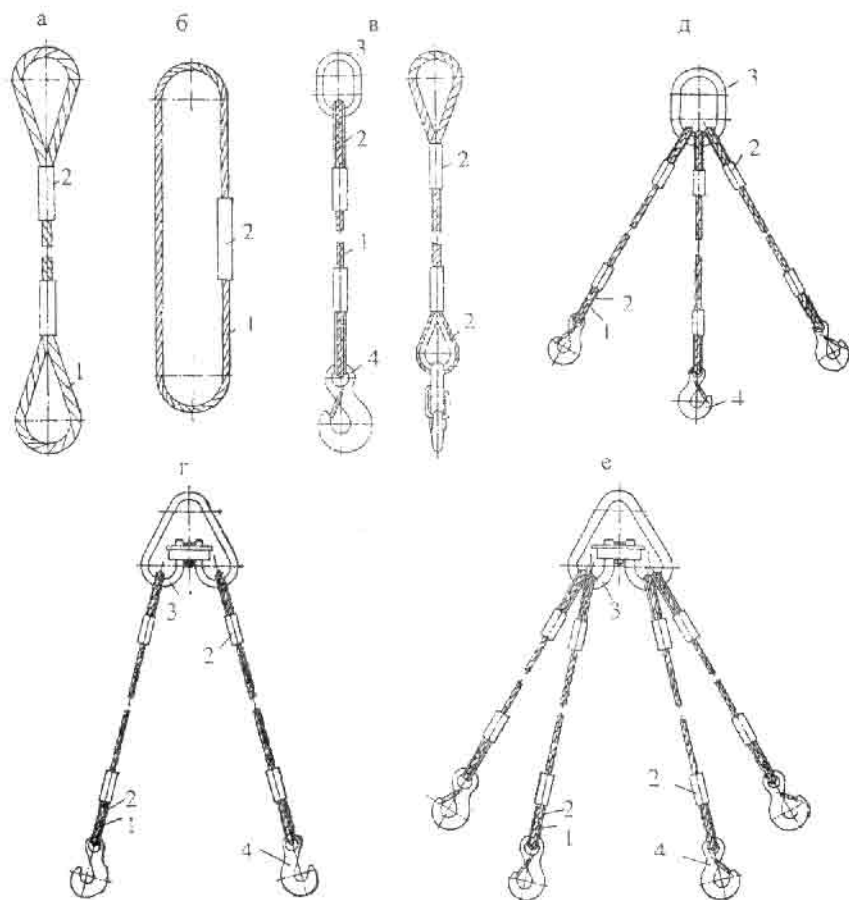


Рис.2.12. Типы стропов:

а – УСК1; б – УСК2; в – 1СК; г – 2СК; д – 3СК; е – 4СК; 1 – канат; 2 – соединение (коуш); 3 – подвеска (разъемная или неразъемная); 4 – крюк

Число ветвей стропа выбирают в зависимости от массы груза и диаметра каната. При подвеске груза к крюку с помощью многоветвевго стропа натяжение в каждой ветви определяется из выражения

$$S = \frac{Q}{m \cdot \cos \alpha} \cdot K_1$$

где Q – вес груза; m – число ветвей стропа; α – угол наклона ветвей к вертикали; K_n – коэффициент неравномерности нагрузки на ветви стропа (если $m = 2$, то $K_n = 1$, при $m > 2$, $K_n = 1,3+1,4$).

Для устойчивого равновесия груза угол α не должен превышать 60° .

2.9. Монтажные блоки, полиспасты

Для подъема или перемещения грузов, для изменения направления движения каната и уменьшения силы, необходимой для подъема груза, применяют блоки. Их используют в полиспастах и грузовых полвесных кранах. Они состоят из одного или нескольких роликов, вращающихся на оси на подшипниках качения или скольжения, неподвижно установленной в щеках, к которым через траверсу присоединяют крюк или серьгу. Блоки оснащают приспособлениями, предохраняющими канат от соскальзывания. Это перегородки между роликами или кожух с прорезями для прохода каната. В зависимости от числа роликов блоки разделяют на однорольные и многорольные. Однорольные блоки обычно применяют в качестве отводных, многорольные – для подъема тяжелых грузов.

Для уменьшения тягового усилия, т.е. уменьшения нагрузки на канат и лебедку, применяют полиспасты. Они бывают грузовые (подъемные), расчалочные, оттяжные и тяговые (для дотягивания или перемещения оборудования).

Полиспастом (рис. 2.13) называется простейшее грузоподъемное устройство, состоящее из подвижного 2 и неподвижного 2 блоков, соединенных между собой канатом. Канат последовательно огибает все ролики блоков; один конец его 3 наглухо прикреплен к обойме одного из блоков, а другой 4 (сбегающий) отводится к барабану лебедки.

Рабочие ветви полиспаста – это канаты, на которых подвешен груз. Число рабочих ветвей подсчитывают следующим образом: все ветви полиспаста мысленно перерезают перпендикулярной к ним плоскостью и отбрасывают верхний неподвижный блок; число рабочих ветвей равно числу ветвей, на которых остается висеть подвижный блок. Кратность полиспаста равна числу рабочих ветвей; она показывает, во сколько раз уменьшается нагрузка на канат и лебедку по сравнению с весом поднимаемого груза, т.е. использование полиспаста дает выигрыш в силе за счет уменьшения скорости перемещения груза или увеличения длины каната. Кратность полиспаста можно определить также как общее число роликов в полиспасте без учета отводных и уравновешивающих роликов.

Усиление в сбегающей нитке полиспаста, необходимое для подъема груза весом Q , определяют по формуле

$$S = Q \cdot \frac{1 - \eta}{1 - \eta^m},$$

где η – к.п.д. одного ролика ($\eta = 0,96$ при установке ролика на подшипниках скольжения; $\eta = 0,98$ при установке на подшипниках качения); m – кратность полиспаста.

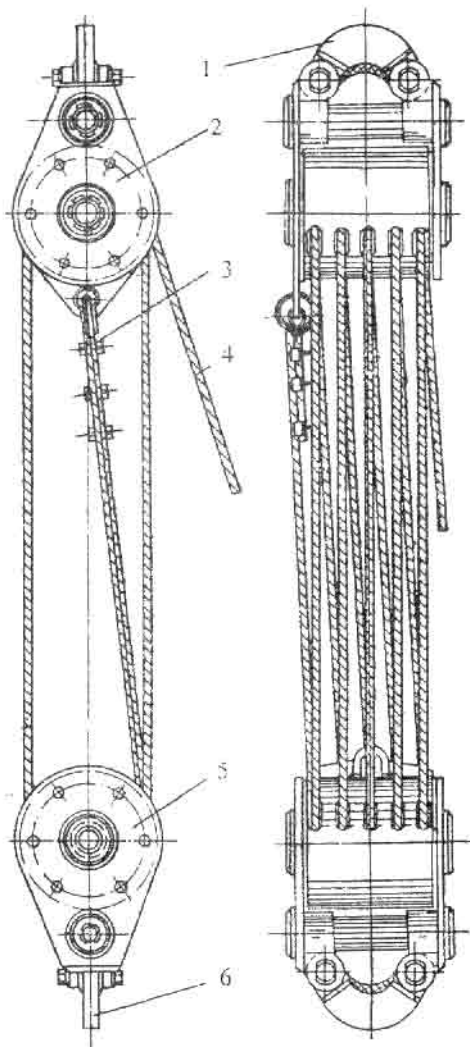


Рис.2.13 Общий вид полиспаста:

1, 6 – серьги; 2 – неподвижный блок; 3 – неподвижный конец троса; 4 – сбегающая ветвь троса; 5 – подвижный блок

Длина каната, наматываемого на барабан лебедки при подъеме груза на высоту h , равна $l = m \cdot h$.

Кроме вышеприведенной схемы (неподвижный конец каната закреплен за щеку неподвижного блока, а сбегающая нить сходит с крайнего ролика неподвижного блока), возможны и другие схемы запасовки полиспастов: а) неподвижный конец закреплен за щеку подвижного блока; б) сбегающая нить каната сходит с ролика подвижного блока; в) оба конца каната сбегающие (применяются две лебедки).

2.10. Траверсы

Траверсы являются важнейшими элементами такелажной оснастки, обеспечивающими безопасное выполнение монтажных работ, особенно при подъеме аппаратов двумя кранами.

Траверсы служат для распределения усилия подъема на несколько точек строповки (рис. 2.14). Двухлучевая траверса (рис. 2.14а) позволяет осуществить подвеску аппарата не в одной, а в двух точках, вследствие чего уменьшается прогиб аппарата от собственного веса. Кроме этого, уменьшаются горизонтальные усилия, сжимающие конструкцию, при подъеме аппаратов большой длины. Трехлучевая траверса (рис. 2.14б) дает возможность осуществлять подвеску цилиндрической обечайки в трех точках. При использовании траверсы сжимающие усилия, возникающие в поднимаемых элементах при наклонном положении стропов, заменяются усилиями, направленными вверх. Это позволяет избежать деформирования поднимаемых элементов.

Изготавливаются траверсы из швеллеров, двутавровых балок или листового металла в виде жесткой конструкции, снабженной проушинами (ушками) для присоединения стропов. Отверстия 2 в лучах траверсы дают возможность путем перестановки проушин, фиксируемых осью 1, изменять расстояние между вертикальными грузовыми стропами.

Балансирные траверсы (рис. 2.14в) служат для распределения веса аппарата на два крана. Проушинами 3 траверса подвешивается на крюках кранов. Аппарат подвешивается к полуавтоматическому захвату 4, к которому через отводной ролик 5 крепится тягловый тросик. Это позволяет осуществить расстроповку аппарата на высоте.

Известна конструкция балансирной траверсы, которая подводится под аппарат до подъема и состоит из балки с опорой. Опора соединяется с балкой шаровым шарниром и обеспечивает балансировку нагрузок на краны. Пята опирается на опорное звено со сферической поверхностью. Саморасстроповка кранов на высоте обеспечивается за счет разъема шаровой опоры и пяты после окончания работы кранов и включения в работу дотягивающей системы.

Балансирные траверсы (рис. 2.14г) обеспечивают вертикальное (без перекоса) положение поднимаемого аппарата с помощью двух кранов (полиспастов, мачт). Соединение подвески 8 с верхней 7 и нижней 9 траверсами шарнирное (на осях). В случае опережения (отставания) одного из полиспастов 6 положение подвески, а главное, нижней траверсы, соединенной с поднимаемым оборудованием, благодаря шарнирам остается неизменным. Траверса может и не

иметь средней секции (подвески). Обязательным является наличие шарнира между верхней траверсой, к которой закреплены стропы, идущие к грузовым полиспастам, и нижней траверсой, к которой закреплены стропы, идущие к поднимаемому грузу.

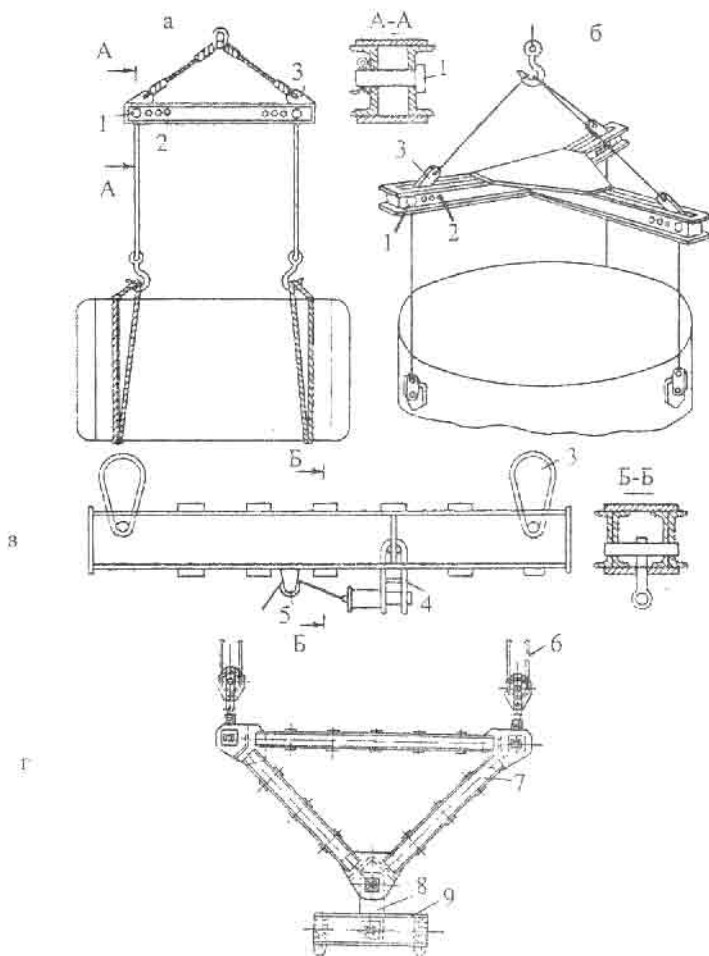


Рис.2.14. Траверсы:

а - двухлучевая траверса; б - трехлучевая траверса; в - балансирующая траверса Гипронефтьспецмонтажа; г - балансирующая траверса Гидрохиммонтажа; 1 - ось; 2 - отверстие; 3 - проушина; 4 - захват; 5 - отводной ролик для тягового тросика; 6 - грузовой полиспаст; 7 - верхняя траверса; 8 - подвеска; 9 - нижняя траверса.

2.11. Шарнирные устройства

Эти устройства применяют при подъеме аппаратов в проектное положение методом поворота вокруг шарнира. Тип шарнира зависит от конструкции опорной части аппарата, его технических характеристик (массы, диаметра), конструкции фундамента либо опоры под аппарат. метода производства работ (шарнир неподвижный или скользящий). Однако независимо от перечисленных выше факторов необходимо обеспечить соосность отверстий соединяемых элементов, не превышать установленные проектом допускаемые отклонения от горизонтали оси шарнира и опорных плоскостей под его башмак.

Одно из шарнирных устройств представляет собой следующее (рис. 2.15). К аппарату 1 привариваются монтажные штуцера 2, которые устанавливаются в опорных конструкциях 4 на подшипниках скольжения 3. Опоры крепятся к основанию 5, установленному на шпальной выкладке 6. Устройство является универсальным, поскольку расстояние между опорными конструкциями 4 может меняться в зависимости от размеров фундамента 7. Для этого предусмотрено возможность перемещения балок опорных конструкций по балкам основания.

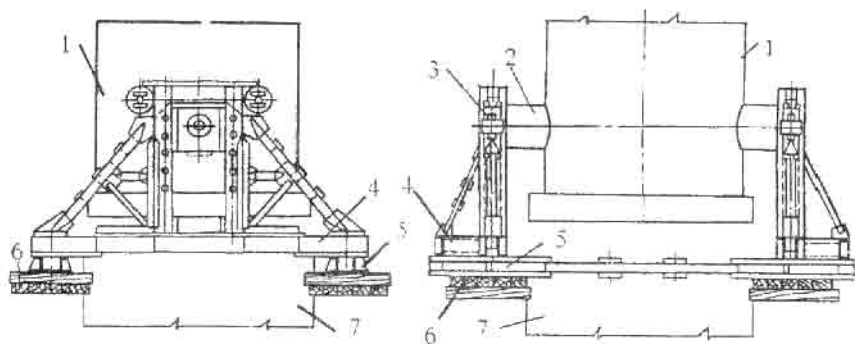


Рис. 2.15. Шарнирное устройство конструкции Гипрохиммонтажа:
1 – аппарат; 2 – монтажный штуцер; 3 – подшипник; 4 – опорная конструкция; 5 – основание; 6 – шпальная выкладка; 7 – фундамент

Другая конструкция шарнира (рис. 2.16) выглядит следующим образом. К фундаменту болтами 5 крепят опорные элементы 4, состоящие из взаимно перпендикулярных пластин. К аппарату приваривают две пары косынок 1 и 2, которые с помощью осей 3 соединяют с опорными элементами.

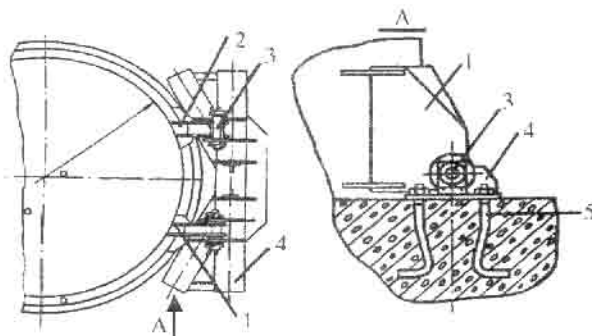


Рис.2.16. Шарнирное устройство конструкции ВНИИмонтажспецстроя:
1, 2 – левая и правая опоры; 3 – ось; 4 – нижняя опора; 5 – фундаментные болты

2.12. Устройства для строповки сосудов и аппаратов

Аппарат снабжается специальными устройствами, служащими для его строповки. Устройство в виде крюка (рис.2.17а) удобно при подъеме аппаратов в несколько этапов, когда после завершения первых этапов подъема требуется провести расстроповку. В этом случае грузозахватное приспособление крана под действием собственного веса выводится из крючков, приваренных на корпусе аппарата в качестве строповочных устройств.

Ушки (рис. 2.17б) используются при строповке аппаратов за крышку. Количество ушек обычно равно трем.

Монтажный штуцер (рис.2.17в) не имеет входного отверстия в аппарат и служит только для монтажа и демонтажа аппарата. Обойма 3 вращается вместе со стропом, предохраняя его от истирания. Для лучшего вращения обоймы под нее набивается солидол. Фланец 4 предохраняет строп от соскальзывания. На аппарате обычно устанавливаются два монтажных штуцера. При отсутствии на аппарате монтажных штуцеров на его корпус устанавливается хомут (бандаж), снабженный устройствами для строповки.

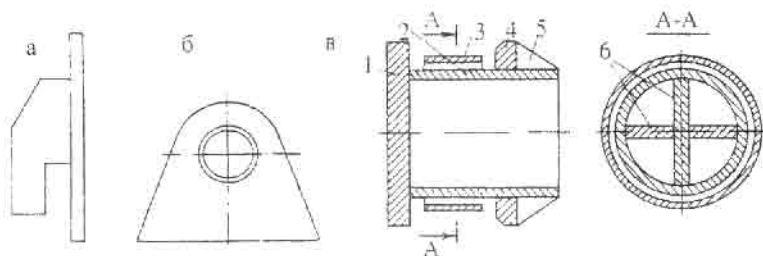


Рис.2.17 Устройства для строповки аппаратов.
а – крюк; б – ушко; в – монтажный штуцер. 1 – стенка аппарата; 2 – отрезок грубы; 3 – обойма; 4 – фланец; 5 – косынка; 6 – ребра жесткости

3. МОНТАЖ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

3.1. Общие сведения

Методы производства работ при монтаже технологического оборудования весьма разнообразны и определяются:

- типом грузоподъемного механизма и техническими параметрами (габаритами, массой) монтируемого оборудования;
- принятой технологией (особенностями пространственного перемещения) при установке оборудования в проектное положение.

В зависимости от типа основного грузоподъемного механизма существуют следующие методы монтажа: 1) мачтовыми подъемниками (мачтами, шеврами, порталами); 2) самоходными стреловыми кранами (одним или двумя, при работе кранов на месте или с передвижением, с изменением или без изменения вылета крюка); 3) башенными, козловыми, мостовыми кранами; 4) гидравлическими подъемниками; 5) полиспастами, закрепленными к существующим строительным конструкциям.

В зависимости от условий пространственного перемещения поднимаемого оборудования различают следующие основные методы монтажа: 1) метод скольжения опорной части аппарата с отрывом или без отрыва опорной части от грунта, с оттяжкой низа аппарата перед установкой на фундамент или без оттяжки; 2) метод поворота оборудования вокруг неподвижно закрепленного (либо скользящего) шарнира; 3) безъякорные методы.

Безъякорные методы являются разновидностями метода поворота вокруг шарнира. К ним относятся: а) метод монтажа с помощью самомонтирующего портала (или шевра); б) метод выжимания скользящей по рельсам подпоркой (или порталом), в) метод выталкивания с помощью гидравлического подъемника.

3.2. Производство работ мачтовыми подъемниками

В тех случаях, когда габариты и масса цилиндрических аппаратов (тарельчатых и насадочных колонн, скрубберов, реакторов, выпарных аппаратов и т.д.) сравнительно невелики, для их монтажа применяют самоходные стреловые краны.

Для монтажа тяжелых и высоких аппаратов, если невозможно применить краны из-за недостаточных грузовысотных характеристик или стесненных условий монтажной площадки, применяют мачтовые подъемники (мачты, порталы, шевры).

Монтаж мачтами производится следующими основными методами: методом скольжения с отрывом аппарата от земли с оттяжкой низа аппарата или без оттяжки; методом скольжения без отрыва аппарата от земли с подтаскиванием

низа аппарата при заводке на фундамент; методом поворота вокруг шарнира. Методы различаются характером передвижения аппарата в процессе подъема из горизонтального положения в вертикальное.

Подъем в зависимости от характеристик монтируемого оборудования и условий монтажа производят одной, двумя или, в некоторых случаях, четырьмя попарно соединенными мачтами (наклонными или вертикально стоящими). Если мачта имеет достаточную грузоподъемность и высоту, то аппараты устанавливают одной мачтой. Однако при подъеме аппаратов большого веса и диаметра, а также при наличии высокого фундамента наводить и устанавливать аппарат на анкерные болты одной мачтой довольно сложно. Поэтому в таких случаях используют спаренные мачты. Необходимость в наклоне мачт (который составляет $9-12^\circ$ к вертикали) определяется длиной поднимаемого аппарата, его расположением по отношению к фундаменту, расположением и высотой мачт, принятой схемой строповки.

При монтаже методом скольжения с отрывом аппарата от земли двумя вертикальными мачтами (рис. 3.1) аппарат укладывают перед фундаментом, причем положение его (люков, штурсов и т.д.) должно быть таким, чтобы после подъема он занял правильное положение.

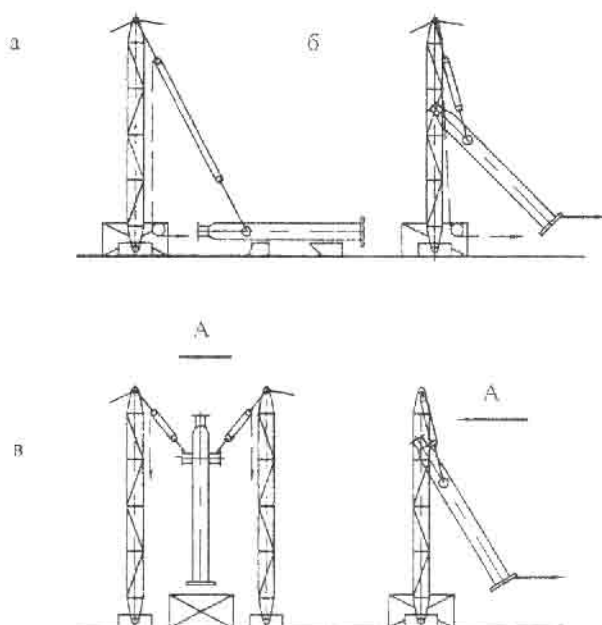


Рис.3.1. Схема подъема аппаратов методом скольжения двумя вертикальными мачтами;

(а - в) - этапы подъема

Спаренные мачты, оснащенные грузовыми полиспастами, устанавливают вертикально и симметрично по обе стороны фундамента так, чтобы поднятый над фундаментом аппарат расположился строго по оси фундамента. В вертикальном положении мачты удерживаются гибкими вантами.

