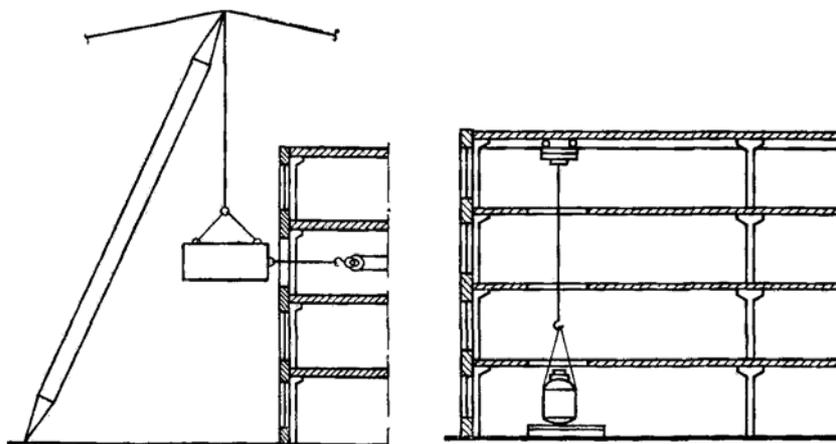


А.Д. Яцков, А.А. Романов

ДИАГНОСТИКА, МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ



◆ Издательство ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

А.Д. Яцков, А.А. Романов

ДИАГНОСТИКА, МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗ- ВОДСТВ

*Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2006

УДК 66.02/08.002.72
ББК Л81-5-05я73-5
Я936

Рецензенты:

Заведующий кафедрой ТМ, МСиИ ТГТУ
доктор технических наук, профессор
В.А. Ванин

Главный инженер хлебозавода № 5 г. Тамбова
А.В.Насекин

Яцков, А.Д.
Я936 Диагностика, монтаж и ремонт технологического оборудования пищевых производств : учебное посо-

бие / А.Д. Яцков, А.А. Романов. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 120 с. – 100 экз. – ISBN 5-8265-0550-8.

Рассмотрены современные методы диагностики, монтажа, ремонта и испытания смонтированного и отремонтированного оборудования. Представлено ремонтное и монтажное оборудование, общие вопросы организации проведения монтажа и ремонта технологического оборудования, основные требования техники безопасности.

Предназначено для студентов всех форм обучения специальности 260601 «Машины и аппараты пищевых производств».

УДК 66.02/08.002.72
ББК Л81-5-05я73-5

ISBN 5-8265-0550-8

© А.Д. Яцков, А.А. Романов, 2006

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2006

Учебное издание

ЯЦКОВ Анатолий Дмитриевич,
РОМАНОВ Александр Андреевич

ДИАГНОСТИКА, МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Учебное пособие

Редактор В.Н. Митрофанова
Компьютерное макетирование Т.Ю. Зотовой

Подписано в печать 26.12.2006
Формат 60 × 84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
6,9 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ № 861

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ЧАСТЬ I

1. ЗАДАЧИ КУРСА «ДИАГНОСТИКА, МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

Изучение дисциплины «Диагностика, монтаж и ремонт технологического оборудования пищевых производств» строится на базе знаний, полученных студентами при изучении курсов «Процессы и аппараты пищевых производств», «Основы гидравлики и теплотехники», «Технология металлов» с учетом практических навыков, приобретенных в период производственных практик.

Под монтажом понимают комплекс операций, включающих сборку оборудования, установку его на фундаменте, окраску, пуск в ход, регулировку и наладку. От качества монтажных работ, и, в первую очередь, работ по монтажу технологического оборудования, подъемно-транспортных устройств и технологических трубопроводов в значительной мере зависят быстрейшее освоение проектных мощностей и эксплуатационная надежность оборудования.