Строповку аппарата осуществляют за монтажные штупера, которые располагаются выше центра массы аппарата с таким расчетом, чтобы отклонение от вертикали в поднятом положении не превышало $10+15$ градусов. Сбегающие ветви грузовых полиспастов через отводные ролики направляют к барабанам лебедок.

Для придания необходимой траектории движения колонны при подъеме, а также для предотвращения ее раскачивания и вращения низ аппарата удерживают оттяжным канатом. По мере подъема оттяжной канат, свободный конец которого крепят к барабану лебедки, отпускают или, наоборот, подтаскивают низ аппарата по направлению к фундаменту.

Убедившись в надежности такелажной оснастки и проверив работу всех механизмов, включают тяговые лебедки и начинают подъем. Приподняв верхнюю часть аппарата примерно на 200 мм, выключают лебедки и осматривают элементы такелажной оснастки и строповку аппарата. Убедившись в полной исправности строповки и такелажной оснастки, вновь включают тяговые лебедки. Аппарат начинает передвигаться, при этом его опорная часть скользит по заранее подготовленному основанию – на снях (тележках) или металлических листах.

По мере подъема верхней части аппарата низ придерживают тормозной оттяжкой, постепенно ослабляя ее для перемещения аппарата в сторону фундамента. Далее, работая грузовыми лебедками, отрывают колонну от земли и, постепенно ослабляя тормозную оттяжку, приводят аппарат в вертикальное положение и поднимают несколько выше фундамента. Включением реверса грузовых полиспастов плавно опускают аппарат на фундамент. В момент отрыва аппарата от земли замеряют (контролируют) усилия (см. рис. 3.2) в грузовых полиспастах (T и T_1), тормозной оттяжке (Q_{10}), задней и боковой вантах (Q_5 и Q_6), а также положение аппарата относительно мачт (d , f , h).

При выполнении работ двумя вертикальными мачтами с оттяжкой груза необходимо обеспечить:

- соответствие конструкции мачт, типоразмеров такелажной оснастки расчетным нагрузкам;
- необходимые зазоры между поднимаемым оборудованием и конструкцией мачты (не менее 500 мм), между сбегающей нитью полиспаста и конструкциями;
- определенное расстояние от основания мачт до якорей (на 6 м больше высоты монтажного устройства);
- применение мачт с шаровой пятой либо учет крутящих моментов, возникающих при отклонении грузовых полиспастов от вертикали при оттяжке груза;
- предварительное натяжение вант;

пересечение расчетных усилий в оттяжке и подлипасте на вертикальной оси, проходящей через центр массы поднимаемого аппарата.

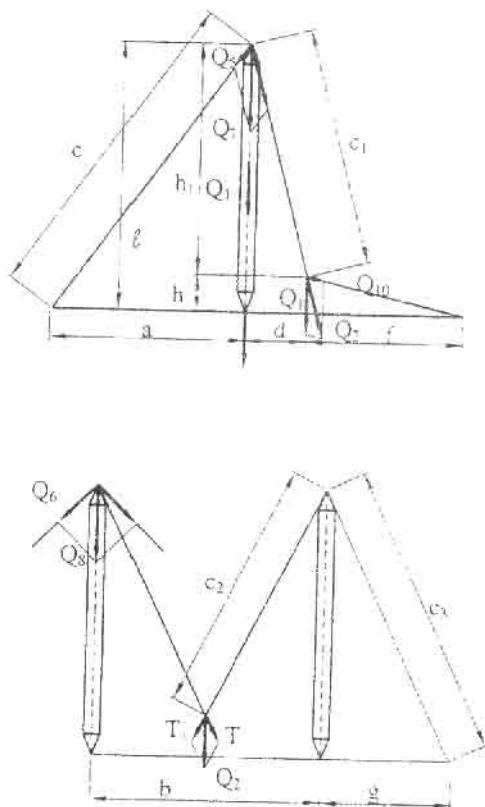


Рис.3.2. Расчетная схема определения усилий в двух мачтах при подъеме груза с оттяжкой

Кроме того, необходимо обеспечить правильность подъема, т.е. не превышать максимально допустимый перекося, возникающий вследствие возможной перегрузки одного из подлипаств. Перекося можно контролировать по отклонению низа аппарата при подъеме.

Основными расчетными нагрузками (рис. 3.2) являются:

- суммарная составляющая усилий в грузовых подлипастах

$$Q_2 = Q \cdot \frac{f \cdot e}{f \cdot n_1 + d \cdot h}$$

- усилия в грузовых полиспастах при симметричном подвесе груза относительно осей мачт

$$T = T_1 = Q_1 \cdot \frac{f \cdot c_2}{2(f \cdot h_1 - d \cdot h)};$$

- горизонтальная Q_3 и вертикальная Q_4 составляющие усилий в полиспасте T и T_1 , действующих в плоскости полиспаста (на рис. 3.2 не показаны),

$$Q_3 = T \cdot \frac{\sqrt{d^2 + (b/2)^2}}{c_2}; \quad Q_4 = T_1 \cdot \frac{h_1}{c_2};$$

- усилие в задней ванте

$$Q_5 = Q_1 \cdot \frac{f \cdot d \cdot c}{2(f \cdot h_1 - d \cdot h) \cdot a};$$

- усилие в боковой ванте

$$Q_6 = Q_1 \cdot \frac{f \cdot b \cdot c_3}{4(f \cdot h_1 - d \cdot h) \cdot g};$$

- усилие в тормозной оттяжке

$$Q_{10} = Q_1 \cdot \frac{d \cdot \sqrt{h^2 + f^2}}{f \cdot h_1 - d \cdot h};$$

- суммарное усилие на основание мачты

$$Q_{11} = Q_4 + Q_7 + Q_8 + P_o + P_m,$$

где $Q_7 = Q_5/2$ и $Q_8 = Q_6/2$; c – вертикальные составляющие усилий Q_5 и Q_6 , действующие по оси мачты; $P_o = S_1 \cdot \ell / c \cdot n$ – вертикальная составляющая от усилия предварительного натяжения (на рис. 3.2 не показана); P_m – вес мачты.

В приведенных выражениях приняты следующие обозначения: S_1 – усилие предварительного натяжения одной ванты (на рис. 3.2 не показано); Q_1 – расчетное усилие (вес груза и грузовых полиспастов); n – число вант на одной мачте; ℓ – длина мачты; a – расстояние от оси мачты до якоря задней ванты; c – длина задней ванты ($c = \sqrt{\ell^2 + a^2}$); b – расстояние между осями мачт; g – расстояние от оси мачты до якоря боковой ванты; d, f, h – расстояние от точки пересечения осей полиспастов, оттяжки и веса груза соответственно до основания мачты, до якоря оттяжки и от земли; $h_1 = \ell - h$; $c_1 = \sqrt{d^2 + h_1^2}$; $c_2 = \sqrt{c^2 + (b/2)^2}$; $c_3 = \sqrt{\ell^2 + g^2}$ – длина боковой ванты.

При монтаже колонных аппаратов методом поворота вокруг шарнира аппарат укладывают опорной частью к фундаменту и закрепляют в шарнире (рис. 3.3). Этот способ монтажа обычно применяется для подъема аппаратов колонного типа, металлических дымовых труб и высотных металлоконструкций, располагающихся на невысоких фундаментах (до 2 м), в связи со сложностью установки поворотных шарниров и соединения с ними поднимаемого оборудования на высоте. Подъем методом поворота вокруг шарнира имеет

следующие преимущества: а) максимальные нагрузки возникают в такелажной оснастке в начальный момент подъема, что повышает безопасность такелажных работ; б) вес поднимаемого оборудования может значительно превышать грузоподъемность такелажных средств.

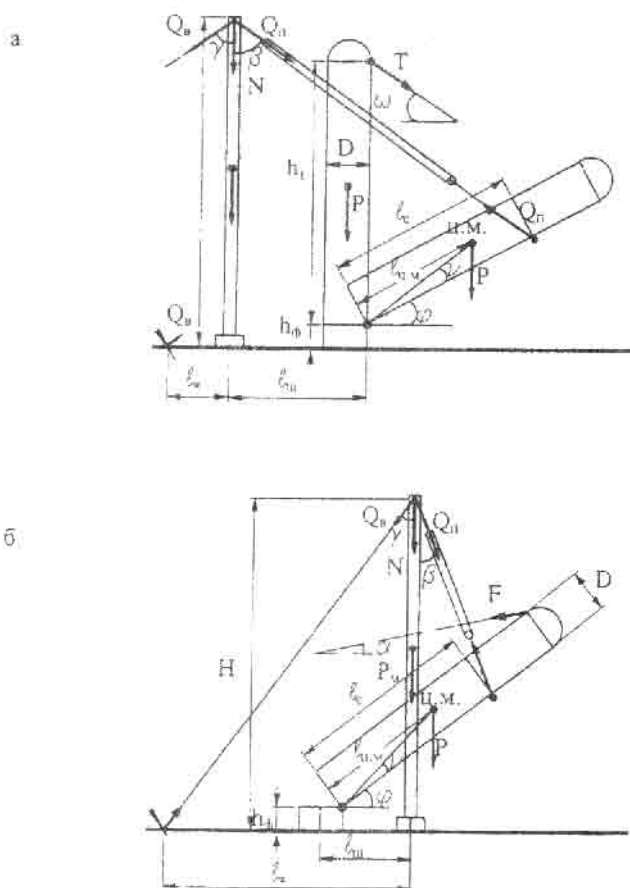


Рис. 3.3. Расчетная схема подъема аппарата методом поворота вокруг шарнира

Подъем аппарата выполняют одной или двумя мачтами; в последнем случае следует применять балансиры приверсы или непрерывно контролировать нагрузки на мачты по показаниям приборов. Приподняв верхний конец аппара-

та на 100+200 мм (это положение соответствует максимальным нагрузкам), проверяют надежность такелажной оснастки и грузоподъемных механизмов. Дальнейший подъем выполняют с периодическими остановками через каждые 15+20°. Перед моментом подхода аппарата к положению неустойчивого равновесия натягивают тормозной канат, который постепенно ослабляют при дальнейшем движении аппарата.

Применение этого способа подъема рекомендуется в том случае, когда высота мачт превышает высоту поднимаемого оборудования. Взаимное расположение мачт и поднимаемого оборудования может быть выполнено по двум вариантам.

Первый вариант. Мачты устанавливаются за поворотным шарниром (рис. 3.3а). В этом случае оборудование поднимается до нейтрального положения в один этап и далее с помощью тормозной оттяжки плавно опускается на фундамент в проектное вертикальное положение под действием собственной силы тяжести.

Второй вариант. Мачты устанавливаются между поворотным шарниром и центром массы поднимаемого аппарата (рис. 3.3б). В этом случае оборудование поднимается в два этапа: вначале с помощью мачт на максимально возможный угол, а затем дотягивающей системой до положения неустойчивого равновесия и, наконец, опускается в проектное положение тормозной оттяжкой. При этом варианте снижаются нагрузки на мачты, полиспасты и рабочие ванты по сравнению с первым вариантом. Одиночная мачта при втором варианте устанавливается рядом с поднимаемым аппаратом и наклоняется с расчетом расположения полиспаста в плоскости подъема аппарата.

Особенности этих вариантов являются основой для выбора одного из них.

При выборе места строповки оборудования необходимо исходить из следующих соображений:

а) учитывая в первую очередь соблюдение прочности корпуса аппарата или поднимаемой конструкции от действия собственной силы тяжести, наиболее целесообразным местом строповки (при расположении центра масс посредине поднимаемого аппарата) будет место на расстоянии $2/3$ высоты аппарата от его основания;

б) при необходимости снижения нагрузок на такелажную оснастку рекомендуется строить оборудование ближе к его вершине; при использовании парных мачт строповку оборудования следует выполнять с помощью балансирующей траверсы, уравнивающей нагрузку на оба полиспаста.

Для парных мачт, установленных за поворотным шарниром (рис. 3.3а), расчетное усилие в грузовом полиспасте при любом угле подъема аппарата Φ можно определить из выражения

$$Q_{\pi} = \frac{P \cdot l \cdot \cos(\varphi + \nu)}{2 \cdot (H \cdot \sin \beta - h_{\phi} \cdot \sin \beta - l_{\pi} \cdot \cos \beta)}$$

Это же усилие для мачт, установленных между поворотным шарниром и центром массы аппарата (рис. 3.3б):

$$Q_n = \frac{P \cdot \ell \cdot \cos(\varphi + \nu)}{2 \cdot (H \cdot \sin \beta - h_{\phi} \cdot \sin \beta + \ell_{ш} \cdot \cos \beta)},$$

где P – вес поднимаемого аппарата; ℓ – расстояние между шарниром и центром массы аппарата ($\ell = \sqrt{\ell_{ш.м.}^2 + r^2}$); $\ell_{ш.м.}$ – расстояние от основания аппарата до центра его массы; r – радиус аппарата; H – высота мачты; $\ell_{ш}$ – расстояние от оси шарнира до плоскости установки парных мачт; ℓ_{ϕ} – высота фундамента; ν – угол между образующей аппарата и линией, соединяющей шарнир с его центром масс.

Усилие в полиспасте Q_n для одиночной мачты в 2 раза больше.

Угол β между мачтой и грузовым полиспастом определяются графически путем построения схемы подъема в масштабе или по формуле:

$$\text{для схемы на рис. 3.3а} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\ell_c \cdot \cos \varphi + \ell_{ш}}{H - h_{\phi} - \ell_c \cdot \sin \varphi},$$

$$\text{для схемы на рис. 3.3б} \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\ell_c \cdot \cos \varphi - \ell_{ш}}{H - h_{\phi} - \ell_c \cdot \sin \varphi},$$

где ℓ_c – расстояние от основания аппарата до места его строповки.

По усилию Q_n рассчитывают грузовой полиспаст (т.е. подбирают полиспастные блоки; определяют диаметр роликов в блоке и их количество; находят усилие в сбегающей ветви полиспаста, по которому подбирают лебедку; подсчитывают диаметр и длину каната для оснастки полиспаста), а также подбирают тип и диаметр каната для гибкого стропа.

Усилие в задней ванте Q_a независимо от места расположения мачт:

$$Q_a = Q_n \frac{\sin \beta}{\sin \gamma},$$

где угол γ (между мачтой и вантой) определяется графически или из выражения $\operatorname{tg} \gamma = \ell_a / H$ (ℓ_a – расстояние от мачты до якоря ванта).

По усилию Q_a подбирают тип и диаметр каната для задней ванта и рассчитывают якорь для нее (т.е. определяют вес якоря или усилия в анкерных болтах и проверяют устойчивость якоря против горизонтального сдвига и опрокидывания).

Усилие в тормозной оттяжке определяется из выражения

$$T = \frac{P \cdot D}{2 \cdot h_{т} \cdot \cos \omega},$$

где D – диаметр аппарата; $h_{т}$ – расстояние от оси шарнира до точки крепления тормозной оттяжки; ω – угол между тормозной оттяжкой и горизонталью.

Суммарное усилие, действующее по оси мачты:

$$N = Q_n \cdot \cos \beta + (Q_a + n \cdot S_a) \cdot \cos \gamma + S_n + P_{ш},$$

где n – количество вант мачты, кроме рабочей (задней); S_a – усилие предварительного натяжения вант, равное 10–30 кН (на схеме рис. 3.3 не

показано); S_n – усилие в сбегающей ветви полиспаста ($S_n = Q_n(1 - \eta)/(1 - \eta^m)$, η – к.п.д. одного ролика в полиспасте; m – кратность полиспаста); P_m – вес мачты.

По усилию N проверяют прочность и устойчивость мачты на сжатие.

При установке мачт по варианту, представленному на рис. 3.3б, рассчитывают дотягивающую систему для подъема аппарата мачтами на втором этапе от угла подъема до положения неустойчивого положения. С этой целью определяют максимальное усилие F , задавая α -углом наклона дотягивающей системы к горизонту.

Кроме рассмотренных схем подъема цилиндрических аппаратов мачтами, используют также следующие варианты методов скольжения и поворота вокруг шарнира: 1) двумя наклонными мачтами с оттяжкой груза или без нее (рис. 3.4а); 2) с помощью одной наклонной или вертикальной мачты со строповкой за верх аппарата (рис. 3.4б) или за корпус (рис. 3.4в); 3) качающимися (одной или двумя) мачтами (рис. 3.4г); 4) в качестве мачты используется ранее установленный аппарат (рис. 3.4ж); 5) монтаж вертикальной мачтой при ее симметричном нагружении (рис. 3.4з); 6) монтаж аппаратов наклоняющимися («падающими») мачтами и шеврами (рис. 3.4и); 7) монтаж аппаратов методом скольжения без отрыва от земли (рис. 3.4к); 8) монтаж наклонной мачтой с вантой, закрепленной к строительным конструкциям, причем ванта может крепиться выше, ниже или на уровне оголовка мачты.

Каждая из перечисленных схем подъема аппарата обусловлена определенными факторами: взаимным расположением мачт, фундамента и аппарата перед подъемом; высотой установки аппарата; отношением высоты мачты к высоте аппарата.

Если высота и грузоподъемность мачты достаточны, то аппарат можно поднять и установить одной мачтой со строповкой за верх аппарата (рис. 3.4б). Если недостаточна только высота мачты, то аппарат может быть поднят со строповкой за корпус выше центра массы (рис. 3.4в). При большой высоте колонны для снижения центра массы аппарата и соответственно места строповки применяют дополнительный груз в нижней части колонны. В результате представляется возможным использовать мачты определенной грузоподъемности, но небольшой длины.

Иногда аппарат по ряду причин не удается перед подъемом уложить близко к месту установки. Поэтому требуется значительное усилие оттяжки аппарата, что приводит к большим перегрузкам мачт и оттяжек. В таких случаях целесообразно применять схему подъема одной или двумя качающимися мачтами (рис. 3.4г). Сущность заключается в том, что в начале подъема мачты наклонены в сторону лежащего аппарата. После стрыва аппарата от земли с помощью полиспастов, установленных на вантах, мачты вместе с висящим аппаратом приводят сначала в вертикальное положение, а затем наклоняют в сторону фундамента. При подъеме нескольких рядом устанавливаемых аппаратов эта схема монтажа дает значительный экономический эффект, так как отпадает необходимость перемещения мачт, что сокращает трудовые затраты и продолжительность монтажа.

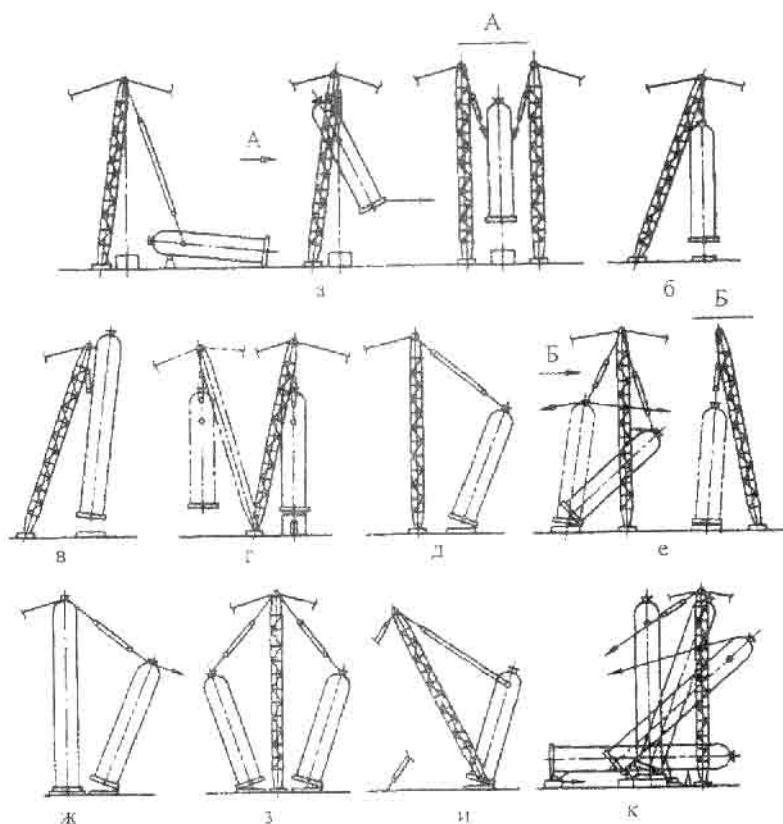


Рис. 3.4. Схемы монтажа вертикальных аппаратов мачтами:
а, б, в, г – методом скольжения с отрывом от земли; д, е, ж, з, и – методом поворота вокруг шарнира; к – методом скольжения без отрыва от земли

На рис. 3.4ж представлена схема подъема, когда в качестве мачты используется ранее установленный аппарат, предварительно снабженный грузовым полиспастом и вантами. Этот метод весьма эффективен, так как уменьшает расходы, связанные с установкой и демонтажом мачт.

При монтаже двух аппаратов, стоящих рядом и близких по габаритам и массе, целесообразно применять метод одновременного подъема этих двух аппаратов одной или двумя мачтами (рис. 3.4з). Благодаря симметричной нагрузке мачта работает только на сжатие без изгибающих моментов; в результате можно использовать такелажную оснастку меньшей грузоподъемности. Так, при грузоподъемности мачты 50 т и высоте 35 м можно поднять одновременно два аппарата общей массой 160 т и высотой до 50 м.

При монтаже по схеме, показанной на рис. 3.4и, «падающую» мачту укрепляют на опорной части аппарата и устанавливают вертикально или с небольшим наклоном в сторону верха аппарата. Вершину мачты канатом соединяют с верхом аппарата (длина этого каната остается при подъеме постоянной) и с тяговым механизмом. При натяжении каната мачта наклоняется и тянет за собой аппарат; когда мачта переместится в горизонтальное положение («упадет»), поднимаемый аппарат установится вертикально. При подходе к положению неустойчивого равновесия движение аппарата замедляют тормозной оттяжкой. При большой массе аппарата целесообразно поднимать его А-образным «падающим» шевром.

При подъеме колонны методом скольжения без отрыва от земли (рис. 3.4к) опорную часть колонны сначала подтаскивают к фундаменту, а затем поднимают поворотом в шарнирном устройстве. Поскольку при скольжении нагрузки на такелажные средства значительно меньше силы тяжести аппарата, то, как и при работе по методу поворота вокруг шарнира, удается использовать такелажные средства грузоподъемностью меньше массы монтируемого аппарата. Следует отметить, что при монтаже методом поворота вокруг шарнира в начальный момент возникают значительные горизонтальные нагрузки, передающиеся через шарнир на фундамент, что в ряде случаев недопустимо. При использовании метода скольжения без отрыва от земли такие нагрузки не возникают, так как в шарнир аппарат устанавливают в наклонном положении. При подъеме аппарата его нижнюю часть на тележке или санях перемещают к фундаменту и далее, используя в качестве опоры прикрепленную к аппарату ось, передвигают по фундаменту до соединения с пятой поворотного шарнира, предварительно закрепленного около фундамента. После соединения оси в шарнире аппарат поворачивают до проектного положения.

Преимущества метода скольжения по сравнению с методом поворота вокруг шарнира: простота и минимальные затраты на подготовительные работы и оснастку; возможность установки аппаратов на высокие фундаменты. Однако при работе по методу скольжения грузоподъемность монтажных механизмов должна быть равна массе аппарата или превосходить ее. Другой недостаток – нагрузка на такелажную оснастку максимальна только в конце подъема. В связи с этим для обеспечения безопасных условий труда монтажников к такелажной оснастке предъявляют повышенные требования.