Выполнение монтажных работ должно осуществляться на основе механизации, внедрения новой техники, прогрессивной технологии и организации труда. Одной из прогрессивных форм организации труда на монтажных работах является создание комплексных бригад. Такие бригады осуществляют собственными силами весь комплекс работ по монтажу оборудования, включая такелажные работы, обвязку оборудования трубопроводами и т.д.

В процессе эксплуатации из-за естественного износа отдельных деталей происходит снижение работоспособности оборудования. Восстановление его эксплуатационных показателей осуществляется путем тщательного ухода, систематического осмотра, проведения текущего и капитального ремонтов с заменой изношенных деталей и соответствующей наладкой оборудования.

Изучая ремонт отдельных машин и аппаратов, основное внимание следует уделить технологии и организации проведения передовых методов ремонта и, в частности, поточно-узловому методу, при котором ремонт сводится к замене износившихся или поломанных деталей и узлов новыми или заранее отремонтированными.

В результате изучения предмета «Диагностика, монтаж и ремонт технологического оборудования пищевых производств» изучающий должен уметь своевременно организовать работу по эксплуатации, монтажу, наладке и ремонту оборудования предприятий пищевой промышленности; обеспечить эффективное использование производственных мощностей, безаварийную работу технологического оборудования; составлять график ремонта оборудования и механизмов, дефектные ведомости, заявки на материалы и сметы для ремонта, отчеты, вести техническую документацию по эксплуатации и ремонту оборудования; осуществлять контроль по охране труда и противопожарной защите.

Все это позволит инженеру-механику пищевых предприятий овладеть достаточными знаниями и осуществлять впоследствии на практике высокопроизводительный и качественный монтаж и ремонт оборудования.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1. Общие принципы организации монтажных работ

Под монтажом следует понимать всю совокупность операций, как подготовительных, так и исполнительных, включающих расконсервацию оборудования, ревизию, агрегатную сборку, установку на фундаменты, выверку, подключение к коммуникациям и индивидуальные испытания.

Монтажные работы могут производиться как на вновь строящемся, так и на действующем предприятии при оснащении его дополнительным оборудованием или реконструкции отдельных цехов.

Монтажные работы проводятся по специально разработанному проекту организации монтажа, в котором отражены следующие основные вопросы и технические решения:

- 1) календарные планы работ по монтажу в целом, а также по монтажу отдельных объектов и виду оборудования;
- 2) план площадки для монтажных работ;
- 3) методы работ и их механизация, мероприятия по безопасному ведению работ;
- 4) технологические схемы процессов монтажа отдельных объектов оборудования в планах и разрезах;
- 5) потребность в подъемно-транспортном оборудовании, приспособлениях, опорных устройствах и инструменте для механизации монтажных работ;
- 6) потребность в рабочей силе, расстановка специализированных и монтажных бригад;
- 7) схема совмещения монтажных работ со строительными и специально монтажными;
- 8) сметы на производство монтажных работ.

Полный комплект технической документации включает следующие документы: рабочие чертежи, сметы, детализированные чертежи на трубопроводы и на металлоконструкции индивидуального заказа, паспорта на монтируемое оборудование и сосуды с комплектовочными ведомостями, инструкции заводов-изготовителей по монтажу и наладке оборудования.

Рабочие чертежи на монтаж металлоконструкций должны включать: монтажные схемы, планы и разрезы, планы фундаментных (анкерных) болтов, узлы крепления конструкций, сечения, расчетные усилия в конструкциях и узлах.

Сметная документация содержит: сметы по рабочим чертежам объекта на монтаж оборудования, металлоконструкций, технологических трубопроводов, водопровода, канализации, вентиляции и отопления, силового электроснабжения, строительной части объекта; сводную смету по строящемуся предприятию и сметно-финансовый расчет.

На основе проектно-сметной документации, полученной от заказчика, монтажная организация, которая будет проводить монтаж, разрабатывает, согласовывает и утверждает проект производства монтажных работ.

2.2. Способы производства монтажных работ

Производство монтажных работ может быть осуществлено следующими способами: хозяйственным, подрядным и субподрядным.