Метод поворота вокруг шарнира наиболее эффективен при подъеме отдельно стоящих тяжелых аппаратов, устанавливаемых на низкие фундаменты. Преимущества этого метода: масса монтируемого аппарата может почти в 2 раза превышать грузоподъемность монтажных механизмов, что позволяет расширить область применения грузоподъемного оборудования; требуется меньше такелажной оснастки; нагрузки на грузоподъемное оборудование, такелажную оснастку и поднимаемый аппарат максимальна в начальный момент подъема. Последнее обстоятельство позволяет обезопасить труд монтажников, так как грузоподъемное оборудование и оснастку можно испытать уже в начале монтажа аппарата. Недостатки метода: относительно высокие затраты на под-

готовительные и вспомогательные работы, связанные с изготовлением и установкой дорогостоящего шарнира, с применением специальных разъемных анкерных болтов; невозможность установки аппаратов на высокие (более 1+2 м) фундаменты.

Портал по сравнению с мачтами обладает большей грузоподъемностью. Преимуществами метода монтажа порталами являются возможность перемещения монтируемого оборудования в плоскости портала и некоторое уменьшение такелажной оснастки. Монтаж порталами удобен при установке большого числа аппаратов в один ряд.

При монтаже порталами можно использовать метод скольжения (рис.3.5а), метод поворота вокруг шарнира, безъякорный метод. Один из основных недостатков портала – ограничение высоты монтируемого оборудования высотой портала. Этого недостатка можно избежать, применив схему подъема, показанную на рис. 3.5б, при этом высота портала составляет $0,55-0,65$ высоты аппарата. Строповку осуществляют не по оси аппарата, как обычно, а за строповочную консоль, расположенную сбоку аппарата, немного выше его центра масс, и закрепляемую на корпусе аппарата с помощью бандажей. Консоль обеспечивает выведение аппарата при его повороте в вертикальной плоскости из пространства, занимаемого порталом.

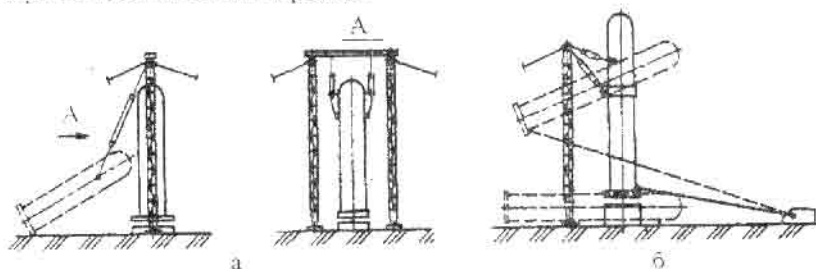


Рис.3.5 Схемы монтажа аппарата порталом:

а – методом скольжения с отрывом от земли; б – с использованием консоли

Сначала аппарат поднимают до высоты, несколько превышающей положение центра масс в рабочем состоянии аппарата. Затем аппарат оттягивают за нижнюю часть, при этом он поворачивается в вертикальной плоскости вокруг места строповки и выводится из плоскости портала. Длину консоли подбирают так, чтобы корпус аппарата при развороте не соприкасался с ригелем портала. Аппарат устанавливают на фундамент последовательными операциями опускания и оттягивания. Такой способ монтажа требует точной установки опор портала относительно фундамента, в противном случае затруднена установка аппарата на анкерные болты.

Сущность безъякорного метода монтажа с помощью самомонтирующегося портала заключается в следующем (рис. 3.6). Портал 1 поднимают из исходного

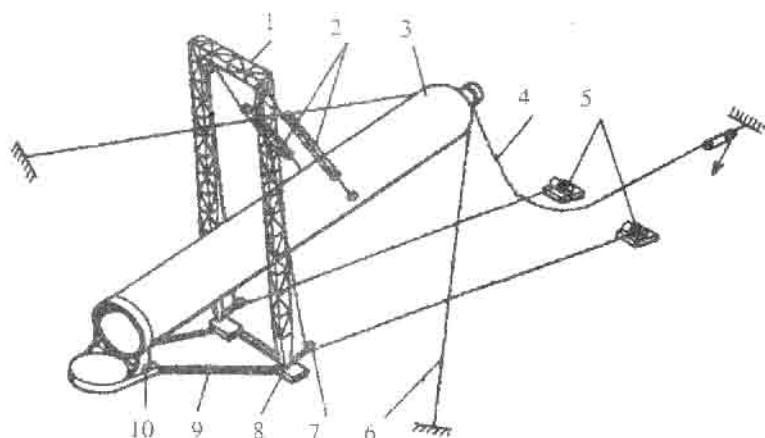


Рис 3.6. Схема монтажа безъякорным методом

1 – портал; 2 – полиспасты; 3 – аппарат; 4 – тормозная оттяжка; 5 – лебедки; 6 – боковые ванты; 7 – отводные блоки; 8 – шарнирная опора; 9 – стяжка; 10 – поворотный шарнир

горизонтального положения в наклонное полиспастами 2, используя поднимаемый аппарат 3 в качестве «якоря», который в начальный момент также находится в горизонтальном положении. При некотором угле подъема портала начинает подниматься аппарат. В процессе подъема аппарат и портал поворачиваются соответственно вокруг поворотного шарнира 10 и шарнирной опоры 8, соединенных между собой стяжкой 9. Стяжка служит для предотвращения горизонтального сдвига опор портала и перекоса оси поворотного шарнира в горизонтальной плоскости. Изготавливается стяжка из стального каната, проката или труб. Для подъема аппарата используют две лебедки 5, к барабанам которых через отводные блоки 7 крепятся сбегающие ветви полиспастов 2. При сокращении длины полиспастов аппарат постепенно поднимается, а портал совершает сложное движение. Сначала при малых углах подъема аппарата (до $5+10^\circ$) в зависимости от соотношения масс портала и аппарата угол наклона портала к горизонту увеличивается (до $70+85^\circ$), а затем уменьшается. Длина полиспаста уменьшается до тех пор, пока не будет достигнуто положение неустойчивого равновесия системы аппарат-портал. При подходе к этому положению включают тормозную оттяжку 4 и одновременно натягивают, при необходимости, боковые ванты 6 аппарата. После установки аппарата в вертикальное положение его закрепляют на фундаментных болтах, а портал опускают в исходное положение включением реверса лебедок. Таким образом, процесс установки оборудования безъякорным способом состоит из трех этапов:

- самоподъем портала до момента начала подъема аппарата;

- подъем аппарата с одновременным опусканием портала;
- доводка аппарата в проектное положение с одновременным опусканием портала.

Кинематическая схема безъякорного способа подъема представляет собой четырехзвенный механизм, у которого ведущее звено (грузовой полиспаст) имеет переменную длину, а остальными звеньями постоянной длины являются аппарат, земля и портал. Замкнутая система взаимно уравновешивающихся сил исключает действие горизонтальных нагрузок на фундамент поднимаемого аппарата.

Преимущества безъякорного метода подъема: отсутствие вант и якорей к ним; незначительное превышение габаритов монтажной площадки по сравнению с габаритами поднимаемого аппарата, что весьма важно при монтаже в стесненных условиях; отсутствие необходимости поднимать и устанавливать в рабочее положение мачтовые подъемники с помощью дополнительных кранов или такелажных средств; отсутствие горизонтальных нагрузок на фундамент. К недостаткам данного метода подъема можно отнести: чувствительность системы к осадке опор портала; необходимость сооружения фундамента под опорные стойки портала при монтаже аппаратов свыше 250 т в связи с большими усилиями, возникающими в опорно-поворотном шарнире.

Расчетная схема безъякорного метода представлена на рис. 3.7

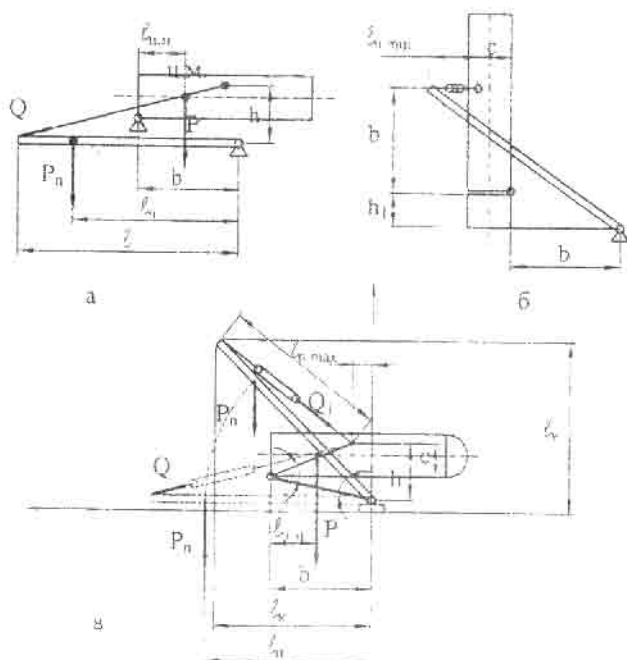


Рис.3.7 Расчетная схема определения усилий в элементах такелажной оснастки

Угол наклона портала к горизонту (рис. 3.7а) в начальный момент подъема аппарата в случае $a = 0$ можно рассчитать по формуле

$$\alpha_0 = \arcsin \left[\left(\frac{P \cdot \ell_{u.n} \cdot \ell}{P_n \cdot \ell_n \cdot b} + 1 \right) \cdot \frac{h \cdot b}{\ell \cdot \sqrt{c^2 + b^2}} \right] - \beta,$$

где $\beta = \arctg (c/b)$.

Угол наклона аппарата к горизонту в момент неустойчивого равновесия системы аппарат-портал определяется из выражения

$$\varphi_1 = \arcsin \left(\frac{b \cdot h_1}{l^2} + \sqrt{\frac{P^2 \cdot \ell_{u.n}^2 - P_n^2 \cdot \ell_n^2}{P^2 \cdot \ell_{u.n}^2 - P_n^2 \cdot \ell_n^2 \cdot b^2 / \ell^2}} \right) - \beta.$$

Угол подъема портала α_0 при некотором угле наклона аппарата ($\varphi = 0 + 90^\circ$), когда система аппарат-портал находится в равновесии (так называемый равновесный угол подъема портала на второй стадии подъема), находится следующим образом (при любых значениях a):

$$\begin{aligned} \sin(\varphi + \alpha_0) - A \cdot \cos \psi \left(\frac{\ell_n}{\ell} \cdot \cos \omega - \frac{b}{\ell} \right) \cdot \lg \alpha_0 = \\ = A \cdot \cos \psi \left(\frac{\ell_n}{\ell} \cdot \sin \omega + \frac{h_1}{\ell} \right) + \frac{b}{\ell} \cdot \sin \omega + \frac{h_1}{\ell} \cdot \cos \omega, \end{aligned}$$

где $A = (P \cdot \ell_{u.n} \cdot \ell) / (P_n \cdot \ell_n \cdot \ell_0)$; $\ell_0 = \sqrt{c^2 + (b-a)^2}$; $\beta = \arctg [c / (b-a)]$.

Это уравнение решается методом последовательных приближений. Сначала вычисляют правую часть уравнения как не зависящую от величины α_0 . Затем рассчитывают левую часть уравнения при различных α_0 , добиваясь равенства правой и левой частей уравнения. По этому же уравнению можно найти α_0 в том случае, когда $a \neq 0$.

Усилие в грузовых полиспастах в начальный момент подъема портала, когда $\alpha = 0$ и $\varphi = 0$ (рис. 3.7а):

$$Q_0 = \frac{P_n \cdot \ell_n \cdot \sqrt{\ell^2 + h^2}}{\ell \cdot h}.$$

Усилие в грузовых полиспастах для любого положения поднимаемого портала (аппарат находится в горизонтальном положении, $\varphi = 0$) находится из выражения

$$Q = P_n \cdot \frac{\ell_n}{l} \cdot \frac{\sqrt{(\ell_n/h - a/h)^2 + (\ell_n/h - l)^2}}{1 - a \cdot \ell_n/h \cdot \ell_n}.$$

При $a = 0$ (наиболее рациональная схема)

$$Q = P_n \cdot \frac{\ell_n}{\ell} \cdot \sqrt{\left(\frac{\ell_n}{h} \right)^2 + \left(\frac{\ell_n}{h} - 1 \right)^2}.$$

где $\ell_x = \ell \cos \alpha$ и $\ell_y = \ell \sin \alpha$ - проекции длины портала на горизонтальную и вертикальную плоскости.

Усилие в грузовых полиспадах при любом угле подъема аппарата φ может быть определено следующим образом:

$$Q_1 = \frac{P_n \cdot \ell_n \cdot \cos \alpha_p}{\ell \cdot \sin(\alpha_p - \gamma_1)},$$

где γ_1 - угол наклона грузового полиспаста к горизонту; γ_1 определяется по формуле

$$\gamma_1 = \arctg[(\ell \sin \alpha_p - \ell_n \sin \omega - h_1)/(\ell \cos \alpha_p + \ell_n \cos \omega - b)].$$

Если принять $\alpha_p = \alpha_0$, то получим усилия в полиспадах в начальный момент подъема аппарата, когда $\varphi = 0$.

В вышеприведенных уравнениях приняты следующие обозначения (рис.3.7): p и p_n - вес поднимаемого аппарата и портала соответственно; $\ell_{ц.м.}$ - расстояние по оси аппарата от его шарнира до центра массы; ℓ_n - расстояние по оси портала от его шарнира до центра массы портала; b - расстояние по горизонтали между шарнирами аппарата и портала; ℓ - длина портала; h - расстояние по вертикали между точкой строповки аппарата и шарниром портала в исходном положении; h_1 - высота фундамента под аппарат над шарниром портала; c - расстояние по вертикали от образующей аппарата до точки строповки ($c = h - h_1$); a - расстояние между вертикальной осью, проходящей через шарнир портала, и точкой строповки аппарата в исходном положении; α - угол наклона портала к горизонту; φ - угол наклона аппарата к горизонту; β - угол между образующей аппарата и линией, соединяющей его шарнир с точкой строповки, в исходном положении; $\omega = (\varphi + \beta)$ - угол, определяющий положение точки строповки в наклонном положении аппарата; $\epsilon = \arctg(\pi/\ell_{ц.м.})$ - угол между нижней образующей аппарата и линией, соединяющей его шарнир с точкой центра масс, в исходном положении; $\psi = (\varphi + \epsilon)$ - угол, определяющий положение центра масс в наклонном положении аппарата; r - расстояние от шарнира аппарата до его центра массы по ширине аппарата; γ - угол наклона полиспаста к горизонту.

При монтаже методом выжимания опора аппарата разрезается и снабжается поворотным шарниром. Нижняя часть опоры с половиной шарнира крепится к фундаменту, верхняя с другой половиной шарнира остается на аппарате. Перед подъемом аппарат краном подтаскивается к фундаменту, нижняя часть его заводится в поворотный шарнир (т.е. половины шарнира соединяются и вставляется ось), а верхняя приподнимается, насколько это возможно, и укладывается на временную опору, в качестве которой используются шпальная выкладка или металлические козлы.

Подъем аппарата 1 производится с помощью одной, двух или трех рамных опор 2 (подъемных подпорок) - см. рис. 3.8 и рис. 3.9. Верхний конец каждой

подпорки шарнирно закреплен на аппарате, а нижний, перемещаясь, создает необходимое для подъема аппарата усилие. Для соединения верхнего конца подпорки с аппаратом выше его центра массы крепится или приваривается поворотная цапфа 3, находящаяся на уровне верхней образующей аппарата или выше ее. Рамная опора обеспечивает хорошую боковую устойчивость аппарата, поэтому боковые ванты обычно не применяют.

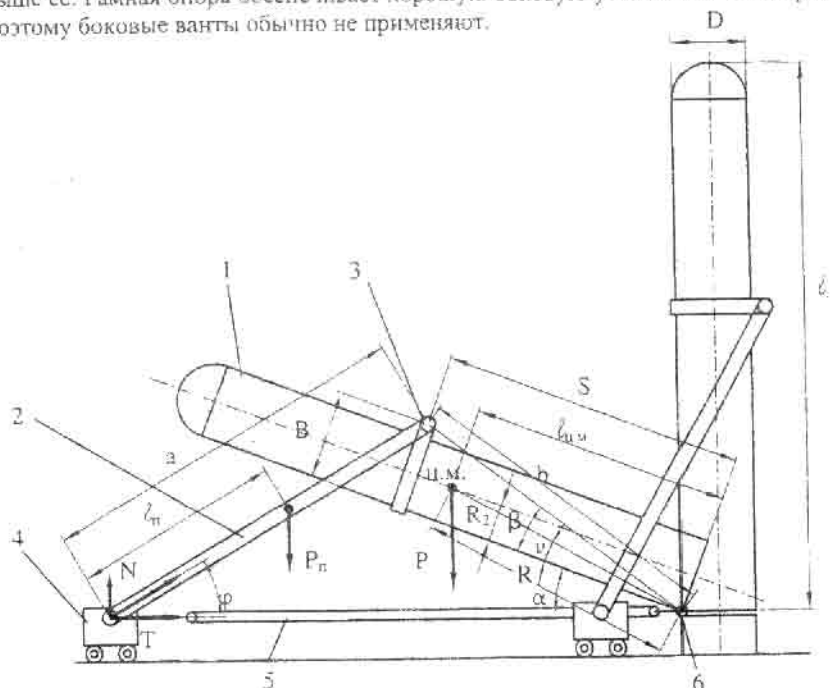


Рис.3.8. Расчетная схема для определения усилий при подъеме аппарата одной рамной опорой (промежуточное и конечное положения):

1 – аппарат; 2 – рамная опора; 3 – поворотная цапфа; 4 – каретка; 5 – полиспаст; 6 – поворотный шарнир

Нижние концы подъемных подпорок шарнирно опираются на каретки 4 или тележки, катящиеся под действием тягового усилия по рельсовому пути. При подъеме оборудования массой до 80 т каретки выполняются однокатковыми, при массе более 80 т – в виде тележек. Расположение кареток под центром массы оборудования и ближе к поворотному шарниру 6 на всех стадиях подъема не допускается. Подъем аппарата осуществляется двумя полиспастами 5, соединяющими поворотный шарнир аппарата с каретками. Сбегающие ветви этих полиспастов направляются к барабанам лебедок (на схемах не показаны).

При монтаже колонны методом выжимания необходимо обеспечить а) перемещение нижней части рамной опоры вдоль оси поднимаемого аппа-

рата; б) наличие тормозной оттяжки, используемой при перемещении аппарата из положения неустойчивого равновесия в вертикальное; в) шарнирное соединение ригелей рамных опор с поднимаемым аппаратом; г) достаточную продольную жесткость подпорок и аппарата; д) расположение направляющих под нижние части рамных опор на одном уровне.

Аппарат, выжимающие подпорки и полиспаст образуют замкнутую систему, от которой усилия на фундамент не передаются. Фундамент воспринимает только усилия от сбегающих ветвей полиспастов. Грузовые полиспасты располагаются внизу, что обеспечивает удобный контроль за их состоянием во время подъема.

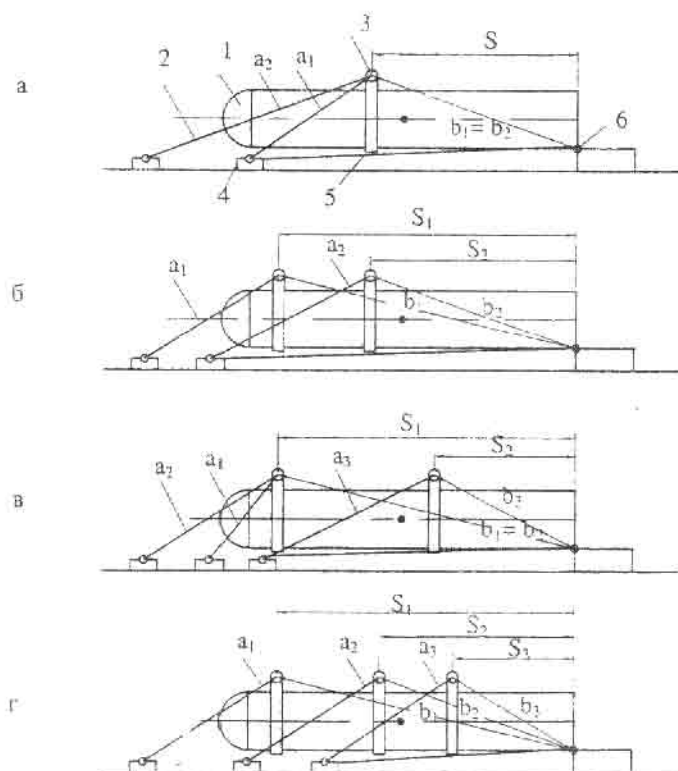


Рис.3.9. Подъем аппарата (исходное положение):

а, б – двумя рамными опорами; в, г – тремя рамными опорами; 1 – аппарат; 2 – рамная опора; 3 – поворотная цапфа; 4 – каретка; 5 – полиспаст; 6 – поворотный шарнир

Простейшим вариантом является подъем с использованием одной достаточно длинной подпорки, позволяющей поднять аппарат из горизонтального или слегка наклонного положения в вертикальное (рис. 3.8). При этом в начале подъема угол наклона подпорки к горизонту оказывается малым, а усилие в ней и полиспасте – большим (примерно в 1,5 раза больше веса аппарата). Для уменьшения начальных усилий используют две или три последовательно работающие подпорки разной длины. Каждая подпорка опирается на свою каретку, снабженную полиспастом. С целью уменьшения усилий сначала используется более короткая подпорка или подпорка, расположенная ближе к вершине аппарата, а затем – более длинная или расположенная ближе к его основанию.

На практике используются следующие варианты подъема двумя и более подпорками:

- 1) двумя рамными опорами, закрепленными в одной точке аппарата (рис. 3.9а);
- 2) двумя рамными опорами, закрепленными в разных точках аппарата (рис. 3.9б);
- 3) тремя рамными опорами, две из которых закреплены в одной точке аппарата (рис. 3.9в);
- 4) тремя рамными опорами, закрепленными в трех точках аппарата (рис. 3.9г)

Основными расчетными параметрами являются:

1. Угол неустойчивого равновесия аппарата

$$\alpha_{н.р.} = 90^\circ - \arctg(R_2/\ell_{ц.м.}),$$

где R_2 – расстояние от шарнира до оси аппарата (проходящей через центр массы); $\ell_{ц.м.}$ – расстояние от шарнира до центра массы по длине аппарата.

2. Продольное усилие (сжатие) в подпорке с учетом ее веса в процессе подъема (аппарат поднят на угол α)

$$Q = \frac{P \cdot R \cdot \cos(\alpha + \psi)}{b \cdot \sin(\alpha + \beta + \varphi)} + \frac{P_n \cdot \ell_n \cdot \cos \varphi}{a \cdot \lg(\alpha + \beta + \varphi)},$$

где P – вес аппарата; R – кратчайшее расстояние от оси шарнира аппарата до его центра массы; b – кратчайшее расстояние от оси шарнира аппарата до точки крепления подпорки (до оси поворотной цапфы); P_n – вес подпорки; ℓ_n – расстояние от нижнего конца подпорки до ее центра массы; a – длина подпорки; φ – угол наклона подпорки к горизонту; α – угол наклона аппарата к горизонту.

$$\text{Очевидно, } R = \sqrt{\ell_{ц.м.}^2 + R_2^2}, \quad b = \sqrt{S^2 + a^2}.$$

Углы β и γ постоянны и рассчитываются по формулам

$$\beta = \arctg(B/S), \quad \gamma = \arctg(R_2/\ell_{ц.м.}),$$

где B – расстояние по ширине аппарата от оси его шарнира до оси поворотной цапфы (т.е. до верхнего конца подпорки); S – расстояние по длине аппарата от оси его шарнира до оси поворотной цапфы.