При *хозяйственном* способе монтажные работы выполняются непосредственно предприятием, на котором монтируется оборудование. Предприятие обеспечивает проведение всех монтажных работ рабочей силой и всеми потребными материалами. При хозяйственном способе стоимость монтажных работ, как правило, повышается и срок их удлиняется, поэтому этот способ проектируется при небольших объемах монтажных работ (обычно на действующем предприятии).

При *подрядном* способе монтажные работы ведет специальная монтажная организация, называемая подрядчиком (генподрядчиком). Этот способ является основным и обеспечивает выполнение всех работ высококвалифицированными специалистами с использованием необходимых механизмов и специализированного транспорта.

При *субподрядном* способе генподрядчик часть монтажных работ передает другой специализированной монтажной организации. Организация, ведущая эту часть работ, называется субподрядчиком.

2.3. Подготовка к монтажу

Своевременная подготовка монтажных работ и правильная организация их производства обеспечивают максимальную производительность труда, сокращение сроков продолжительности монтажа оборудования и высокое качество монтажных работ.

При большом объеме монтажных работ специализированная проектная организация разрабатывает проект организации монтажа. Поэтому, прежде чем приступить к монтажу, необходимо детально ознакомиться с проектом и, в первую очередь, с проектными материалами: монтажным проектом, проектом организации монтажных работ, сметной документацией, технической документацией на оборудование, рабочими и установочными чертежами, спецификациями. Эти материалы необходимо проверить с целью выявления их полноты и достаточности для производства монтажных работ.

К началу производства монтажных работ необходимо осуществить организационно-техническую подготовку, включающую:

- организацию складов, открытых площадок для хранения и укрупнительной сборки технологического оборудования, узлов трубопроводов и металлоконструкций;
- сооружение постоянных или временных подъездных путей, обеспечивающих нормальную подачу оборудования, конструкций и материалов в монтажную зону;
- прокладку внешних сетей для подвода к строящемуся объекту электроэнергии, воды, пара, сжатого воздуха, необходимых для производства монтажных работ;
- разработку графиков производства монтажных работ и передачи в монтаж оборудования;
- возведение необходимых для монтажных работ временных сооружений, производственных и бытовых помещений.

Временные мастерские для изготовления непоставляемого оборудования (каркасы, трубопроводы и др.) и обеспечения ремонта оборудования, монтажных приспособлений и инструментов создаются в соответствии с указаниями проекта производства монтажных работ.

По окончании устройства складов, навесов, площадок, временных мастерских и организации монтажной площадки выполняют следующие работы:

- приемку оборудования и организацию его хранения;
- приемку строительных работ объекта для производства монтажных работ;
- проведение разметочных работ;
- распаковку оборудования, общий просмотр его и проверку комплектности;
- ревизию оборудования (разборка и сборка оборудования с промывкой и очисткой деталей) – ее проводят в том случае, если обнаружены дефекты заводского изготовления и сборки, если оборудование было ранее демонтировано, если оборудование пролежало на складе более года;
- частичное оснащение оборудования – комплектовка его изделиями и пригонку их (патрубки, коробки, ограждения и др.);
- сборку отдельных узлов оборудования (например, секций станины, норийных труб, вентиляционных трубопроводов);
- выборочную проверку оборудования на холостом ходу от временных электродвигателей;
- изготовление приспособлений и оснастки, предусмотренных проектом производства монтажных работ.

2.4. Приемка и хранение оборудования

Приемка оборудования, поступающего на монтаж, производится комиссией заказчика с привлечением подрядчика. При этом проверяются: соответствие оборудования по проекту, а по заводской документации – выполнение заводом-изготовителем контрольной сборки, обкатки и других испытаний в соответствии со стандартами и техническими условиями на оборудование; комплектность оборудования по заводским спецификациям, отправочным и упаковочным ведомостям, в том числе наличие специального инструмента и приспособлений, поставляемых заводом-изготовителем; отсутствие повреждений и дефектов оборудования, сохранность окраски, консервирующих и специальных покрытий, сохранность пломб; наличие и полнота технической документации завода-изготовителя, необходимой для производства монтажных работ.

В случае установления комиссией некомплектности оборудования или дефектов составляется акт. Составление актов и предъявление рекламаций и претензий заводу-изготовителю или поставщику оборудования являются обязанностью заказчика.

Оборудование, предназначенное для монтажа, должно храниться на специальном складе, отвечающем требованиям пожарной безопасности. Оно должно быть установлено на деревянные подкладки или уложено на стеллажи.

Размещение оборудования в складе должно проводиться в соответствии с очередностью его подачи на монтаж. К каждой машине или ящику прикрепляется бирка с указанием наименования и краткой характеристикой оборудования.

Хранимое на складе оборудование должно быть очищено от грязи и периодически протираться с одновременной проверкой состояния смазки на обработанных поверхностях. Для предохранения металлических частей оборудования от коррозии их покрывают антикоррозионной смазкой. Передача оборудования со склада в монтаж оформляется актом.

1. Допускаемая глубина местных дефектов на поверхности стальных аппаратов и глубина зачистки, мм

Толщина стенки	Глубина	
	дефектов	зачистки дефектов
4 – 6	0,3	0,5
6–7	0,3	0,7
8 – 10	0,3	1,0
10 – 12	0,6	1,2

2.5. Документация на оборудование

На поставляемое под монтаж оборудование должна быть следующая документация:

1. Сведения об условиях работы аппарата или машины (P , t , среда, агрессивность).
2. Способы и параметры испытаний.
3. Данные о материале прокладок и набивок.
4. Спецификация деталей с указанием веса материала.
5. Карта назначения штуцеров.
6. Указания о футеровке или других защитных покрытиях.
7. Зарегистрированная книга для аппаратов, подведомственных Госгортехнадзору.
8. Комплектующая и маркировочная ведомость для негабаритных и разобранных аппаратов и инструкция по сборке и сварке.
9. Указания по установке и креплению аппарата.
10. Указания по тепловой изоляции.
11. Данные о документации, оформляемой в процессе приемки, монтажа, испытаний, сдачи в эксплуатацию.

2.6. Методы монтажа оборудования

Для проведения монтажа скоростными методами, прежде всего, необходимы своевременная подготовка монтажных работ и правильная организация их производства.

До начала монтажных работ необходимо провести следующие мероприятия:

- составить общий график производства монтажных работ и отдельные графики для бригад и звеньев на монтаж каждого отдельного объекта;
- укомплектовать бригады и специализированные звенья, распределить их по отдельным объектам работ;
- подготовить и оборудовать помещения для мастерских, складов и других служб;
- ознакомить рабочих с намеченными видами работ и провести инструктаж по вопросам техники безопасности.

В значительной мере сокращают сроки выполнения монтажных работ и внедрения в производство следующие мероприятия:

- демонстрация, изучение и внедрение новых (передовых) приемов работы монтажников;
- внедрение механизации при ручных такелажных работах;

- параллельное и одновременное ведение различных работ и операций по согласованным графикам (поточно-совмещенный график);
- проведение работ в две и три смены (непрерывный монтаж);
- использование эксплуатационных рабочих для монтажа.

Наибольшее распространение в пищевой промышленности получили поточно-совмещенный и последовательный методы, и в зависимости от организации производства монтажных работ – комплектно-блочный, крупноблочный, поточно-узловой и бесподкладочный.