Угол φ находится из соотношения

$$\sin \varphi = \frac{b \cdot \sin(\alpha + \beta)}{a} + \frac{h}{a}.$$

3. Сила прижатия каретки к рельсам, действующая вертикально вниз:

$$N = P_n + Q \cdot \sin \varphi - Q_1 \cdot \cos \varphi.$$

Здесь поперечная составляющая силы давления аппарата на подпорку Q_1 составляет

$$Q_1 = \frac{P_n \cdot l_n \cdot \cos \varphi}{a}.$$

4. Усилие в полиспасте в процессе подъема аппарата:

- без учета трения каретки о рельсы

$$T = Q \cdot \cos \varphi + Q_1 \cdot \sin \varphi;$$

- с учетом трения

$$T_1 = T + f \cdot N,$$

где f – коэффициент трения качения каретки по рельсовому пути.

При подъеме двумя или тремя подпорками предварительно определяется область применения (пределы углов α) каждой подпорки. Затем по вышеприведенным формулам рассчитываются усилия отдельно для каждой области.

При монтаже вертикальных аппаратов успешно используют гидравлические подъемные механизмы. По кинематической схеме способ подъема аппаратов гидроподъемником относится к безъякорным и называется способом выталкивания (рис. 3.10). Перед подъемом аппарат 1 с помощью крана укладывается нижней частью в шарнир 5, а верхней – на козлы или шпальную выкладку 2. Стойки гидроподъемника 3 устанавливаются по обе стороны аппарата и расчаливаются. Опоры стоек соединяются стяжками 4 или полиспастами с поворотным шарниром поднимаемого аппарата.

При перемещении подъемных устройств (каретки и траверсы) вдоль стоек поднимаемая колонна поворачивается вокруг шарнира; одновременно вокруг шарнирных опор поворачиваются стойки гидроподъемника. При подходе к положению неустойчивого равновесия включается тормозная оттяжка 6. Если длина стоек недостаточна, то аппарат переводят в вертикальное положение методом выжимания, перемещая опоры стоек гидроподъемника полиспастами, связывающими опоры стоек с поворотным шарниром аппарата. При этом стойки движутся по металлическим листам, смазанным солидолом.

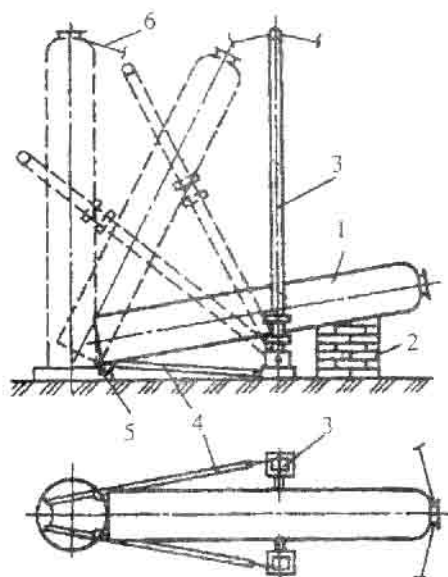


Рис.3.10. Схема монтажа аппарата гидроподъемником:
1 – аппарат; 2 – шпальная выкладка; 3 – гидроподъемник; 4 – стяжка; 5 – шарнир; 6 – тормозная оттяжка

3.2. Монтаж оборудования самоходными стреловыми кранами

Все описанные выше методы монтажа вертикальных цилиндрических аппаратов мачтами применимы и при монтаже стреловыми кранами.

Аппараты в проектное положение можно устанавливать:

- методом поворота вокруг шарнира одним или двумя кранами; со строповкой за верх аппарата или за корпус; с доводкой в вертикальное положение вантами и с применением тормозной оттяжки; с передвижением крана (кранов), поворотом стрелы, с изменением вылета крюка или с одной установки крана; метод применяют для оборудования, устанавливаемого на нулевой отметке либо на невысоком фундаменте;

- одним или двумя кранами методом скольжения опорной части аппарата с подтаскиванием его низа в процессе подъема; с оттяжкой при наличии высокого фундамента; со строповкой аппарата за верх или за корпус; без передвижения или с передвижением крана (кранов); с отрывом низа аппарата от саней и без отрыва; метод можно применять для монтажа оборудования на высоком фундаменте.

Некоторые варианты монтажа оборудования стреловыми кранами представлены на рис. 3.11.

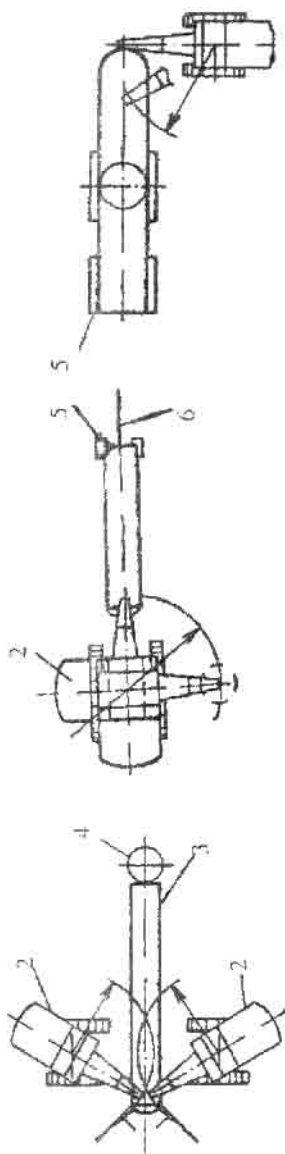
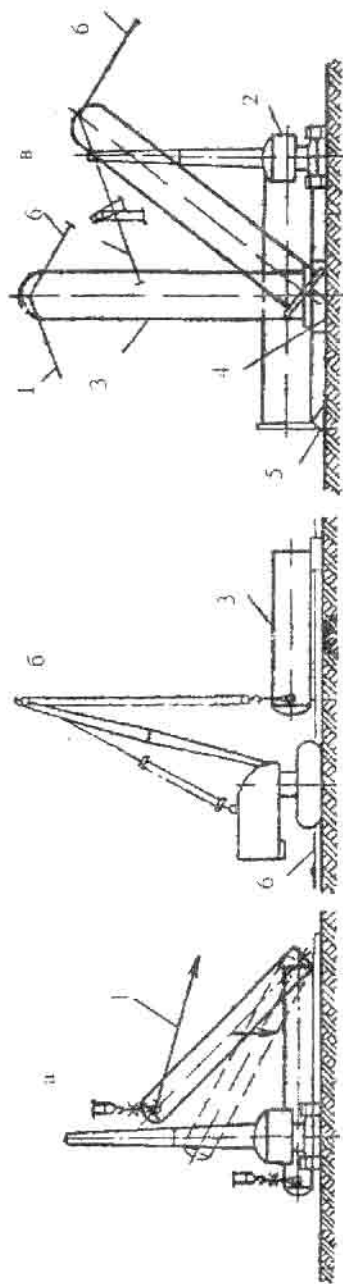


Рис. 3.11. Схемы методов монтажа вертикальных аппаратов стреловыми кранами:

а - подъем аппарата методом поворота вокруг шарнира двумя кранами с доводкой выгатами; б - подъем аппарата методом скольжения одним краном с отрывом аппарата от грунта; в - подъем аппарата методом скольжения одним краном без отрыва от грунта; 1 - догайивающая ванга; 2 - стреловая ванга; 3 - аппарат; 4 - фундамент; 5 - сани; 6 - тормозная оттяжка

На рис. 3.11а показан подъем аппарата методом поворота вокруг шарнира двумя кранами (с поворотом стрел кранов) с доводкой в вертикальное положение вантами и применением тормозной оттяжки; на рис. 3.11б – подъем аппарата методом скольжения одним краном с подтаскиванием низа аппарата в процессе подъема, с отрывом аппарата от грунта, переносом на ось установки (поворотом стрелы) и опусканием в проектное положение; на рис. 3.11в – подъем аппарата методом скольжения одним краном без отрыва низа аппарата от грунта, с установкой крана не по оси фундамента, с доводкой аппарата в вертикальное положение вантами и применением тормозной оттяжки.

Выбранный метод должен обеспечить работу крана в процессе подъема без увеличения против расчетного вылета стрелы и высоты подъема крюка. Стреловое оборудование крана должно давать возможность размещать аппарат в подстреловой зоне (определяется прочерчиванием). Если высота аппарата превышает высоту подъема крюка крана, можно применять строповку аппарата за корпус (за монтажные штуцера, приваренные на расстоянии, равном примерно $2/3$ высоты аппарата). Аппарат в этом случае поднимают в наклонном положении. Место строповки следует выбирать с таким расчетом, чтобы при опускании на анкерные болты угол отклонения аппарата от вертикали не превышал 15° . При подъеме аппарата двумя кранами следует с помощью балансирных траверс обеспечить распределение нагрузок на каждый кран в соответствии с их грузоподъемностью.

В монтажной практике используются различные способы повышения грузовысотных характеристик стреловых кранов: применение опорной стойки (подпорки) под аппарат; применение стреловых кранов с временно расчаленной стрелой; применение кранов с опирающимися стрелами; применение кранов со стрелами, соединенными ригелем; применение крана с использованием разгрузочного устройства.

Монтаж оборудования стреловыми кранами строповкой за опорную стойку под аппарат (рис. 3.12) применяют в тех случаях, когда высота аппарата значительно превышает высоту подъема крюка крана. Метод монтажа – поворот аппарата вокруг шарнира. До начала монтажа на аппарате укрепляется опорная стойка, представляющая собой сварную пространственную конструкцию, как правило, треугольного сечения. Соединение стойки с аппаратом шарнирное. К шарнирной опоре аппарата крепится металлическая тяга либо стягивающий полиспаст.

Подъем осуществляется в два этапа. На первом этапе аппарат за его верхний штуцер краном (кранами) поднимают на максимально возможную высоту подъема крюка. В этом положении аппарат фиксируют, соединяя низ опорной стойки с тягой (или стягивающим полиспастом). Аппарат вместе с опорной стойкой и тягой образуют жесткий треугольник, при этом нижний конец опорной стойки через шпальную выкладку упирается в грунт. На втором этапе подъема краны (через балансирную траверсу) стропятся за нижний конец опорной стойки. Поднимая кранами основание опорной стойки, а следовательно, и аппарат, перемещают последний в вертикальное положение

без доводки вантом. В положении неустойчивого равновесия в работу включается тормозная оттяжка.



Рис.3.12. Схема подъема аппарата с применением опорной стойки: а, б – этапы подъема; 1 – опорная стойка; 2 – аппарат; 3 – тяга или полиспаст; 4 – тормозная оттяжка

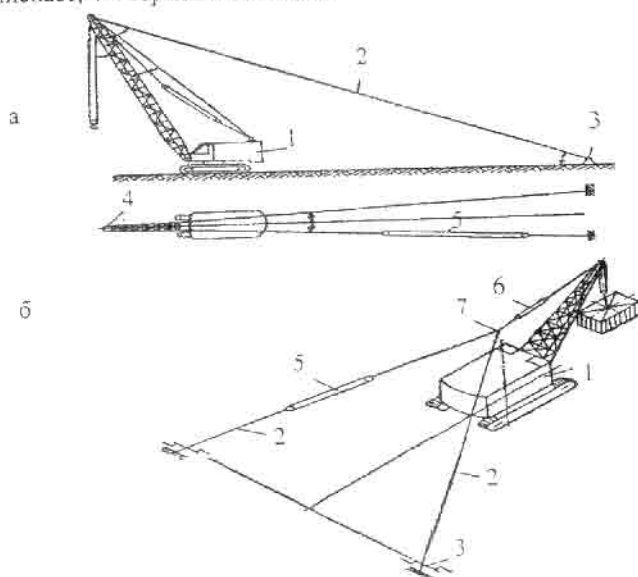


Рис.3.13. Краны с расчлененными стрелами: а – неманевренная стрела; б – маневренная стрела; 1 – кран; 2 – расчалка ветви системы расчливания; 3 – якорь с лебедкой; 4 – уравнильный блок; 5 – полиспаст ветви системы расчливания; 6 – полиспаст системы расчливания; 7 – соединительная траверса

Монтаж оборудования самоходными стреловыми кранами с временно расчлененными стрелами (рис. 3.13) применяют, если масса оборудования превышает паспортную грузоподъемность крана и если условия монтажной площадки позволяют разместить необходимые расчалки.

Временное расчленение стрелы может быть маневренным (рис. 3.13б) и неманевренным (рис. 3.13а). Краны с неманевренными расчлененными стрелами применяют при установке оборудования, когда можно ограничиться операциями лишь по подъему, опусканию крюка и изменению вылета стрелы. В случае если в процессе подъема возникает необходимость поворачивать платформу с грузом на крюке, применяют маневренные расчлененные стрелы. Поворот платформы крана при этом допускается в пределах сектора, образованного продолжением горизонтальных проекций ветвей расчалки. Во всех случаях центральный угол сектора обслуживания не должен превышать 120° . Неманевренное расчленение стрел выполняют одно-, двух- или трехветвевой расчалкой (рис.3.14). Расчалки необходимо располагать следующим образом: одноветвевую — в вертикальной плоскости подвеса стрелы; многоветвевая расчалка должна иметь равнодействующую усилий натяжения ветвей в вертикальной плоскости подвеса стрелы. Для балансировки нагрузок в ветвях многоветвевых расчалок применяют одно- и многорольные блоки и регулировочные полиспасты.

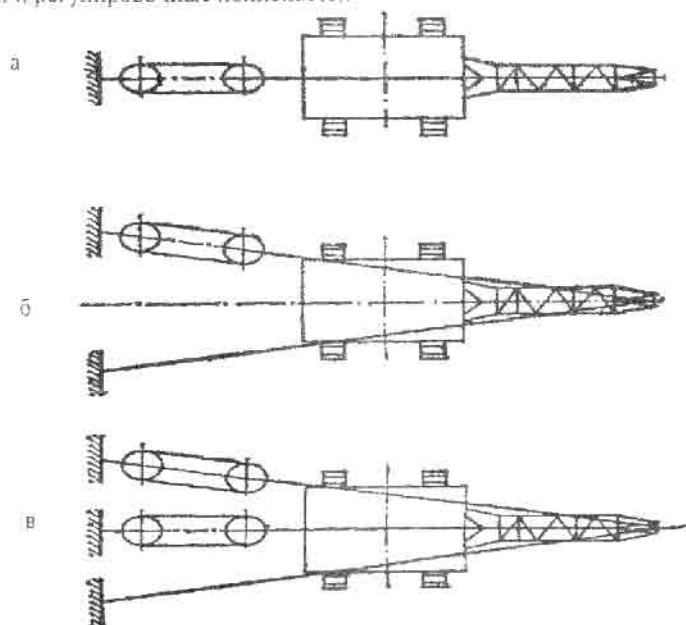


Рис.3.14. Виды систем неманевренного расчленения стрел кранов:
а — одноветвевая; б — двухветвевая; в — трехветвевая

В систему маневренного расчаливания стрелы крана (рис. 3.13б) входят: траверса 7, соединяющая полиспаст расчалки 6 и ее ветви 2 (несбалансированные между собой и имеющие регулировочные полиспасты 5); приборы контроля за расположением элементов расчалки при эксплуатации крана; датчик контроля положения полиспаста расчалки относительно оси стрелы; устройство, обеспечивающее контроль за положением соединительной траверсы относительно оси поворота платформы крана.

Расчалку к стреле крана следует крепить за ось неподвижного блока грузового полиспаста (рис. 3.15). Соединительную траверсу (поз. 4 на рис. 3.15 и поз. 7 на рис. 3.13б) выполняют в виде равнобедренного треугольника, к одной из вершин которого (за ролик либо ось) крепят полиспаст расчалки, а к двум другим - ветви.

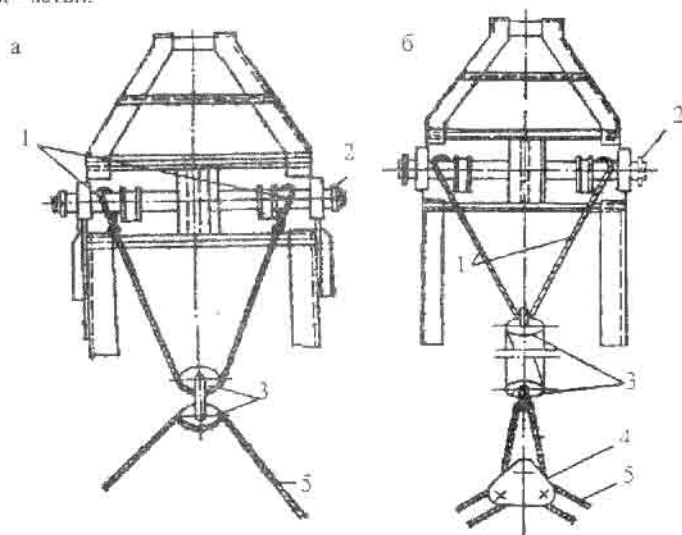


Рис.3.15. Крепление систем расчаливания за ось неподвижного блока грузового полиспаста:

а - неманевренная стрела; б - маневренная стрела; 1 - места крепления расчалок; 2 - места крепления стрелового полиспаста; 3 - балансирные ролики (полиспаст системы расчаливания); 4 - траверса; 5 - расчалки

Траверса, как правило, бывает роликовой, либо вместо роликов делают оси из труб. Полиспаст расчалки (поз. 6 на рис. 3.13б и поз. 3 на рис. 3.15) для изменения вылета стрелы следует располагать в плоскости подвеса стрелы; сбегаящая ветвь этого полиспаста направляется на барабан лебедки вспомогательного подъема. При этом стрелоподдерживающая система крана должна быть ослаблена и не должна воспринимать нагрузки от массы стрелы и

груза. Для крепления ветвей расчалок используются наземные якоря с лебедками.

При установке стрел самоходных стреловых кранов на опорные стойки (рис. 3.16) грузоподъемность кранов может превышать паспортную в 1,5 раза. Особенностью этого метода является также возможность подъема оборудования, высота которого почти в 2 раза может превышать высоту подъема крюка крана. В качестве опорных стоек используются А-образные шевры. Метод монтажа – скольжение с отрывом аппарата от земли, поэтому опорная часть аппарата при подъеме подтаскивается к фундаменту.

Шевры, на которые опираются стрелы, устанавливаются в следующем порядке: к опущенной стреле первого крана крепят шевр; стрелу с закрепленным на ней шевром поднимают вторым краном до угла в 35° к горизонту; стреловым полиспастом первого крана устанавливают стрелу с шевром в рабочее положение; аналогично устанавливают второй шевр, используя грузоподъемные механизмы первого крана. Для уменьшения просадки грунта шевры устанавливают на инвентарные щиты или шпалы. При натяжении стреловых полиспастов производится подъем шевров таким образом, чтобы между основанием шевров и опорной поверхностью образовался зазор примерно 30 мм. Этот зазор обеспечивает, после нагружения шевров работу стрел на сжатие. При производстве работ отклонение грузовых полиспастов от вертикали из плоскости стрел не должно превышать 3° . Механизмы поворота кранов должны быть заторможены, стреловые полиспасты – натянуты.

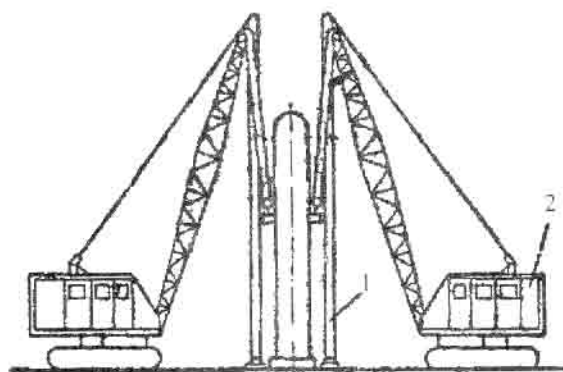


Рис.3.16. Схема кранов с опирающимися стрелами:
1 – опорная стойка (А-образный шевр); 2 – стреловой кран

При опирании стрел двух кранов на ригель (рис. 3.17) потеря устойчивости кранов в плоскости расположения стрел исключается. Поэтому этот способ монтажа применяют для установки в проектное положение аппаратов, масса которых превышает суммарную паспортную грузоподъемность имеющихся

кранов. С точки зрения траектории движения аппарата в процессе подъема это метод скольжения с отрывом от земли.

Плоскость подъема аппаратов располагается перпендикулярно плоскости расположения стрел кранов. Для того чтобы исключить появление дополнительных усилий на краны, место строповки аппарата располагается строго по оси фундамента, совпадающей с плоскостью расположения стрел кранов. При подъеме не допускается отклонение грузовых полиспастов от вертикали более чем на 1° , поэтому опорная часть аппарата перемещается лебедкой к фундаменту, т.е. к плоскости расположения стрел кранов. Порядок установки ригеля: укладывают ригель на козлы и укрепляют на оголовке одной из стрел; поднимают стрелу с ригелем; устанавливают оба крана так, чтобы расстояние между оголовками стрел было на 0,5 м меньше, чем длина ригеля; лебедкой вспомогательного подъема опускают ригель на оголовок стрелы второго крана; поочередно уменьшая вылеты стрел кранов, раздвигают оголовки стрел и осуществляют соединение ригеля с оголовком второй стрелы. После того как ригель пазами попадет на дополнительную ось, укрепленную на оголовке стрелы второго крана, стреловые полиспасты ослабляют, а подъем осуществляется грузовыми полиспастами.

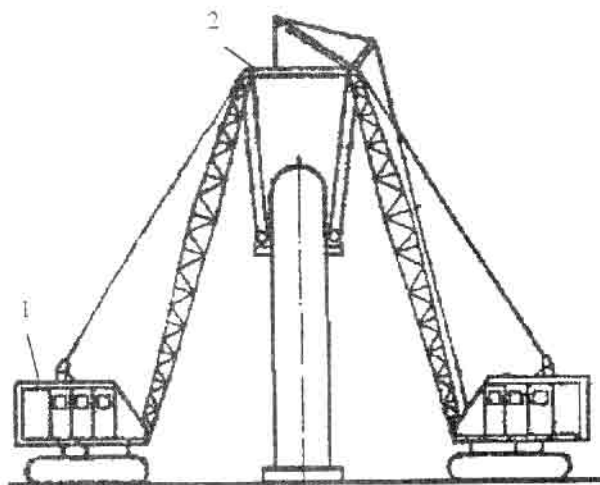


Рис.3.17. Схема кранов со стрелами, соединенными ригелем.
1 – ригель; 2 – стреловой кран

При монтаже методом поворота вокруг шарнира для снижения нагрузки на кран в момент отрыва аппарата от земли применяется дополнительная тяговая система, состоящая из шевра 4, полиспаста 3 с грузом 2 и лебедки 1 (рис. 3.18).