Поточно-совмещенный метод. Этот метод производства является наиболее прогрессивным и экономичным, требует наиболее тщательной инженерно-экономической подготовки, способствует сокращению нормативных сроков продолжительности строительства (реконструкции) объектов. Работы выполняются строго по разработанному и согласованному со всеми строительно-монтажными организациями и заказчиком графику. Вначале сооружают фундаменты и площадки под технологическое оборудование, монтируют колонны и другие конструкции. Затем устанавливают в проектное положение оборудование, опорные и обслуживающие металлоконструкции и после этого ограждающие стеновые конструкции. Этим методом, как правило, монтируют тяжелое оборудование (выпарные аппараты, печи, бутылкомоечные машины, сушилки, силосы для муки, ректификационные колонны для получения этилового спирта).

Эффективность поточно-совмещенного метода монтажа оборудования и коммуникаций достигается путем: укрупнения оборудования, металлоконструкций и трубопроводов до их монтажа на производственных базах или площадках для укрупнительной сборки; повышения уровня механизации и коэффициента использования грузоподъемных машин и механизмов; экономии затрат на устройство монтажных проемов, выносных площадок, изготовления индивидуальных такелажных средств; повышения производительности труда монтажников и снижения себестоимости механомонтажных работ; сокращения продолжительности строительства (реконструкции) объектов.

Недостатком этого метода являются дополнительные затраты на защиту смонтированного оборудования от повреждений в процессе общестроительных и отделочных работ.

Последовательный метод. Данный метод применяют при монтаже оборудования, которое по техническим условиям может быть установлено только в построенных зданиях и помещениях, а также при незначительном объеме монтажных работ (техническом перевооружении предприятия).

Комплектно-блочный метод. Монтаж оборудования и трубопроводов этим методом сопряжен с максимальным переносом работ с монтажной площадки в условиях промышленного производства (предприятия-поставщики либо производственные базы монтажных организаций). В результате этого обеспечивается поставка на стройки агрегированного оборудования в виде комплектов блочных устройств, включающих опорные и обслуживающие конструкции, обвязочные технологические трубопроводы, элементы электрических и автоматизированных систем в пределах группы машин.

Крупноблочный метод. При этом методе оборудование поставляется заводами-изготовителями в виде транспортабельных комплектных блоков. В отдельных случаях на монтажной площадке предварительно производят укрупнительную сборку. Монтаж осуществляется путем установки отдельных укрупненных блоков.

Поточно-узловой метод. Этим методом осуществляют монтаж оборудования, поступающего с низкой степенью заводской готовности («россыпью») – подвесные бесконвейерные и конвейерные пути, норрии и т.п. Основным принципом метода является непрерывное и равномерное во времени производство работ, которое обеспечивается следующими организационно-техническими мероприятиями: разделение технологического процесса монтажа на составляющие процессы и операции; создание производственного ритма; разделение труда между исполнителями; совмещение процессов укрупнительной сборки и монтажа в пространстве и времени.

Бесподкладочный метод. Монтаж оборудования этим методом осуществляется без применения подкладок путем установки отжимных регулировочных устройств, вмонтированных в основания машин, инвентарных регулировочных подкладок и специального приспособления, установочных гаек специальной конструкции.

Успешно применяемый комплекс прогрессивных и экономичных методов монтажа оборудования и коммуникаций составил понятие «скоростной монтаж». Использование скоростного монтажа комплектно поставляемых технологических линий и установок позволило сократить нормативную продолжительность монтажа на 20 – 25 %.

Кроме того, необходимо выдерживать график движения рабочей силы (рис. 1).

Он должен иметь плавный характер, причем максимум рабочей силы занимает не менее 1/3 всего времени монтажа. Плавность графика обеспечивается правильной последовательностью монтажа оборудования объекта: I – участок подготовки к проведению монтажных работ; II – участок проведения монтажных работ; III – участок пуско-наладочных работ.