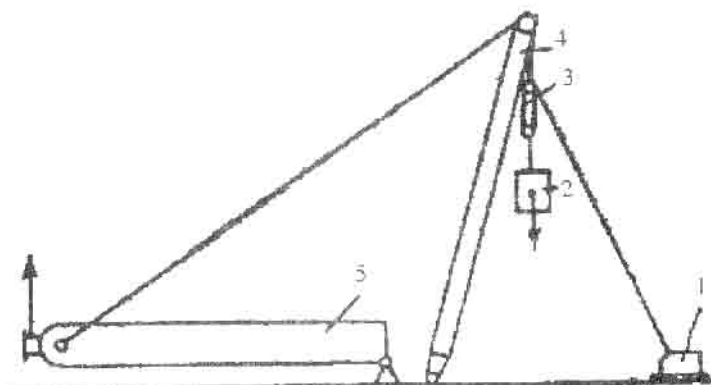


Рис.3.18. Схема подъема краном с использованием разгрузочного устройства:
1 – лебедка; 2 – груз; 3 – полиспаст; 4 – шевр; 5 – аппарат

Дополнительный груз (например, железобетонный блок) в начальный момент поднимается лебедкой от земли. Подъем аппарата 5 осуществляется совместным действием груза через шевр и краном. Грузовой трос которого строится за верхний штуцер аппарата. В конце подъема груз опускается на землю, выполняя роль якоря, а лебедка дотягивает аппарат до проектного положения.

3.4. Монтаж внутренних устройств колонных аппаратов

Внутренние устройства – это тарелки и насадки. Требования к монтажу тарелок, а также методы проверки правильности их сборки и установки указываются в технической документации, поставляемой вместе с аппаратом. Особое внимание при монтаже тарелок обращается на их горизонтальность в рабочем положении и одинаковый гидравлический затвор, создаваемый контактными устройствами на тарелке, поскольку от этих основных факторов зависит эффективность работы тарелки.

При горизонтальном положении колонны тарелки устанавливают строго вертикально. Для этого на внутренней поверхности колонны наносят риски, по которым с помощью отвеса проверяют вертикальность тарелок в нескольких точках, аппарат при этом с помощью трактора на специальном канатном стелде поворачивают вокруг оси. Значительно легче обеспечивается горизонтальность тарелок при монтаже в рабочем положении колонны. В этом случае горизонтальность проверяют с помощью уровня или линейки, замеряя gradient уровня жидкости, налитой на поверхность тарелки.

Технология сборки тарелок зависит от их конструкции и включает: подготовку элементов и деталей тарелок к монтажу (проверка по рабочим чертежам или нормальным размерам, формы, состояния поверхности, прямолинейности элементов и деталей, свойств материалов); установку и сварку опорных и неразъемных деталей (опорные уголки, переливы, приспанные карманы и др.); установку съемных деталей (желоба, колпачки, клапаны, плотно тарелки или разборные секции тарелки и др.).

Тарелки в колонне монтируют снизу вверх, причем каждую тарелку испытывают на герметичность, а правильность ее сборки – на барботаж. Тарелка считается герметичной, если уровень воды, налитой на тарелку, в течение 20 минут понижается не более чем на 25 мм. Испытания проводят при закрытых сливных и дренажных отверстиях.

Для проверки тарелки на барботаж часть колонны, находящуюся ниже испытываемой тарелки, плотно перекрывают. Тарелку заливают водой и под нее с небольшим давлением подают воздух (от компрессора, воздуходувки или магистрали сжатого воздуха). О нормальной работе тарелки свидетельствует равномерность пробуккивания пузырьков воздуха по всей площади тарелки. При неравномерности барботажа регулируют положение тарелки и высоту отдельных колпачков.

При проверке на равномерность барботажа отдельного контактного устройства на него сверху ставят отрезок трубы диаметром на 50 мм большим, чем диаметр контактного устройства. Равномерность барботажа проверяется по окружности трубы или колпачка. Неравномерная эффективность барботажа по окружности трубы свидетельствует о перекосе контактного устройства.

Аппараты в царговом исполнении снабжают неразъемными тарелками (рис. 3.19), представляющими собой отбортованный металлический диск с устройствами для ввода газа (пара) на тарелку и слива жидкости. Для создания необходимого уровня жидкости на тарелке 4 установлены сливная 2 и переливная 3 (приемная) перегородки. Высота переливной перегородки постоянна: она образует так называемый переливной карман, в который погружена сливная труба 1, расположенная выше тарелки. Высоту сливной перегородки можно регулировать для поддержания необходимого уровня жидкости на тарелке.

Нижняя тарелка в царге установлена на кронштейнах 6, а остальные – на стойках 5. Упорные кольца 7 предназначены для герметизации тарелок. В кольцевом зазоре между тарелкой и корпусом колонны установлены прокладки 8 из асбестового шнура. Уплотнение осуществляется нажимным кольцом 11, скобками 9 и шпильками 10.

В аппаратах диаметром 1200 мм и более используют тарелки разборной конструкции. Они состоят из отдельных секций 4, которые крепятся к опорной раме 1 (рис. 3.20) струбцинами 2, болтами 3 и прижимными планками 5. Опорная рама приварена к корпусу колонны. Герметичность соединений секций тарелки с опорной конструкцией обеспечивают прокладки 6.

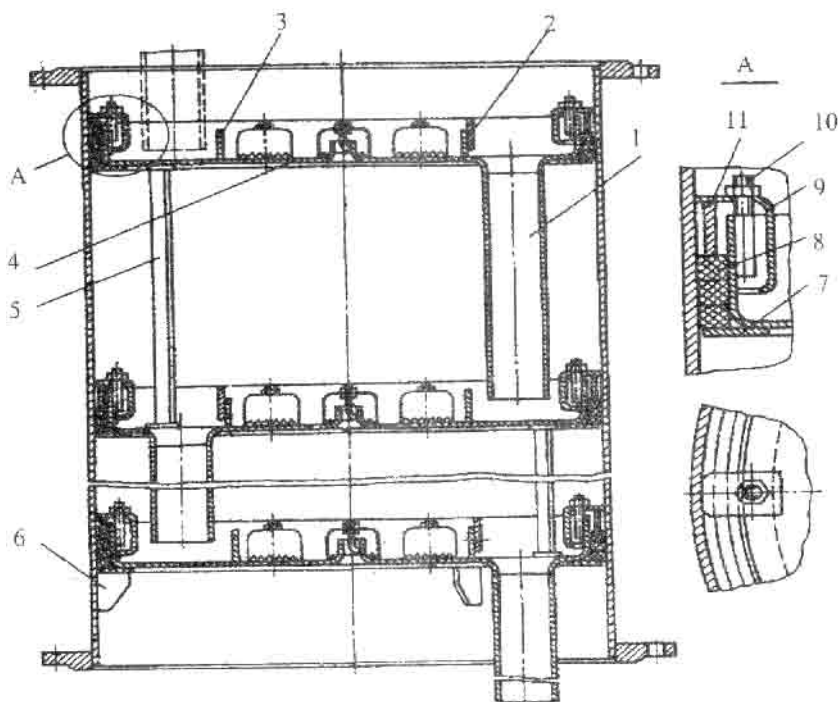


Рис.3.19. Царга тарельчатой колонны:

1 – сливная труба; 2 – сливная перегородка; 3 – переливная перегородка; 4 – тарелка; 5 – стойка; 6 – кронштейн; 7 – упорное кольцо; 8 – прокладка; 9 – скоба; 10 – шпилька; 11 – нажимное кольцо

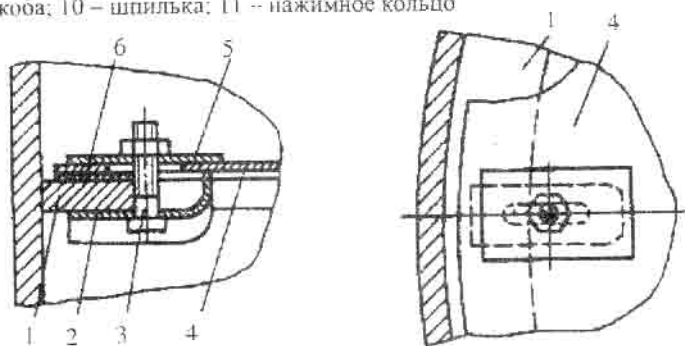


Рис.3.20. Узел крепления секции тарелки к корпусу аппарата:

1 – опорная рама; 2 – трубина; 3 – болт; 4 – секция тарелки; 5 – прижимная планка; 6 – прокладка

В насадочных колоннах свободно лежащие решетчатые тарелки (колосниковые решетки) с керамической насадкой монтируют после установки в вертикальное положение. Для упорядоченного расположения насадок (регулярная насадка) вся работа по их укладке выполняется вручную. При беспорядочном расположении насадок загрузку колонны производят следующим образом. Аппарат наполняют водой до верхнего люка, и насадка, поднятая на верхнюю площадку, высыпается из бака в воду. По мере наполнения колонны лишняя вода сливается через нижний штуцер колонны.

Способ засыпки насадки существенным образом влияет на распределение орошающей жидкости по сечению колонны и эффективность массопередачи (рис. 3.21): из центра колонны (слой 1), от стенок колонны (слой 2), подсыпка до горизонтального уровня (слой 3). При засыпке насадочных тел по варианту, представленному на рис. 3.21а, плотность укладки на границе слоев 1 и 3 наименьшая, что способствует стеканию жидкости к стенкам. Засыпка по варианту, представленному на рис. 3.21б, наоборот, способствует стеканию орошающей жидкости к центру колонны. При равномерном начальном орошении хорошие результаты дает вариант, соответствующий рис. 3.21в, сочетающий предыдущие два способа.

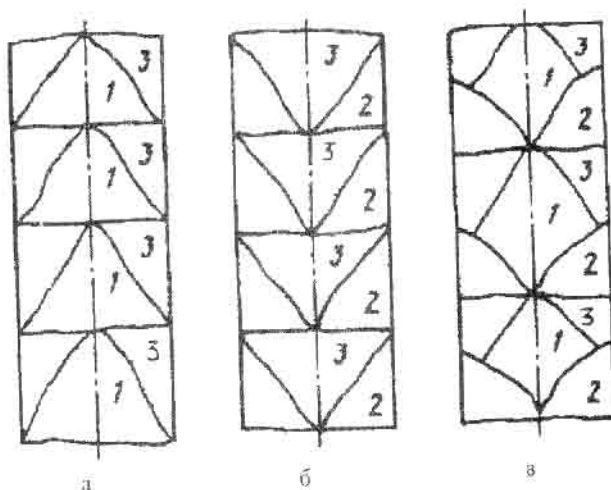


Рис.3.21. Варианты засыпки насадки

Следует отметить, что равномерность распределения жидкости в любой насадке значительно зависит от смачиваемости материала, из которого эта насадка изготовлена. Поэтому в ряде случаев рекомендуют увеличивать смачиваемость материала нанесением гидрофильных покрытий, травлением или специальной механической обработкой листовых материалов.

4. МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ АППАРАТОВ

К горизонтальным аппаратам относятся, как правило, барабанные вращающиеся печи и сушилки, применяемые для обжига, прокаливания и сушки различных материалов, а также теплообменники.

Основные требования, предъявляемые к монтажу барабанных печей и сушилок: прямолинейность продольной оси печи, легкость вращения, соблюдение проектных зазоров для компенсации температурных расширений бандажей и корпуса, отсутствие радиального и торцевого биения корпуса и зубчатого венца при вращении, надежное уплотнение узлов соединения барабана с неподвижными частями (особенно в случаях, когда при работе аппаратов выделяются вредные газы).

Барабанные печи и сушилки поступают на монтажную площадку отдельными узлами и деталями. Последовательность их монтажа следующая: установка и выверка плит под опорные и упорные ролики; установка и выверка роликов; установка обечаек с надетыми бандажами; установка упорных роликов; установка зубчатого венца; установка редуктора и ведущей шестерни; установка оборудования горячего и холодного концов. Опорные ролики выверяют нивелиром относительно струны, натянутой по оси фундаментов, а также по высотным отметкам.

Барабанные печи и сушилки монтируют с использованием самоходных стреловых кранов, мачт, козловых кранов. Большое значение для нормальной работы барабанных печей и сушилок имеет правильная установка бандажей и упорных роликов. Установленные барабанные печи и сушилки прокручивают холостую (без материала), а затем испытывают под нагрузкой.

Теплообменные аппараты поставляют, как правило, в полностью собранном виде после испытаний на прочность и плотность. Монтаж проводят либо на открытых площадках, либо на междуетажных перекрытиях технологических цехов. В качестве грузоподъемных механизмов преимущественно используют самоходные стреловые краны, в некоторых случаях – трубоукладчики, мачты и порталы, а также простейшие грузоподъемные механизмы (полиспасты, тали), прикрепленные к металлоконструкциям.

В зависимости от условий монтажа (высота и расположение фундаментов, размеры монтажной площадки), размеров и массы аппаратов возможны различные схемы подъема одним краном на открытой площадке (рис. 4.1). По схеме, представленной на рис. 4.1а, аппарат перед подъемом располагают таким образом, чтобы положение центра масс аппарата соответствовало проектному. Стрела крана имеет минимальный вылет, и грузоподъемность крана максимальна. После подъема аппарат поворачивают на растяжках в проектное положение вокруг вертикальной оси и устанавливают на опоры. Если перед подъемом удастся расположить аппарат рядом с фундаментом параллельно проектному положению, то монтаж осуществляют по схеме, показанной на рис. 4.1б. После подъема аппарата над фундаментом кран перемещают до установки ап-

парата в проектное положение. Если передвижение крана между фундаментами невозможно, то применяют схему подъема, изображенную на рис. 4.1в.

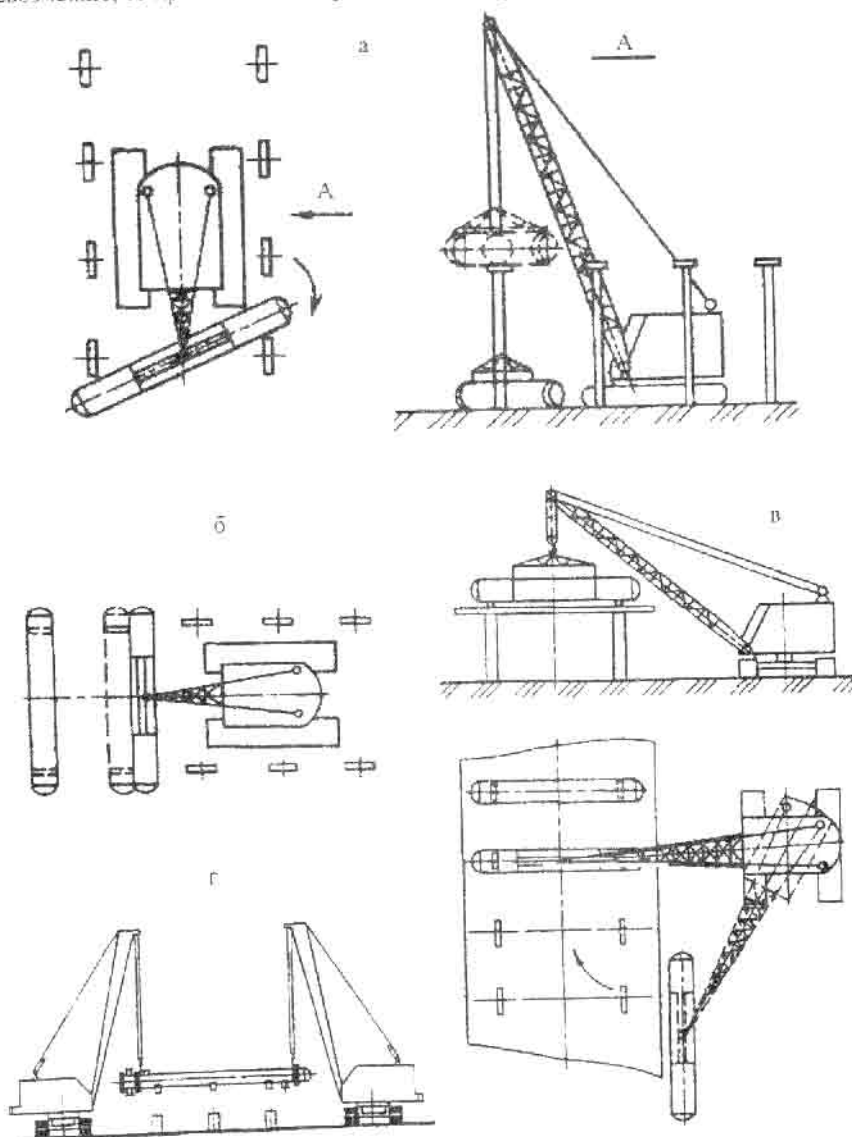


Рис.4.1. Схемы монтажа теплообменных аппаратов на открытой площадке

При недостаточной грузоподъемности одного крана устанавливают спаренные краны (рис. 4.1г). Для контроля равномерного распределения нагрузки на краны часто применяют балансирные траверсы.

В технологических цехах теплообменные аппараты монтируют в соответствии с совмещенным графиком строительно-монтажных работ в период возведения здания, фундаментов до сооружения располагаемых выше перекрытий. Такая технология значительно ускоряет производство строительно-монтажных работ. При несоблюдении указанной последовательности работ приходится монтировать аппараты под перекрытиями (рис. 4.2). Возможна схема монтажа с применением вертикальной мачты и полиспастов, прикрепленных к строительным конструкциям (рис. 4.2а). Менее трудоемок монтаж с использованием качающейся мачты (рис. 4.2б), оснащенной двумя полиспастами – передним и задним. Подъем выполняют обоими полиспастами до необходимой отметки, затем наклоном мачты аппарат передним торцом заводят на площадку, после чего передний полиспаст и строп освобождают. Дальнейшее перемещение аппарата осуществляют полиспастом, прикрепленным к строительным конструкциям. На рис. 4.2в представлена схема монтажа теплообменников с помощью электротали.

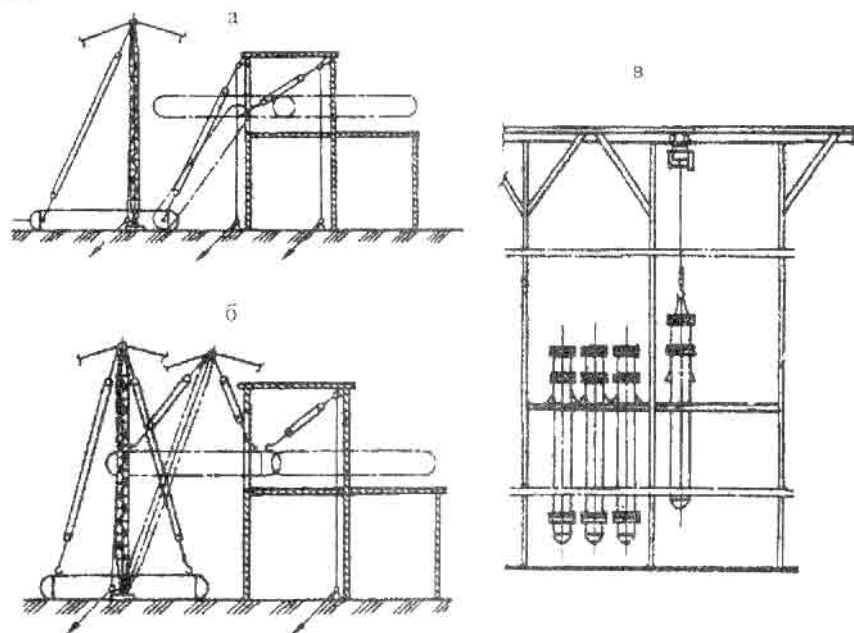


Рис.4.2. Схемы монтажа теплообменных аппаратов под перекрытием: а – с помощью вертикальной мачты, б – с помощью качающейся мачты; в – с помощью электротали

При выверке теплообменных аппаратов отклонения от проектных осей и отметок, а также от горизонтальности и вертикальности составляют: главных осей аппарата в плане ± 10 мм; фактической высотной отметки аппарата ± 10 мм; оси вертикального аппарата от вертикали 3 мм на 1 м, но не более 35 мм; горизонтального аппарата от горизонтали 0,5 мм на 1 м.

Для компенсации температурных деформаций корпуса горизонтальных теплообменников одну из опор (как правило, у подвижной трубной решетки аппарата) выполняют подвижной.

5. ВЫВЕРКА, ЗАКРЕПЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Машины и оборудование после сборки и монтажа тщательно проверяют по нормам точности с помощью различных контрольно-измерительных инструментов и оптико-геодезических приборов. Отклонения установленного оборудования от проектного положения не должны превышать допусков, указанных в заводской технической документации и в инструкциях на монтаж отдельных видов оборудования.

При установке оборудования на фундамент проверяют соблюдение следующих требований: отклонения оборудования по высоте и в плане (привязка к осям здания или строительных конструкций); горизонтальность или вертикальность оборудования; соосность валов машин; прямолинейность и взаимное расположение плоскостей; параллельность и перпендикулярность осей и плоскостей.

По высоте оборудование выверяют относительно рабочих реперов либо относительно ранее установленного оборудования, с которым выверяемое оборудование связано кинематически или технологически. В плане (с заранее установленными фундаментами болтами) оборудование выверяют в два этапа: сначала совмещают отверстия в опорных частях оборудования с болтами (предварительная выверка), затем выводят оборудование в проектное положение относительно осей фундаментов или относительно ранее выверенного оборудования (окончательная выверка).

Выверку горизонтального положения оборудования производят с помощью уровня (рис. 5.1д), гидростатического уровня (рис. 5.2) или нивелира по базовым поверхностям или по контрольным площадкам на собранном оборудовании. Вертикальность проверяют с помощью отвеса или теодолита; при этом используют приспособления, изображенные на рис. 5.3.

Пакеты металлических подкладок (рис. 5.3а) применяются в качестве постоянных (несущих) и временных (выверочных) опорных элементов. Пакеты набирают из стальных или чугунных подкладок толщиной 5 мм и более. Проектный уровень установки оборудования достигают в процессе его предварительного закрепления с помощью регулировочных подкладок толщиной 0,5–5 мм. В состав пакета, кроме плоских, могут входить клиновые и другие регулируемые по высоте подкладки. Число подкладок в пакете должно быть минимальным и не превышать пяти.

Для выверки оборудования инвентарными домкратами могут быть использованы винтовые (рис. 5.3б), клиновые (рис. 5.3в), гидравлические или реечные домкраты, обеспечивающие требуемую точность выверки, безопасность и удобство регулировки. Домкраты, размещенные на подготовленных фундаментах, предварительно регулируют по высоте с погрешностью не более ±2 мм. За-

тем на домкраты опускают оборудование и выполняют окончательную выверку.

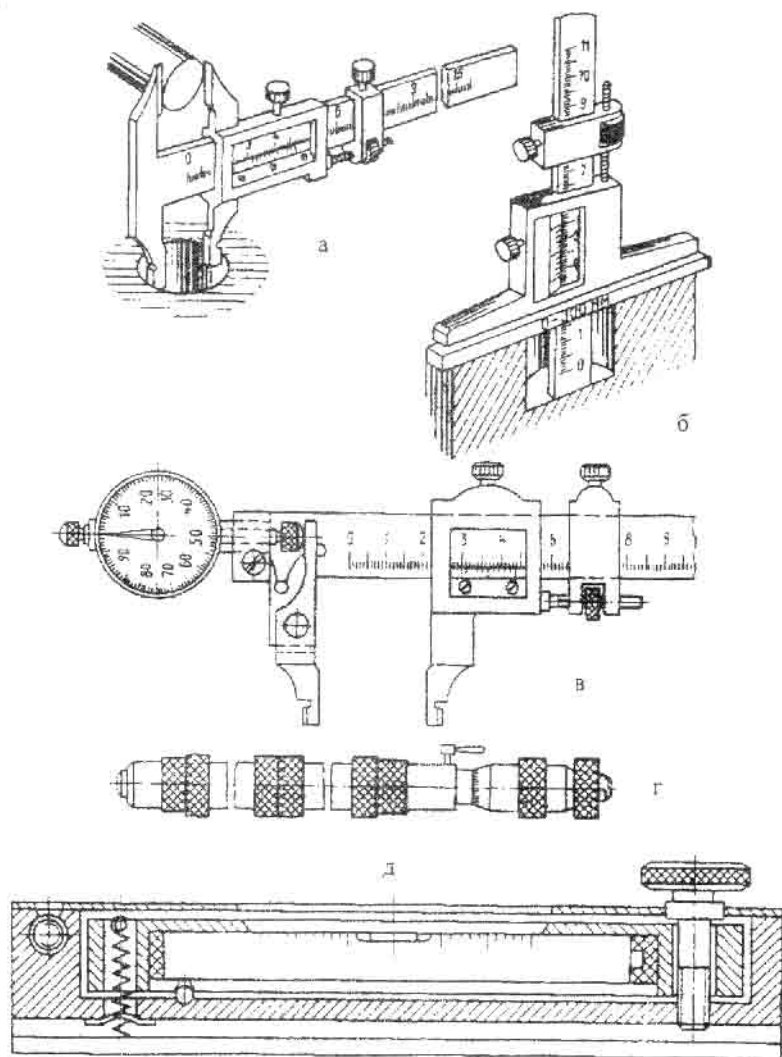


Рис.5.1. Инструменты для контроля точности сборки и монтажа: а – штангенциркуль; б – штангенглубиномер, в – штангенциркуль с индикатором; г – микрометрический нутромер (штихмас); д – слесарный уровень.

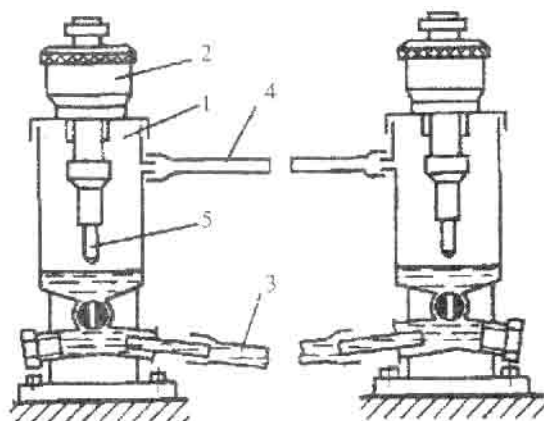


Рис. 5.2. Гидростатический уровень:

1 – резервуар; 2 – микрометрическая головка; 3, 4 – прозрачные шланги для воды и воздуха; 5 – микрометрический уровень

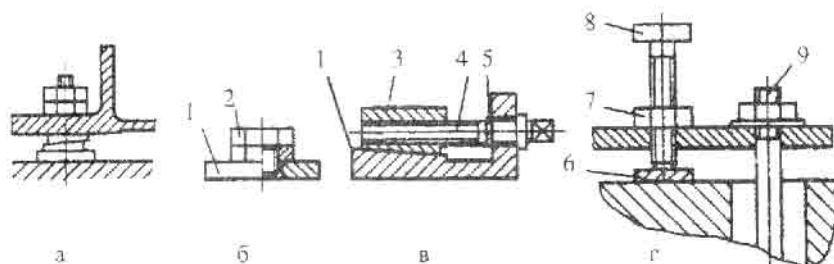


Рис. 5.3. Приспособления для выверки вертикальности аппаратов:

а – подкладки; б – винтовой домкрат; в – клиновой домкрат; г – отжимной болт; 1 – корпус приспособления; 2 – регулирующий винт; 3 – клин; 4 – винт; 5 – стопорная шайба; 6 – опорная пластина; 7 – контргайка; 8 – отжимной болт; 9 – фундаментный болт

При выверке с помощью отжимных регулировочных болтов (рис. 5.3г) опорные пластины 6 устанавливают на фундамент в соответствии с расположением регулировочных винтов в опорной части оборудования. Места расположения опорных пластин на фундаментах выравнивают по горизонтали с отклонением не более 10 мм на 1 м. Перед установкой оборудования на фундаменте размещают вспомогательные опоры, на которые опускают оборудование. При опускании оборудования на фундамент без вспомогательных опор регулировочные болты должны выступать ниже установочной поверхности оборудова-

ния на одинаковую величину, но не более чем на 20 мм. Положение оборудования по высоте и горизонтали следует регулировать поочередно всеми отжимными болтами, не допуская в процессе выверки отклонения оборудования от горизонтали более чем 10 мм на 1 м. После завершения выверки оборудования положения регулировочных болтов необходимо зафиксировать стопорными гайками.

Проверку соосности валов машин производят по струне или по полумуфтам. В последнем случае соосность проверяют в два приема: выполняют предварительную проверку с помощью линейки и щупа; окончательную проверку – с помощью специальных скоб и индикаторов.

Прямолинейность плоскостей проверяют следующими методами:

- *По краске с использованием поверочной линейки с широкой рабочей поверхностью.* На рабочую поверхность линейки наносят тонкий слой краски, затем накладывают линейку на проверяемую поверхность и перемещают по ней. О прямолинейности судят по оставшемуся количеству и расположению пятен краски на проверяемой поверхности.
- *Поверочной линейкой и щупом.* Линейку накладывают на проверяемую поверхность в разных направлениях и щупом определяют зазоры между ними.
- *Лекальной линейкой по световой щели.* Линейку укладывают острой кромкой на проверяемую поверхность и помещают сзади линейки источник света. Просвечивание мест сопряжений линейки с поверхностью свидетельствует об отклонениях от прямолинейности.
- *Натянутой струной* диаметром 0,3–0,5 мм и штихмассом (рис. 5.1г).
- *Гидростатическим уровнем* (рис. 5.2) с микрометрической головкой, работающим по принципу сообщающихся сосудов. Один из резервуаров 1 устанавливают на проверяемую поверхность и оставляют его неподвижным, а второй, связанный с первым гибкими прозрачными шлангами 3 и 4 для воды и воздуха, переставляют на разные места поверхности. После каждой перестановки измеряют уровень воды в обоих резервуарах и по разности замеров определяют отклонения по вертикали каждого места от базовой горизонтальной поверхности.

Проверку параллельности в большинстве случаев выполняют путем непосредственного измерения расстояний между точками, расположенными на контролируемых поверхностях, различными инструментами (рис. 5.1): штангенциркулем, нутромером (штихмассом), глубиномером, штангенрейсмусом и т.д. Проверку перпендикулярности плоскостей выполняют угольниками, размеры и тип которых выбирают в зависимости от конфигурации и размеров контролируемых деталей, узлов и расположения плоскостей. Применяют также индикаторы на штативе, штангенрейсмусы, штихмассы.

В большинстве случаев оборудование крепят к фундаменту фундаментными болтами (рис. 5.4), которые в зависимости от способа установки делят на следующие типы: устанавливаемые непосредственно в массив фундамента; уста-

навливаемые в массив фундамента с изолирующей трубой; устанавливаемые в просверленные скважины или отверстия; устанавливаемые в колодцах.

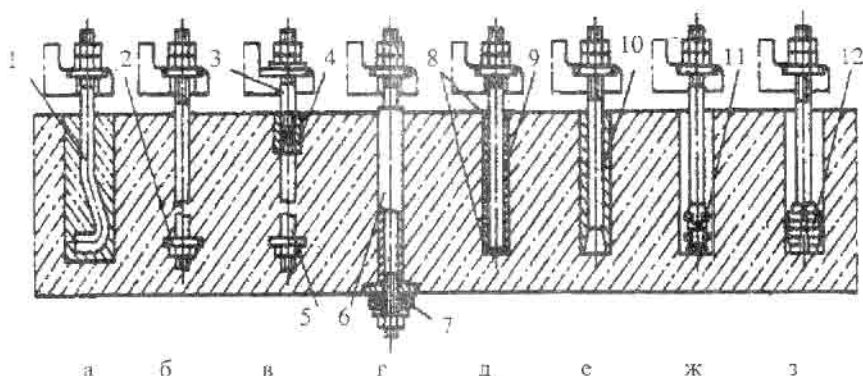


Рис.5.4. Фундаментные болты:

1 – болт; 2 – анкерная плита; 3 – верхняя шпилька; 4 – муфта; 5 – нижняя шпилька; 6 – изолирующая труба; 7 – тарельчатая пружина; 8 – центрирующее кольцо; 9 – эпоксидный клей; 10 – цементный раствор; 11 – распорная цапга; 12 – распорная втулка

По конструктивным признакам фундаментные болты делят на:

- болты с отгибом (рис. 5.4а); они наиболее просты и устанавливаются либо непосредственно в массив фундамента, либо в колодец;
- болты с анкерными плитами (рис. 5.4б); закладываются в фундамент так же, как и болты с отгибами, отличаются от последних тем, что имеют меньшую длину;
- составные болты с анкерной плитой (рис. 5.4в); эти болты съемные и применяются при установке тяжеловесного оборудования методом поворота вокруг шарнира;
- болты с изолирующей металлической трубой (рис. 5.4г); устанавливаются в массив фундамента и могут быть с анкерной плитой или с амортизирующими элементами в виде тарельчатой пружины, изолирующая труба позволяет демонтировать болт, то есть делает его съемным; эти болты рекомендуются для установки оборудования, испытывающего при эксплуатации динамические нагрузки (вибрацию);
- прямые болты, закрепляемые с помощью эпоксидного клея (рис. 5.4д); устанавливаются в просверленные скважины;
- конические болты на цементном растворе (рис. 5.4е); устанавливаются в просверленные скважины;

болты с распорной цангой (рис. 5.4ж) или втулкой (рис. 5.4з); устанавливаются в просверленные скважины; эти болты являются самоанкерующимися, имеют глубину заложения в 3+4 раза меньше, чем обычные болты и работают в условиях как статических, так и динамических нагрузок.

Смонтированное оборудование подвергают испытаниям: гидравлическим или пневматическим на прочность и плотность (для сосудов и аппаратов); входную и под нагрузкой (для машин, механизмов и аппаратов с приводом).

Аппараты, поставляемые на место монтажа в полностью собранном виде, испытывают на прочность и плотность на заводе-изготовителе. Повторным испытанием на месте монтажа такие аппараты подвергают в случаях: истечения гарантийного срока хранения; повреждения оборудования при транспортировке к месту установки; монтажа аппарата с применением сварки, пайки или вальцовки элементов, работающих под давлением. При поставке оборудования блоками или отдельными деталями его испытывают после сборки и сварки в монтажных условиях.

Оборудование с защитным покрытием или изоляцией испытывают до нанесения покрытия или изоляции. Значения пробных давлений при гидравлическом испытании аппаратов указаны в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Сосуды	Расчетное давление p_p , МПа	Пробное давление $p_{пр}$, МПа
Все, кроме литых	$< 0,07$	0,2
	0,07-0,5	$1,5p_p [\sigma]_{20}/[\sigma]_t$, но не менее 0,2
	$> 0,5$	$1,25p_p [\sigma]_{20}/[\sigma]_t$, но не менее $p_p + 0,3$
	Вакуум	$1,5p_p [\sigma]_{20}/[\sigma]_t$, но не менее 0,2
Литые	Независимо от давления	$1,5p_p [\sigma]_{20}/[\sigma]_t$, но не менее 0,3

для вакуума – наружное давление

Примечания: 1. $[\sigma]_{20}$ и $[\sigma]_t$ – допускаемые напряжения для материала сосуда при температуре 20°C и рабочей температуре.

2. Пробное давление при гидравлическом испытании сосудов и аппаратов, работающих при температуре ниже 0°C, принимают таким же, как и при температуре 20°C.

Гидравлические испытания сосудов, изготовленных из неметаллических материалов, должны производиться следующим пробным давлением:

• для материалов с ударной вязкостью более 20 Дж/см²;

$$p_{пр} = 1,3 \cdot p_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t};$$

• для материалов с ударной вязкостью 20 Дж/см² и менее:

$$p_{пр} = 1,6 \cdot p_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}.$$

Для металлопластиковых сосудов пробное давление составляет:

$$p_{пр} = [1,25 \cdot k_m + \alpha \cdot (1 - k_m)] \cdot p_p \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t},$$

где k_m — отношение массы металлоконструкции к общей массе сосуда; $\alpha = 1,3$ — для металлопластиковых сосудов с ударной вязкостью более 20 Дж/см²; $\alpha = 1,6$ — для металлопластиковых сосудов с ударной вязкостью 20 Дж/см² и менее.

Температуру воды при гидравлическом испытании поддерживают не ниже 5 °С и не выше 40 °С. Перепад температур окружающей среды и воды, применяемой для гидравлического испытания, не должен превышать 5 °С.

При испытании вертикальных аппаратов в горизонтальном положении к пробному давлению, принятому по табл. 5.1, прибавляют гидростатическое давление.

Продолжительность испытаний пробным давлением составляет: 10 мин при толщине стенки аппарата до 50 мм; 20 мин при толщине стенки 50–100 мм; 30 мин при толщине стенки более 100 мм; 60 мин для литых и многослойных сосудов независимо от толщины стенки. По истечении указанного времени давление постепенно уменьшают до рабочего и тщательно осматривают все соединения и сварные швы (обстукивают молотком). Во время осмотра поддерживают рабочее давление. Замеченные дефекты исправляют после полного сброса давления и вывода воды из аппарата. Оборудование считают выдержавшим гидравлическое испытание, если давление в течение всего периода испытаний не уменьшается и при осмотре не обнаружено признаков разрыва, течи в сварных соединениях, а также видимых остаточных деформаций.

Аппараты, работающие при атмосферном давлении, испытывают наливом воды до верхней кромки и выдержкой в таком состоянии в течение 4 ч, а затем осматривают, обстукивая сварные швы молотком. Допускается испытывать сварные швы, смачивая их поверхности изнутри аппарата керосином на протяжении всего периода испытания. Об отсутствии дефектов на наружной поверхности сварных швов, покрытых предварительно меловым раствором, свидетельствует отсутствие пятен. Продолжительность испытания сварных швов аппаратов этим способом указана в табл. 5.2.

При пневматических испытаниях воздухом или инертным газом (пробное давление – см. табл. 5.1), которые проводят при невозможности выполнения гидравлических испытаний, измеряют уменьшение давления в течение 24 ч и рассчитывают

$$\Delta p = \frac{100}{\tau} \cdot \left(1 - \frac{p_k \cdot t_n}{p_n \cdot t_k} \right),$$

где Δp – отношение снижения давления за 1 ч к давлению при испытаниях, %; τ – время испытаний, ч; p_n и p_k – суммы манометрического и барометрического давлений соответственно в начале и в конце испытаний, МПа; t_n , t_k – температура в начале и конце испытаний, °С.

Таблица 5.2

Толщина сварных листов металла, мм	Время выдержки, мин, при положении шва	
	нижнем	верхнем
До 4	20	30
Свыше 4 до 10	25	35
Свыше 10	30	40

Оборудование считают выдержавшим испытание на прочность и плотность, если Δp не превышает: 0,1 и 0,2 % – при токсичных рабочих газах соответственно для закрытых помещений и открытых участков; 0,2 и 0,4 % – при пожаро- и взрывоопасных газах соответственно для закрытых помещений и открытых участков.

После испытаний аппарата на прочность и плотность его термоизолируют и футеруют. Нанесение на поверхность аппарата и трубопроводов защитных и термоизоляционных покрытий относится к специальным строительным работам и выполняется специализированными строительно-монтажными организациями. До нанесения теплоизоляции монтажная организация устанавливает крепежные изделия и приспособления на аппаратах (штыри, крючки, подвески и др.), если эти работы не выполнены на заводах-изготовителях.

В качестве изоляции чаще всего используют маты из минеральной ваты, которыми покрывают корпус аппарата снаружи; швы матов стягивают отожженной стальной проволокой диаметром 1-2 мм. Затем снаружи минеральную вату укрепляют крупноячеистой проволочной сеткой, поверхность которой штукатурят. После высыхания слой штукатурки склеивают тканью и окрашивают алюминиевой или другой устойчивой краской.

В качестве изоляции применяют также стекловату, стеклоткань, а для защиты теплоизоляции – асбошиферные плиты и полужилиндры, тонкие листы из алюминиевого сплава, а также оцинкованное железо.

Термоизоляционные работы проводят только при положительной температуре окружающей среды и термоизоляционных материалов (не ниже 5°C).

Термоизоляционную футеровку аппаратов выполняют из огнеупорного кирпича или асбоцементной массы. Наиболее распространена термоизоляция асбоцементом благодаря его достаточной механической прочности, незначительной теплопроводности и невысокой стоимости. После нанесения термоизоляции и футеровки аппарата составляют соответствующий акт.

После завершения строительно-монтажных работ объект готовят к сдаче заказчику. Перед сдачей аппараты подвергают гидравлическим или пневматическим испытаниям, а машины, механизмы и аппараты с приводами испытывают вхолостую и под нагрузкой.

Испытания вхолостую включают: пробные пуски с остановками для проверки работы всех узлов оборудования и устранения неполадок; непрерывные испытания вхолостую.

Испытания под нагрузкой состоят из следующих операций: пробные испытания с постепенным увеличением давления и остановками для осмотра; проверка работы всех узлов и устранение неполадок; непрерывное испытание под нагрузкой; устранение дефектов, обнаруженных в процессе испытания; заключительное контрольное испытание под нагрузкой.

После контрольного испытания оборудования под нагрузкой составляют акт о готовности оборудования к комплексному опробованию. При сдаче смонтированного оборудования в комплексное опробование предъявляют следующие документы: акт готовности фундамента и акт приемки оборудования в монтаж; акты о выявленных дефектах оборудования; акты проверки правильности установки оборудования на фундамент; акты испытаний смазочной, гидравлической и пневматической систем, испытаний на прочность и плотность, испытаний вхолостую и под нагрузкой; монтажные и сборочные формуляры; комплект рабочих чертежей на монтаж оборудования с подписью ответственного представителя монтажной организации, акт о соответствии выполненных работ этим чертежам или об изменениях, внесенных в процессе монтажа.

Комплексное опробование смонтированного оборудования на инертных средах в пусковой период, пуск производства на рабочих средах, испытания оборудования на проектных нагрузках и освоение мощностей проводят специализированные пусконаладочные управления. После выполнения указанных работ оборудование принимают в эксплуатацию с оформлением соответствующего акта.

6. ЗАДАЧИ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

6.1. Система технического обслуживания и ремонта оборудования

Термины «техническое обслуживание» и «ремонт» регламентированы ГОСТ 18322 «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения», согласно которому техническое обслуживание (ТО) – это комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности оборудования (изделия) при использовании по назначению (т.е. в технологическом процессе), хранении и транспортировании. Применительно к химическому оборудованию ТО – это комплекс работ по поддержанию работоспособности оборудования в периоды между ремонтами. Целями ТО являются: своевременное обнаружение и устранение неисправностей (дефектов) оборудования; предупреждение преждевременного износа узлов и деталей; накопление данных, необходимых для правильного определения объемов ремонтных работ, их периодичности и продолжительности.

Регламентированное ТО, предусмотренное нормативно-технической документацией, выполняют с периодичностью и в объеме, установленными этой документацией, независимо от технического состояния оборудования в момент начала ТО. К такой документации относятся: «Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности»; «Инструкция по эксплуатации»; «Инструкция по техническому обслуживанию». Содержание этих документов должно соответствовать ГОСТ 2.601 (ЕСКД «Эксплуатационные документы»).

ТО осуществляется эксплуатационным (аппаратчиками, операторами и т.д.) и обслуживающим дежурным персоналом (дежурными слесарями, электриками и др.) в соответствии с действующими на предприятиях инструкциями по рабочим местам и регламентам.

В зависимости от характера и объема проводимых работ ГОСТ 18322 предусматривает ежесменное и периодическое ТО. Ежесменное ТО проводится силами технологического и дежурного персонала данной смены без остановки технологического процесса. В объем ежесменного ТО входят следующие основные работы: обтирка, чистка, наружный осмотр, выявление всех неисправностей, смазка, подтяжка сальников, проверка состояния масляных и охлаждающих систем подшипников, наблюдение за состоянием крепежных деталей и их подтяжка, проверка исправности ограждающих устройств и заземления и др. Все обнаруженные неисправности в работе оборудования необходимо устранять в возможно короткие сроки и фиксировать в сменном журнале. Сменный журнал по учету выявленных дефектов и работ ежесменного ТО является первичным документом, отражающим техническое состояние и работоспособность действующего оборудования, и служит для контроля работы дежурного ремонтного персонала.

Периодическое ТО выполняется через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервалы времени. Оно проводится либо во время планово-периодической остановки оборудования (для производств с непрерывным технологическим процессом), либо в период нахождения оборудования в резерве, или в нерабочий период. Необходимость, периодичность и продолжительность остановки оборудования определяются в зависимости от характера технологического процесса и возможности безопасного проведения работ с учетом данных статистики отказов оборудования. Для выполнения периодического ТО привлекается ремонтный персонал технологического цеха или централизованного ремонтного подразделения. Основное назначение периодического ТО – устранение дефектов, которые не могут быть обнаружены или устранены в период работы оборудования. Главный метод ТО – осмотр, во время которого определяют техническое состояние наиболее ответственных узлов и деталей оборудования, а также уточняют объем предстоящего ремонта. Типовой перечень работ, подлежащих выполнению ремонтным персоналом во время периодического ТО, составляют в виде приложения к ремонтному журналу.

Ремонт (Р) – это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности оборудования и восстановлению ресурсов оборудования или его составных частей.

Ресурсом называется время работы оборудования до предельного состояния (оговоренного в технической документации), обусловленного либо снижением эффективности его дальнейшей эксплуатации, либо требованиями безопасности.

Содержание некоторых операций ремонта может совпадать с содержанием некоторых операций технического обслуживания, однако при выполнении ремонтов обязательным условием является восстановление первоначальных характеристик оборудования, обусловленных нормативно-технической документацией.

Система ТО и Р – это совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества оборудования. Система ТО и Р предусматривает комплекс профилактических мероприятий, которые исключают возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа. Она включает: предварительное изготовление деталей и узлов; планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах; установление нормативов трудовых затрат на все виды плановых ремонтов; структуры ремонтного цикла и перечня типовых работ, выполняемых при плановых ремонтах. Эта система предусматривает принудительную остановку оборудования на профилактические осмотры и ремонты через заранее запланированные промежутки времени (межремонтные периоды) с возможными пределами их изменения.

6.2. Система планово-предупредительного ремонта

Принятая в химической промышленности система ТО и Р базируется на сочетании ТО и планово-предупредительных ремонтов (ППР).

ППР проводят по методу планово-периодических ремонтов для основного оборудования и методу послеосмотровых ремонтов (ремонт по техническому состоянию) для вспомогательного оборудования.

Деление на основное и вспомогательное оборудование условно и зависит от конкретных условий эксплуатации данного оборудования и степени его влияния на получение конечного продукта. Обычно к основному относят оборудование, предназначенное для проведения основных химико-технологических процессов и получения целевого продукта. Выход из строя основного оборудования приводит к остановке технологической линии (установки) или резкому снижению ее производительности.

Сущность планово-периодических ремонтов заключается в том, что ремонты всех видов планируют и выполняют в строго установленные ремонтными нормативами сроки. Сущность ремонта по техническому состоянию заключается в том, что виды и сроки ремонта планируют на основе сведений о техническом состоянии оборудования, полученных при проведении периодического технического обслуживания.

Система ППР оборудования химической промышленности предусматривает текущий и капитальный ремонт.

Текущий ремонт выполняют для обеспечения или восстановления работоспособности оборудования; он состоит в замене или восстановлении отдельных сборочных единиц и деталей оборудования. Текущие ремонты включают: операции периодического ТО; работы по замене или восстановлению быстроизнашивающихся деталей и сборочных единиц; ремонт футеровки и защитного покрытия; окрашивание; проверку крепежных соединений и замену вышедших из строя деталей; замену сальников и прокладок; ревизию арматуры; смену масла в смазочных системах и т.д.

Капитальный ремонт выполняют для восстановления исправности оборудования и полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его элементов, включая базовые. При капитальных ремонтах выполняют, как правило, работы по модернизации оборудования и внедрению новой техники. Объем капитального ремонта и подробный перечень работ устанавливаются ведомостью дефектов. Типовые работы при капитальном ремонте: мероприятия в объеме текущего ремонта; полная разборка, очистка и промывка ремонтируемого оборудования; замена или восстановление всех изношенных деталей и узлов, включая базовые; полная или частичная замена изоляции, футеровки; сборка, выверка, регулирование оборудования; окраска и послеремонтные испытания. При капитальном ремонте устраняют дефекты оборудования, выявленные как в процессе эксплуатации, так и при проведении ремонта.

ППР оборудования проводят на основе ремонтных нормативов, разработанных для машин и оборудования различных типов. Эти нормативы определяют: межремонтный период (ресурс); продолжительность простоя с разбивкой на подготовительный, ремонтный и заключительный периоды (в часах); трудоемкость ремонта (в человеко-часах).

Межремонтный период определяет время работы оборудования между двумя последовательно проведенными ремонтами и является основой для разработки такого показателя системы планово-предупредительного ремонта, как структура ремонтного цикла. Общее число рабочих часов оборудования условно принято 720 ч в месяц, 8640 ч в год. В зависимости от условий работы производства и с учетом технического состояния оборудования допускаются следующие отклонения от норматива межремонтного периода: $\pm 15\%$ между текущими ремонтами; $\pm 10\%$ между капитальными ремонтами. На основе межремонтного периода разрабатывается ремонтный цикл — это наименьшие повторяющиеся интервалы времени или наработка оборудования, в течение которых выполняются в определенной последовательности и в соответствии с требованиями нормативно-технической документации все установленные виды ремонта. Для химического оборудования в качестве ремонтного цикла принимают период между двумя капитальными ремонтами.

Чередование ремонтов в определенной последовательности и через определенные промежутки времени называется структурой ремонтного цикла. Она основана на объединении деталей и узлов по группам, внутри которых наработка до первого отказа имеет практически одинаковое значение. Таким образом определяют группы быстроизнашивающихся деталей, восстановление которых при ремонте производится путем замены или незначительного по объему ремонта, и группы деталей с большим сроком наработки, требующих при ремонте больших трудозатрат для восстановления. Соотношением таких групп деталей и определяется структура ремонтного цикла.

Продолжительность простоя в ремонте исчисляют с момента отключения оборудования до момента сдачи отремонтированного оборудования эксплуатационному персоналу и вывода оборудования на рабочий режим и включает время проведения подготовительных, ремонтных и заключительных работ. К подготовительным работам относятся: установка оборудования; сброс давления; вывод продукта; продувка, промывка, нейтрализация; установка заглушек и т.д. Подготовительные работы завершают сдачей оборудования ремонтному персоналу. Продолжительность собственно ремонтных работ — это период от момента приемки оборудования в ремонт до момента сдачи отремонтированного оборудования эксплуатационному персоналу, включая время испытаний на прочность и плотность для сосудов и аппаратов (или обкатки вхолостую для машин и механизмов). К заключительным работам относится подготовка, пуск оборудования в эксплуатацию и вывод его на рабочий режим.

Трудоемкость ремонта — это трудозатраты на проведение одного ремонта оборудования данного вида. Ее рассчитывают с учетом сложности и конструк-

тивных особенностей оборудования (без изготовления запасных частей). В системе ГППР используют нормативы трудоемкости ремонтов всех видов в человеко-часах для ремонтников четвертого разряда при шестизрядной сетке.

При планировании ремонтов основными документами являются: годовой (перспективный) график планово-периодических ремонтов оборудования; месячный (оперативный) план-график ремонта оборудования; проект графика ремонтных остановок производств химической продукции; титульный список капитального ремонта основных фондов предприятия; установленные ремонтные нормативы; нормы периодичности освидетельствования и испытания сосудов и аппаратов; сметно-техническая документация; акт на установление (изменение) календарного срока ремонта предыдущего года. Кроме того, при планировании ремонта необходимы: план ремонтно-механического цеха, предназначенный для изготовления запасных частей и нестандартного оборудования; расчет объема ремонтных работ на плановый год; расчет трудоемкости ремонтных работ; расчет численности ремонтного персонала.

6.3. Структура организации и управления ремонтно-механических служб химических предприятий

Структура ремонтно-механической службы представляет собой совокупность всех ее служб и соответствующих между ними связей как по горизонтали, так и по вертикали – от начальника какого-либо ремонтного подразделения до непосредственного исполнителя. На химических предприятиях приняты три формы организации ремонтных работ: децентрализованная, смешанная, централизованная. Они различаются степенью концентрации работ в ремонтно-механическом цехе (РМЦ).

При децентрализованной форме ремонтные работы всех видов осуществляются ремонтными участками технологических цехов под руководством механиков этих цехов. Ремонтно-механический цех, подчиняющийся главному механику, выполняет только капитальный ремонт сложного оборудования или изготавливает сложные запасные части и нестандартное оборудование. Межремонтное техническое обслуживание проводят дежурные слесари технологического цеха совместно с эксплуатационным персоналом.

Недостатки децентрализованной формы организации ремонтных работ: разпыление сил и средств ремонтных служб; низкий уровень специализации и механизации ремонтных работ; низкое качество и высокая стоимость ремонтных работ; использование ремонтного персонала на работах, не относящихся к ремонту.

При смешанной организации ремонтных работ техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования выполняются ремонтными отделениями (участками) технологических цехов, а капитальный ремонт – ремонтно-механическим цехом. Такая форма организации целесообразна для средних и крупных предприятий и широко распространена на химических заводах.

Следует отметить, что этой системе присущи многие недостатки децентрализованной формы. Однако она имеет некоторые преимущества по сравнению с децентрализованной формой: техническое руководство и контроль за работой цеховых ремонтных участков со стороны главного механика имеют более конкретный характер, появляются более широкие возможности для специализации и механизации ремонтных работ.

Наиболее эффективна централизованная форма организации ремонтов, при которой все виды ремонта выполняются специализированными ремонтными цехами и участками, находящимися в составе отдела главного механика (ОГМ) завода, и специализированными ремонтными заводами.

Централизованная форма имеет ряд преимуществ по сравнению со смешанной и децентрализованной: выше уровень специализации и механизации ремонтных работ; шире возможности для внедрения передовых методов ремонта; лучше оснащенность ремонтной службы современным оборудованием и инструментом; выше уровень организации производства, так как механики освобождены от снабженческих функций и оформления заказов; меньше потери рабочего времени ремонтного персонала по организационно-техническим причинам.

Однако при централизованной форме снижается оперативность в аварийных или других непредвиденных ситуациях, когда для выполнения ремонтных работ необходимы предварительные контакты работников технологического цеха с работниками РМЦ; при смешанной форме все аварийные неполадки оперативно устраняются работниками цеховых ремонтных участков.

При централизованной форме организации ремонтной службы предприятия все цеховые ремонтные службы административно подчинены главному механику завода непосредственно или через начальника РМЦ. При децентрализованной форме цеховые ремонтные службы административно подчинены начальникам соответствующих цехов и лишь функционально – главному механику завода. При смешанной форме организации ремонтного производства наряду с цеховыми ремонтными службами, административно подчиненными начальникам цехов, имеются ремонтные подразделения, административно подчиненные главному механику завода.

6.4. Положение в главном механике и отделе главного механика

Главный механик предприятия химической промышленности подчиняется главному инженеру и осуществляет административно-техническое руководство (непосредственно или через работников отдела главного механика и механиков производственных цехов) эксплуатацией и всеми видами ремонта технологического и механического оборудования (кроме энергетического и наземных транспортных средств), а также технологических сооружений, установок и коммуникаций, подъемно-транспортных средств. На предприятиях, где отсут-

ствует должность главного энергетика, главный механик руководит также эксплуатацией и ремонтом энергетического оборудования.

Главному механику подчинены: отдел главного механика; ремонтно-механический и антикоррозионный цехи (мастерские); службы технадзора, надежности оборудования, а также вентиляционного хозяйства; конструкторское бюро. Цеховые ремонтные базы и механики технологических цехов, подчиняющиеся начальнику цеха, в техническом отношении подчиняются также главному механику. Все указания главного механика по вопросам эксплуатации оборудования, зданий и сооружений, ремонта и техники безопасности при ремонте обязательны для выполнения всеми цехами и отделами предприятия.

На главного механика и руководимый им отдел возложены следующие основные функции: технический надзор за состоянием оборудования; составление графиков планово-предупредительных ремонтов оборудования; нормирование; регулирование; контроль; организация учета.

Технический надзор за состоянием оборудования заключается в систематическом контроле состояния всего оборудования, выполнения правил и инструкций по ремонту оборудования, проведения соответствующих проверок и испытаний. Сюда же относятся: участие в приемке вводимого в эксплуатацию оборудования, участие в выявлении причин возникновения аварий и в разработке мероприятий по их ликвидации; изучение причин преждевременного изнашивания оборудования.

Составление графиков планово-предупредительных ремонтов оборудования предполагает: составление годовых общезаводских графиков ремонта оборудования, титульных списков капитальных ремонтов основных фондов предприятия; обеспечение проведения ППР оборудования необходимыми чертежами, запасными частями, изготавливаемыми в РМЦ, материалами, арматурой и контрольно-измерительными приборами; определение трудовых и материальных ресурсов для выполнения плана ремонтных работ; разработку технологии ремонта и проектов организации ремонтных работ; планирование и внедрение мероприятий по совершенствованию организации и управления ремонтом, по снижению его себестоимости, мероприятий по борьбе с коррозией, экономии цветных и черных металлов и других дефицитных материалов.

Нормирование заключается в систематическом учете времени непрерывной работы и простоя в ремонте оборудования и цехов в целом, в разработке новых ремонтных нормативов и их корректировке в соответствии с изменениями условий производства, в нормировании трудовых затрат на ремонт.

Регулирование включает корректировку и изменение графиков выполнения ремонтных работ, сроков поставки запасных частей и материалов; изменение плановых заданий ремонтных подразделений.

Функция контроля распространяется на выполнение графиков ППР оборудования РМЦ, подрядными организациями и цеховыми ремонтными участками; качество ремонта; выполнение правил безопасности при проведении ремонтных работ; правильность расходования запасных частей и материалов.

проведение в установленные сроки испытаний аппаратов и сосудов, работающих под давлением, грузоподъемных механизмов; правильность и целесообразность расходований средств на ремонт оборудования, зданий и сооружений; правильность загрузки ремонтных цехов и служб цеховых механиков.

В функции отдела главного механика (ОГМ) входят также организация постоянного учета и хранения резервного оборудования, запорной арматуры и запчастей на складах и в цехах, учет расхода трудовых и материальных ресурсов на выполнение ремонта.

Главный механик предприятия имеет право: контролировать деятельность производственных цехов по вопросам эксплуатации и ремонта оборудования; запрещать работу оборудования в случаях грубого нарушения правил технической эксплуатации, неподготовленности обслуживающего персонала, возможности аварии или несчастного случая; не допускать в эксплуатацию вновь смонтированное оборудование, не обеспеченное соответствующей технической документацией и инструкциями; распоряжаться фондами и ассигнованиями на ремонт оборудования; производить подбор и расстановку работников ОГМ и подчиненных ему цехов; представлять руководству предприятия предложения о наложении взысканий или снижении премий инженерно-техническому персоналу ОГМ и производственных цехов за неправильную эксплуатацию и плохое состояние оборудования, а также за нарушение графиков ППР оборудования.

Структура и штаты ОГМ утверждаются руководителем предприятия применительно к типовым структурам и нормативам численности, утвержденным вышестоящей организацией, исходя из условий и особенностей производства.

6.5. Визы дефектов

Дефектом называют каждое несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. Они бывают явные (поверхностные) – видимые глазом, и скрытые (внутренние и поверхностные) – определяемые с помощью специальных методов и средств.

В зависимости от возможного влияния на работу оборудования выявленные дефекты могут быть критическими, значительными и малозначительными. Критическим называют дефект, при наличии которого использование продукции по назначению невозможно ввиду несоответствия требованиям безопасности или надежности. Значительным дефектом считается дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Малозначительный дефект – это дефект, не оказывающий влияния на использование продукции по назначению или на ее долговечность.

По происхождению дефекты делятся на производственные и эксплуатационные.

Производственные дефекты, в свою очередь, бывают:

- металлургические, возникающие при отливке и прокатке (это усадочные раковины, пористость, неметаллические включения, мелкие трещины и т.д.);
- технологические, возникающие при изготовлении деталей (сварке, пайке, клепке, механической, термической и других видах обработки и др.); к ним относятся трещины в зоне сварного шва, непровар (отсутствие сплавления между основным и наплавленным металлом при сварке), поры и раковины в металле сварного шва, шлаковые включения в металле сварного шва, трещины в процессе закалки, надрывы (трещины, возникающие при механической обработке тупым инструментом) и т.д.

Эксплуатационные дефекты возникают после некоторой наработки изделия в результате усталости материала деталей, коррозии, износа, а также вследствие неправильного технического обслуживания и ремонта. К ним относятся:

- Трещины усталости. Наиболее распространенный эксплуатационный дефект, появляющийся в результате действия высоких переменных напряжений. Они возникают в местах концентрации напряжений (галтели, резкие переходы сечений, основание резьбы и зубьев шестерен, углы шпоночных канавок и т.д.), а также в местах дефектов металлургического и технологического происхождения.
- Коррозионные поражения. Степень коррозионного поражения зависит от агрессивности среды, качества защитных покрытий и других факторов.
- Трещины ползучести. Встречаются на деталях из жаропрочных металлов и сплавов. Причины их образования: высокие статические напряжения при кратковременном действии нагрузки, перегрев материала, длительное действие статической нагрузки.
- Термические трещины. Возникают при резких сменах температур, при недостаточной смазке или из-за заедания поверхностей трущихся деталей.
- Трещины термической усталости. Похожи на термические. Они характерны для деталей из жаропрочных сплавов и возникают в результате циклического изменения температур (нагрева и охлаждения).
- Трещины-надрывы. Образуются под действием высоких напряжений, приложенных один раз (растяжение, изгиб, кручение), когда нагрузки превышают прочность детали.
- Механические повреждения (забоины, вмятины, риски, местный наклеп, гофры). Могут быть вызваны различными причинами.

Задачей ремонтной службы является: обнаружение дефектов любого вида; определение их допустимости в соответствии с существующими нормами; замена деталей с недопустимыми дефектами.

6.6. Методы неразрушающего контроля

Неразрушающий контроль (НК) позволяет проверить качество деталей, не нарушая пригодности их к использованию по назначению.

Методы НК подразделяют на: визуально-оптические; капиллярные (люминисцентный и цветной); ультразвуковые; магнитные; радиационные, или методы просвечивания.

Визуально-оптические методы позволяют обнаружить относительно крупные трещины, механические повреждения, нарушение сплошности защитных покрытий и др. Эффективность метода зависит от субъективных факторов (остроты зрения и опыта работы оператора) и условий контроля (освещенности, оптического контраста).

Капиллярные методы основаны на увеличении контраста между дефектами и бездефектными участками при обработке всего изделия индикаторной жидкостью. Они позволяют выявлять поверхностные трещины, поры и коррозионные поражения деталей, в том числе и из немагнитных материалов. По типу применяемой жидкости капиллярные методы делятся на люминисцентный и цветной.

При *люминисцентном методе* в жидкость вводят люминофоры, поэтому в темном помещении под действием ультрафиолетового света дефектные места светятся.

При *цветном методе* в индикаторной жидкости растворяют красители, поэтому дефекты выявляются в виде цветных пятен. Краситель - красного цвета, так как любой предмет красного цвета виден глазу красным (другие цвета при малой освещенности могут казаться серыми). После пропитки детали избыток жидкости удаляют с поверхности, а часть жидкости, проникшая в дефект, остается в нем. Для извлечения красителя контролируемую поверхность покрывают слоем проявителя, который адсорбирует жидкость, просочившуюся в несплошность. Чтобы усилить контраст между красными следами индикатора и фоном проявителя, применяют адсорбент белого цвета (раствор каолина в этиловом спирте).

Ультразвуковой метод позволяет выявлять внутренние скрытые дефекты и трещины в труднодоступных местах деталей из магнитных и немагнитных материалов. Этот метод не дает возможности с полным основанием судить о характере дефекта. С помощью ультразвуковых дефектоскопов можно лишь определить координаты и условную площадь дефекта; чтобы судить о характере дефекта, необходимо провести дополнительные исследования.

Магнитопорошковый метод позволяет выявить поверхностные и подповерхностные дефекты. Он применим для контроля деталей из ферромагнитных материалов и отличается высокой чувствительностью. Сущность метода заключается в том, что дефекты вызывают искажение магнитных силовых линий, так как несплошности обладают иными магнитными свойствами. Это искажение, называемое полем рассеяния, можно обнаружить с помощью тонкоизмельченного магнитного порошка. Магнитное поле может быть создано пропусканием электрического тока по детали либо с помощью соленоида или электромагнита. Метод является относительно простым и не имеет ограничений в от-

ношении размеров, формы, состава и термообработки ферромагнитных деталей.

Методы просвечивания (рентгенографический и гаммаграфический) являются точными методами, позволяющими выявить внутренние скрытые дефекты. Однако они характеризуются существенными недостатками: громоздкость и сложность аппаратуры; необходимость защиты работника от облучения.

6.7. Ремонт сосудов и аппаратов

Сосудом называют герметически закрытую емкость, предназначенную для ведения химических, тепловых и других технологических процессов, а также для хранения и транспортирования газообразных, жидких и других веществ. Границей сосуда являются входные и выходные штуцера. Аппарат – это сосуд с внутренними устройствами (например, аппарат с мешалкой, ректификационный аппарат и т.д.).

Сосуды под давлением подлежат осмотру Госгортехнадзору:

- 1) если в сосуде находится вода с температурой более 115 °С или другая жидкость с температурой, больше температуры кипения, и с $P \geq 0.07$ МПа (без учета гидростатического давления);
- 2) если в сосуде находится пар или газ под давлением свыше 0,07 МПа.

Анализ технического состояния сосудов и аппаратов включает в себя:

- анализ технической документации (паспорт, ремонтный журнал, сменный журнал); при этом выявляются: соответствие использования оборудования его прямому назначению (температура, давление, среда и т.д.); обнаруженные в процессе эксплуатации дефекты;
- внешний и внутренний осмотр;
- неразрушающие методы контроля;
- проведение металлографических (структура и свойства металла) и прочностных (твердость, прочность на изгиб, кручение и т.д.) исследований, при необходимости;
- прочностные расчеты, при необходимости;
- гидравлические или пневматические испытания.

Перед внешним и внутренним осмотром сосуд должен быть остановлен, охлажден (или нагрет), освобожден от заполняющей его рабочей среды, отключен заглушками от всех трубопроводов, соединяющих сосуд с источниками давления или с другими сосудами, очищен до металла. Футеровка, изоляция и другие виды защиты от коррозии должны быть частично или полностью удалены, если имеются признаки, указывающие на возможность возникновения дефектов металла сосудов под защитным покрытием (неплотность футеровки, следы промокания изоляции и т.д.). Электрообогрев и привод сосуда должны быть отключены.

При проведении ремонтных работ должны соблюдаться следующие требования:

- ремонт с применением сварки (пайки) должен производиться по технологии, разработанной заводом-изготовителем, конструкторской или ремонтной организацией до начала выполнения работ, а результаты ремонта заносятся в паспорт сосуда;
- ремонт сосудов и их элементов, находящихся под давлением, не допускается;
- применяемые для отключения сосуда заглушки, устанавливаемые между фланцами, должны быть соответствующей прочности и иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется наличие поставленной заглушки; при установке прокладок между фланцами они должны быть без хвостовиков;
- при работе внутри сосуда должны применяться безопасные светильники на напряжение не выше 12 В, а при взрывоопасных средах - во взрывобезопасном исполнении;
- сосуды, работающие с вредными веществами 1-2-х классов опасности по ГОСТ 12.1.007, до начала выполнения каких-либо работ, а также перед внутренним осмотром должны подвергаться тщательной обработке (нейтрализации, дегазации) в соответствии с инструкцией по безопасному ведению работ, утвержденной главным инженером предприятия.

Результаты ремонта должны заноситься в паспорт сосуда лицом, производящим ремонт, с указанием разрешенных параметров эксплуатации сосуда и сроков следующего ремонта. На самих сосудах, признанных годными к дальнейшей эксплуатации, наносятся (краской на видном месте или на специальной табличке (форматом не менее 200х150 мм) сведения:

- регистрационный номер;
- разрешенное давление, температура;
- число, месяц и год следующего наружного и внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

Если обнаружены дефекты, снижающие прочность сосуда, то эксплуатация его может быть разрешена при пониженных параметрах (давление и температура). Возможность эксплуатации сосуда при пониженных параметрах должна быть подтверждена расчетом на прочность; при этом должен быть проведен проверочный расчет пропускной способности предохранительных клапанов.

В сосудах и аппаратах основной сборочной единицей является корпус, состоящий из обечайки и днища. Обечайкой называют цилиндрическую оболочку замкнутого профиля, открытую с торцов. Днище - это неотъемлемая часть корпуса сосуда, ограничивающая внутреннюю полость с торца.

В процессе эксплуатации корпусов сосудов и аппаратов появляются следующие характерные дефекты: трещины в сварных швах и основном металле; коррозионные поражения; эрозийный износ; гофры, вмятины, выпучины и другие деформации.

В зависимости от вида и размеров дефектов применяют в основном два способа их исправления:

- 1) заварку или наплавку дефектного участка;
- 2) замену дефектного участка (установку «латки», смену листа, обечайки, днища).

В корпусах и сварных швах исправлению путем вырезки дефектного участка и установки «латки» подлежат следующие дефекты:

- трещины, после исправления которых получается крестообразный шов;
- трещины по сварному шву с распространением в околошовную зону вдоль шва на расстоянии менее 100 мм от него;
- трещины в околошовной зоне, распространяющиеся вдоль шва на расстоянии менее 100 мм от него;
- гнездообразные трещины.

Коррозию и эрозию стенок корпусов сосудов ремонтируют наплавкой дефектных мест в следующих случаях:

- если сумма площадей дефектных участков не превышает 20% площади рабочей поверхности корпуса;
- если площадь одного дефектного участка составляет не более 500 см²;
- если глубина дефекта не превышает 30% фактической толщины стенки сосуда;

Если эти условия невыполнимы, дефектный участок необходимо вырезать и на его место вварить «латку».

Дефекты корпусов (гофры, вмятины, выпучины) устраняют заменой листа, обечайки, днища или установкой «латки» из того же металла. «Латку» формируют по кривизне радиусом на 10% меньшим, чем радиус корпуса, и вваривают стык заподлицо с основным металлом.

При подготовке дефектных мест под сварку и наплавку поверхности дефектного участка и прилегающей к нему зоны очищаются от антикоррозионных покрытий, ржавчины, окислы и других загрязнений. Полноту удаления дефекта проверяют одним из методов НК.

Концы трещин засверливают на глубину, превышающую глубину трещины на 2-3 мм. Трещины, глубиной до 1/2 толщины стенки, зачищают до получения V-образных кромок; более 1/2 толщины стенки – до получения V-образных или X-образных кромок, в зависимости от толщины стенки.

Перед началом сварки проверяют качество подготовки и состояние стыкуемых кромок. При этом должны соблюдаться нормативы: на смещение кромок в стыковых соединениях; на смещение кромок в кольцевых швах; на смещение кромок в продольных швах.

При сварке элементов разной толщины необходимо предусмотреть шпальный переход от одного элемента к другому с постепенным утоньшением более толстого элемента. Допускаются стыковые швы без предварительного утоньшения толстой стенки, если разность между толщиной соединяемых элементов не превышает 30% от толщины тонкого листа (но не более 5 мм).

Для ремонта корпусов сосудов и аппаратов следует применять материал той же марки, из которой изготовлен корпус. Использование других материалов

регламентировано ОСТ 26-291 и «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденными Госгортехнадзором России. Этими же документами регламентированы электроды и вид (условия) сварки.

Требования к сварным швам:

- Сварные швы должны иметь требуемую прочность и быть доступными для контроля. Недоступные для контроля швы должен выполнять сварщик не ниже 4-го разряда под контролем мастера и представителя отдела технического контроля. Кроме того, такие швы проверяются одним из методов неразрушающего контроля.
- Сварные швы должны располагаться вне опор. При попадании шва на опору он должен быть проверен в объеме 100% ультразвуковым или рентгенографическим методом.
- Не допускается пересечение сварных швов. Продольные сварные швы смежных обечеек должны быть смещены на величину, равную трехкратной толщине стенки корпуса, но не менее чем на 100 мм. Допускается пересечение сварных швов и допускается не смещать швы при ремонте корпусов (с номинальной толщиной стенки не более 30 мм) сосудов и аппаратов, работающих при давлении до 1,6 МПа и температуре до 400°C при условии 100%-ного контроля мест пересечения швов рентгенографическим или ультразвуковым методом.
- Подготовка кромок под сварной шов рекомендуется по ГОСТ 5264. При выборе других типов соединений рекомендуется делать V-образную подготовку при толщине листа 30 мм и менее и X-образную — при толщине листа более 30 мм.
- Сварные швы должны быть стыковыми. Допускается соединение свариваемых элементов в тавр и угловые для приварки плоских днищ, фланцев, трубных решеток, штуцеров, рубашек, люков. Для приварки укрепляющих колец и опорных элементов допускается применением нахлесточных швов.
- Все сварные швы подлежат клеймению, позволяющему установить сварщика, выполнившего эти швы. Клеймо наносят на расстоянии 20+50 мм от кромки сварного шва с наружной стороны. У продольных швов клеймо должно находиться в начале и в конце шва на расстоянии 100 мм от кольцевого шва. Для кольцевого шва клеймо выбивается в месте пересечения кольцевого шва с продольным и далее через каждые 2 м (но не менее 3 клейм на шве). Если шов с наружной и внутренней стороны заваривают разные сварщики, то клеймо ставят снаружи через дробь.

6.8. Ремонт колвинных аппаратов

Основным видом износа колонной массообменной аппаратуры является забивка колонны отложениями и коррозия ее элементов. Содержание операций и их число при разборке колонны зависят от ее диаметра. Нарговые колонны

разбирают полностью. У цельносварных колонн демонтируют только внутренние устройства.

При подготовке колонного аппарата к ремонту следует: отключить его от газовых магистралей и электросети и установить заглушки на фланцевых соединениях штуцеров; продуть аппарат азотом, чтобы концентрация вредных и горючих веществ не превышала предельно допустимых санитарных норм; демонтировать коммуникации ввода газа в колонну; разъединить фланцевые соединения, демонтировать находящееся внутри колонны оборудование. Далее необходимо выполнить тщательный наружный и внутренний осмотр корпуса колонны для выявления возможных дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации (механические повреждения, трещины, коррозия и др.). Следует обращать особое внимание на состояние сварных швов и уплотнительных поверхностей корпуса и крышки.

При наличии повреждений наружной поверхности (вмятин, коррозионных разрушений и др.) необходимо удалить дефектный металл шлифованием. Надежность ликвидации поверхностных дефектов контролируют магнитной или ультразвуковой дефектоскопией. Допускается глубина повреждения в пределах $10\pm 20\%$ толщины стенки в зависимости от размеров повреждения.

Для уплотнительных поверхностей корпусов, крышек и обтюраторов необходимо контролировать качество поверхности (забоины, риски, следы коррозии, трещины) и точность геометрической формы, при необходимости следует использовать методы механической обработки. Запрещается устранять дефекты на уплотнительных поверхностях установкой пвертышей. Все уплотнительные поверхности следует контролировать на отсутствие трещин магнитной или ультразвуковой дефектоскопией.

Тарелки разбирают внутри колонны, выносят через люки на обслуживание площадки и транспортируют для чистки и ремонта. Иногда производят чистку тарелок внутри аппарата. Для монтажа тарелок в верхней части колонны устанавливают поворотный кран-укосину, который через систему направляющих роликов и блоков соединен с лебедкой, расположенной у основания колонны.

При ремонте внутренние устройства колонн очищают от грязи, кокса и других отложений. Твердую и тестообразную массу удаляют лопаточками или скребками, кокс — пневматическими отбойными молотками. Операции, связанные с разборкой закоксованных тарелок и отбойников, наиболее трудоемки: эти операции осуществляют с помощью талей, подвешиваемых внутри колонны на опорных балках.

Определение износа и отбраковку внутренних устройств выполняют в соответствии с действующими методиками и нормами. Изношенные детали, а иногда и целые узлы заменяют.

При ремонте и обслуживании насадочных колонн основное внимание уделяют очистке внутренних устройств аппарата, его корпуса и замене насадки. При помощи лебедки, баблы и крана-укосины на верх колонны (или к любому люку) подают новую насадку и удаляют старую. Для загрузки и выгрузки на-

садки обычно используют бадьи с открывающимся днищем и сменные переносные лотки.

Изношенные штуцера и люки вырезают и заменяют новыми с обязательной установкой укрепляющих колец. При каждом ремонте измеряют фактическую толщину стенки корпуса колонного аппарата.

Корпус цельносварных колонн демонтируют при необходимости замены части корпуса или днища. Нижнюю часть корпуса или днища можно заменять и без демонтажа колонны. Для этого к верхней части колонны крепят опорную площадку, под которую подводят домкраты. Нижнюю часть колонны отрезают и удаляют, как только верхнюю часть поднимут на высоту 100 мм. После подведения новой нижней части верхнюю часть опускают и сваривают с нижней. При замене промежуточных обечаек и днищ используют мачты.

После ремонта колонны ее подвергают гидравлическим или пневматическим испытаниям.

6.9. Ремонт теплообменных аппаратов, печей, сушилок

Ремонт теплообменных аппаратов включает: подготовительные работы; разборку; выявление и устранение дефектов; чистку труб и корпуса; частичную замену труб; смену уплотнений разборных соединений; ремонт футеровки и защитных покрытий деталей с частичной заменой; сборку и испытания аппарата на прочность и плотность.

При подготовке теплообменника к ремонту следует произвести следующие операции: избыточное давление снизить до атмосферного; удалить из аппарата продукт и установить заглушки на всех коммуникациях; продуть аппарат азотом или водяным паром с последующей промывкой водой и продувкой воздухом до получения удовлетворительных анализов на содержание ядовитых и взрывоопасных веществ.

Наиболее трудоемкие операции при ремонте теплообменников: монтаж и демонтаж резьбовых соединений, очистка труб и корпуса; извлечение трубных пучков, замена труб и установка трубных пучков, испытания.

Для снижения трудоемкости работ по монтажу и демонтажу резьбовых соединений применяют гайковерты с пневматическим и гидравлическим приводом. Для извлечения трубных пучков из теплообменников с плавающей головкой можно использовать лебедки и домкраты, а также приспособления для захвата трубного пучка (лебедка или потиспаст) в сочетании с грузоподъемными механизмами (автомобильный кран, таль с передвижным монорельсом или тележка).

Трубы и корпус очищают от отложений химическими, абразивными и специальными методами.

Химическую очистку выполняют без разборки теплообменника с применением 5 ÷ 15 %-ного раствора соляной кислоты или углеводородных растворителей, разрыхляющих твердый осадок, который затем смывают водой.

Абразивные методы очистки подразделяют на механический, гидropневматический, гидромеханический (струей воды высокого давления) и дробеструйный. Для механической очистки используют шомполы (длинный стальной прут с наконечником — ершом), сверла, щетки, шарошки, буры. Гидropневматическую очистку выполняют водой под давлением 0,5–0,6 МПа и сжатым воздухом под давлением 0,7–0,8 МПа, одновременно подаваемыми в загрязненную трубу. Под действием движущихся с большой скоростью воды и воздуха отложения на стенках труб разрушаются и смываются. Гидромеханическую очистку выполняют с помощью сопл, установленных на полых штангах. В сопла подается вода под давлением 15–70 МПа насосом высокого давления. Этот способ обеспечивает высокую степень очистки при небольших затратах времени на чистку. Сущность дробеструйной очистки заключается в обработке очищаемой поверхности смесью стальной дроби с воздухом или водой, подаваемой с большой скоростью. Дробь вводится в смесь эжекционными насосами.

К специальным методам очистки относится ультразвуковой. Твердые отложения разрушаются под действием ультразвуковых колебаний, которые создаются в воде специальными вибраторами с помощью ультразвуковых преобразователей.

Замена труб в трубной решетке включает удаление дефектных труб, правку вмятин в трубах, подготовку новых труб (резку и размер и зачистку концов под развальцовку или сварку), соединение труб в пучки и крепление их в решетках.

Ремонт теплообменных аппаратов завершают гидравлическими испытаниями, причем сначала испытывают межтрубное пространство, а затем трубное. Пробное давление обычно указано в паспорте аппарата. При отсутствии в паспорте этого параметра корпус аппарата (межтрубное пространство) испытывают как сосуд или аппарат, а трубное пространство — при удвоенном рабочем давлении.

Ремонт печей очень трудоемок. Это объясняется несовершенством конструкций трубчатых печей и тяжелыми условиями их работы (высокая температура, жесткость режима и др.). Особенно трудоемок ремонт футеровки печей, выполненной из огнеупорного кирпича.

Подготовка печи к ремонту включает остановку печи; продувку трубчатого змеевика водяным паром; сушку кокса, отложившегося на внутренних поверхностях труб; охлаждение печи до необходимой температуры.

Внутренние поверхности трубчатых змеевиков чистят механическим способом или выжиганием отложившегося кокса. При использовании механического способа кокс сначала подсушивают водяным паром, а затем удаляют с внутренних поверхностей труб бойками из чугуна повышенной прочности или шарошками. Бойки и шарошки получают вращение от пневмотурбинки, которая свободно проходит внутри очищаемой трубы. Боек или шарошка соединены с валиком ротора пневмотурбинки через шарнир. Отделяемый кокс в виде

пыли и небольших кусков выдувается из трубы отработанным воздухом, выходящим из пневмотурбинки. Воздух в турбинку подают по пневмошлангу.

При чистке труб выжиганием кокса в змеевик подают водяной пар. Одновременно зажигают несколько форсунок и доводят температуру топочных газов над перевальной стеной до 450°C . При этой температуре в змеевик подают воздух под давлением не менее 0,4 МПа и затем, регулируя подачу топлива в форсунки, повышают температуру до $580\text{--}600^{\circ}\text{C}$. Процесс выжигания кокса контролируют анализом выходящих из змеевика газов на содержание диоксида углерода, которое не должно превышать $10\text{--}18\%$. Уменьшение концентрации диоксида углерода до $0,2\text{--}0,25\%$ свидетельствует об окончании процесса выжигания кокса.

Наружные поверхности труб очищают от отложений обдувкой воздухом или с помощью скребков, закрепленных на шестах.

Дефектные трубы змеевика удаляют газокислородной резкой. До установки новой трубы гнезда двойника и концы труб должны быть защищены от ржавчины и отложений до металлического блеска. Трубы крепят развальцовкой или сваркой.

После ремонта, связанного с заменой труб, двойников и других элементов, змеевик печи должен быть подвергнут гидравлическим испытаниям.

При ремонте барабанных печей и сушилок необходимо контролировать состояние внутренних устройств барабана. Об их изнашивании свидетельствует нарушение температурного режима процесса сушки, а также износ стенок корпуса от трения проходящего материала. Для нормальной работы барабанной сушилки особенно важно хорошее состояние уплотнений горячего и холодного концов, а также отсутствие подсоса холодного воздуха через газоходы и лотки для выгрузки высушиваемого материала.

Графиком планово-предупредительного ремонта барабанных сушилок предусматривают текущие ремонты (через 4320 ч работы), капитальные ремонты (через 17280 ч). Ремонтный цикл включает три текущих и один капитальный ремонты.

Основные демонтируемые или сменные детали — обечайки, опорные ролики, бандажи, зубчатые венцы и шестерни.

Ресурс обечайек сушильных аппаратов практически очень велик. Причины деформирования или разрушения обечайек: прогиб барабана вследствие неправильной установки роликов или их неравномерного изнашивания; оголение металла обечайек в результате местных повреждений футеровки, что приводит к перегреву, короблению и прогоранию стенки. Обечайки восстанавливают по обычной для цилиндрических аппаратов технологии. Поврежденный или деформированный участок обечайки удаляют газокислородной резкой, на вырезанное место ставят предварительно изогнутую по шаблону заплату и присоединяют стыковой сваркой. При наличии значительных повреждений дефектную часть обечайки вырезают и заменяют.

Опорные ролики изготавливают из стали с несколько меньшей твердостью, чем сталь, из которой выполнены бандажы. Это обусловлено тем, что сменить или восстановить ролик легче, чем бандаж. Поверхности роликов должны быть хорошо обработаны.

В процессе работы бандажы изнашиваются и форма их искажается. Поверхности бандажей обтачивают на месте. Если степень износа бандажя так велика, что обтачивать его нельзя, его заменяют. Эта операция очень трудоемкая: снимают обечайку барабана, смежную с бандажом, срезают или расклепывают старый бандаж, ставят новый, затем обечайку вместе с бандажом устанавливают на место и заваривают.

После ремонта проверяют отклонения от прямолинейности и наклона оси барабана, равномерность опирания всех бандажей на свои роликоопоры, отклонение от соосности и герметичность уплотнительных колец.

6.10. Ремонт насосов, центрифуг, фильтров

Ремонт центробежных насосов включает следующие мероприятия:

- *при техническом обслуживании* – проверка осевого разбега ротора; очистка и промывка картеров подшипников, смена масла, промывка масляных трубопроводов; ревизия сальниковой набивки, промывка систем охлаждения и смазки и смена смазочного материала; проверка состояния защитных чилиз и полумуфт;

- *при текущем ремонте* – полная разборка с проверкой и регулировкой зазоров в подшипниках скользящего, проверка радиального и торцевого биения ротора и его статическая балансировка; ревизия и замена деталей торцевых уплотнений; осмотр и восстановление резьбовых соединений насоса, шпоночных канавок и резьбы на валу;

- *при капитальном ремонте* – ревизия всех сборочных единиц и деталей; замена рабочих колес, валов, уплотняющих колец корпуса, распорных втулок.

Наиболее вероятные дефекты корпусов насосов – коррозионный износ отдельных мест: дефекты отливки корпуса, выявленные в процессе эксплуатации; износ посадочных мест; забоины, риски на плоскости разъема. Износ отдельных мест корпуса устраняют наплавкой металла с помощью электросварки. Царапины и риски – зачисткой шабером или заваркой. Значительно изношенные уплотнительные поверхности протачивают или фрезеруют. Допускается расточка изношенных мест и запрессовка втулок с последующей расточкой до номинальных размеров.

Рабочие колеса подвержены наиболее интенсивному изнашиванию в результате действия механического трения, эрозийного и коррозионного действия перекачиваемой среды, кавитационного разрушения и ряда других факторов. При сильном кавитационном разрушении рабочего колеса (сквозные отверстия, полное или частичное разрушение лопастей) его заменяют. Визуально выявляются задиры и забоины, которые необходимо зачистить. Поврежденные

места восстанавливают наплавкой с последующей проточкой. При ослаблении посадки рабочих колес (допуск $\pm 0,01$ мм) их следует заменить.

Наиболее вероятные дефекты валов: износ шеек вала, трещины; износ резьбы и шпоночных пазов; искривление вала. Износ шеек вала не должен превышать 2 % номинального диаметра. Овальность или конусность шеек вала под подшипники скольжения должна быть не более 0,004 мм.

При искривлении и повышенном биении вала его выправляют на специальном приспособлении или токарном станке. При значительных прогибах вала правку выполняют термическим способом. Задиры и риски на валу глубиной до 0,2 мм должны быть зашлифованы; при больших задирах поверхности вала следует проточить. Поврежденную резьбу на валу восстанавливают резцом. Если повреждения значительны, то вал заменяют или участок вала протачивают, затем наплавляют, обрабатывают и на нем нарезают новую резьбу.

После сборки насоса, которую выполняют в порядке, обратном разборке, проводят испытания и присмкку насоса из ремонта.

При текущем ремонте центрифуг чистят барабан, регулируют зазор между корпусом барабана и ножами, проверяют набивку сальников, смазочный материал подшипников шнека, заменяют масло в подшипниках барабана, проверяют отклонение от соосности валов электродвигателя и редуктора. При капитальном ремонте (помимо указанных работ) заменяют сопла, ножи, манжеты гидросистемы, пальцы и втулки муфты привода, подшипники барабана и редуктора привода, контролируют тормоз барабана с заменой тормозной ленты.

Значительный износ корпуса барабана и других деталей ротора центрифуги, а также наличие трещин на них приводят к нарушению балансировки и появлению заметной вибрации. Вибрирующую центрифугу останавливают и не запускают в работу до тех пор, пока не будет обнаружена и устранена причина вибрации.

Часто изнашиваются тормозной обод на барабане и тормозная лента. Тормозной обод обтачивают на станке, причем после каждого ремонта ротор подвергают статической и динамической балансировкам. Изношенную тормозную ленту заменяют. После установки новой ленты регулируют натяжение пружин для обеспечения необходимой скорости торможения ротора. Надежность крепления тормоза на станине и кожухе, а также тормозных пружин регулярно проверяют; дефекты ликвидируют.

Отремонтированную центрифугу сдают в эксплуатацию после пробного пуска, при котором контролируют устойчивость вращения ротора, уровень шума, температуру подшипников, работу системы блокировки электродвигателя, тормоза и механизма закрывания крышки.

При текущем ремонте вакуум-фильтров промывают масленки и маслопроводы, заменяют масло в редукторе, проверяют состояние полумуфт. При капитальном ремонте (кроме работ текущего ремонта) снимают крышки фильтра, заменяют фильтровальную ткань, проволоку и сетки, ремонтируют шнек или нож, выполняют проточку и шабрение шайб распределительной головки, ре-

монтаж подшипников барабана, ревизию и (при необходимости) замену зубчатых колес и червяков редуктора и подшипников качения.

При текущем ремонте дисковых фильтров заменяют резиновые сальники корпуса фильтра, фильтровальную ткань, производят чеканку и пайку дисков, проверяют состояние поршня и штока гидравлической системы. При капитальном ремонте (кроме работ текущего ремонта) проверяют и ремонтируют корпус, поршень, шток, гидроподъемник, заменяют вентили, штуцера, кронштейны, корыто, изношенные зубчатые колеса. Проверяют отклонение от горизонтальности корпуса фильтра.

При текущем ремонте рамных фильтр-прессов заменяют фильтровальную ткань, сальники, кожаные манжеты поршня гидравлического зажима, масло в редукторе привода, проверяют центровку электродвигателя с редуктором. При капитальном ремонте (кроме работ текущего ремонта) выполняют ревизию и замену плит, рам, плунжеров, ремонт или замену гидравлического зажима, ревизию гидронасоса с заменой изношенных деталей.

При текущем ремонте электрофильтров проверяют состояние изоляторной коробки, изоляторов и шин, осматривают механизм встряхивания осадительных электродов. При капитальном ремонте, кроме того, заменяют газораспределительную решетку и механизм встряхивания, коронирующие электроды и термоизоляцию.

Библиографический список

1. Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности. /В.Н.Азаров и др. М.: Химия, 1986. 352 с.
2. Ермаков В.И., Шегин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования. Л.: Химия, 1981. 368 с.
3. Монтаж технологического оборудования. /В.З.Маршев, М.Л.Эльяш, М.П.Демат и др./Под ред. В.З.Маршева. М.: Стройиздат, 1983. 584 с.
4. Матвеев В.В. Примеры расчета такелажной оснастки. Л.: Стройиздат, 1979. 239 с.
5. Машины и аппараты химических производств. /И.И.Поникаров, О.А.Перелыгин, В.Н.Доронин, М.Г.Гайнуллин. М.: Машиностроение, 1989. 368 с.
6. Рахмилевич З.З., Радзин И.М., Фарамазов С.А. Справочник механика химических и нефтехимических производств. М.: Химия, 1985. 592 с.
7. Фарамазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. М.: Химия, 1980. 312 с.
8. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. М.: ГИО ОБТ, 1996. 242 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ.....	4
1.1. Проектно-техническая документация.....	4
1.2. Поставка, приемка, хранение и сдача оборудования в монтаж.....	5
1.3. Транспортировка оборудования, изготовление его на месте монтажа.....	6
2. ОСНОВНОЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, МЕХАНИЗМЫ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ.....	11
2.1. Самоходные стреловые краны.....	11
2.2. Мачтовые подъемники.....	12
2.3. Лебедки.....	19
2.4. Тали.....	20
2.5. Домкраты.....	21
2.6. Монтажные якоря.....	21
2.7. Канаты и приспособления для закрепления стальных канатов.....	24
2.8. Стропы.....	26
2.9. Монтажные блоки, полиспасты.....	28
2.10. Траверсы.....	30
2.11. Шарнирные устройства.....	32
2.12. Устройства для строповки сосудов и аппаратов.....	33
3. МОНТАЖ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.....	34
3.1. Общие сведения.....	34
3.2. Производство работ мачтовыми подъемниками.....	34
3.3. Монтаж оборудования самоходными стреловыми кранами.....	54
3.4. Монтаж внутренних устройств колонных аппаратов.....	62
4. МОНТАЖ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	66
5. ВЫВЕРКА, ЗАКРЕПЛЕНИЕ И ИСПЫТАНИЯ СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	70
6. ЗАДАЧИ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	79
6.1. Система технического обслуживания и ремонта оборудования.....	79
6.2. Система планово-предупредительного ремонта.....	81
6.3. Структура организации и управления ремонтно-механических служб химических предприятий.....	83
6.4. Положение о главном механике и отделе главного механика.....	84
6.5. Виды дефектов.....	86
6.6. Методы неразрушающего контроля.....	87
6.7. Ремонт сосудов и аппаратов.....	89
6.8. Ремонт колонных аппаратов.....	92
6.9. Ремонт теплообменных аппаратов, печей, сушилок.....	94
6.10. Ремонт насосов, центрифуг, фильтров.....	97
ЛИТЕРАТУРА.....	100