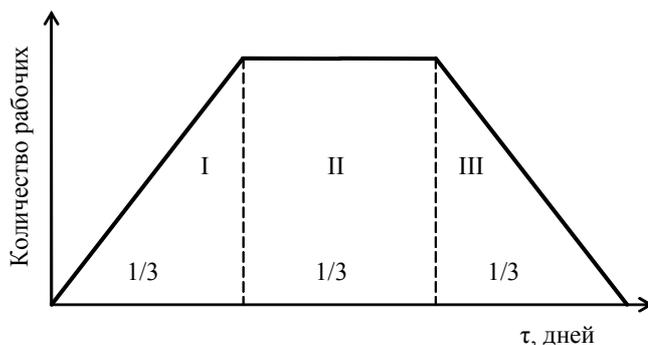


Рис. 1. График движения рабочей силы

2.7. Перевозка оборудования и монтажных кранов на объект

Технологическое оборудование перевозится на большие расстояния в основном железнодорожным транспортом. Все оборудование должно вписываться в нормальный габарит погрузки, установленный Министерством путей сообщения РФ. Грузы, выходящие за пределы очертания нормального габарита погрузки, называются негабаритными, и их перевозка производится по специальному согласованию с железной дорогой.

Погруженные на подвижной состав грузы, в зависимости от выхода за габарит погрузки в вертикальной плоскости, могут иметь боковую, верхнюю или нижнюю негабаритность. К грузам с боковой негабаритностью относятся такие, которые выходят за габарит погрузки по высоте на 230 – 4000 мм, считая от головки рельса. Грузами с нижней негабаритностью считают такие, которые превышают габарит погрузки в пределах высоты до 230 мм от головки рельса.

При погрузке крупного оборудования, в том числе монтажных кранов, с железной дорогой согласовывают схему погрузки и крепления оборудования на платформах. Для серийного и часто перевозимого груза, например для гусеничных и колесных кранов, схема погрузки отражена в технических паспортах заводоизготовителей и согласована с МПС РФ.

При перевозке оборудования железнодорожным транспортом должны быть выдержаны требования по расположению высоты центра тяжести машины относительно оси платформы (смещение центра тяжести от продольной оси платформы должно быть не более 0,1 м). Для перевозки по железной дороге к месту работы монтажных кранов требуется несколько платформ в зависимости от типа крана: для кранов МКГ-25 и МКГ-25 БР – две, СКГ-63 – семь, МКП-25 – три.

Для перевозки оборудования на расстояние до 100 – 200 км, а иногда и более 300 км применяют прицепы-тяжеловозы (трайлеры). Крепление оборудования должно исключать возможность свободного перемещения на платформе. Допускается перевозка аппаратов по согласованию с МПС весом до 240 т, Ø 3980 мм при длине до 21 м и Ø 3915 мм при длине 22 – 30 м.

Речным транспортом на судах Ø ≤ 8 м и длиной до 55 м с буксировкой на плаву Ø ≤ 10 м и длиной до 100 м по согласованию с Министерством речного флота. Поставляемое оборудование должно иметь ответные фланцы на штуцерах, а также крепежные детали и анкерные болты.

2.8. Перемещение оборудования и конструкций в пределах строящегося (реконструируемого) предприятия

К началу такелажных работ на монтажной площадке должны быть сооружены дороги, ведущие к монтажной зоне, устроены подъезды от железнодорожных путей к площадкам для укрупнительной сборки и подъема технологического оборудования. До начала использования стреловых самоходных кранов монтируют выносные площадки в монтажных проемах многоэтажных зданий строящихся (реконструируемых) предприятий.

Наиболее производительным и распространенным является перемещение оборудования, конструкций и монтажных заготовок механизированным способом с использованием автотранспорта, погрузчиков, тракторов и трайлеров, а также подъем и установка его в проектное положение с помощью штатных мостовых кранов и электротельферов, самоходных стреловых и козловых кранов. Перемещение грузов осуществляют с помощью лебедок.

Оборудование со склада подают на площадку для укрупнительной сборки и к месту монтажа автотранспортом или на специальных саних, реже на стальном листе, имеющем отгиб, с помощью трактора или гусеничного самоходного транспортера. Для перемещения оборудования внутри цеха или отделения применяют специальные телеги грузоподъемностью от 0,5 до 3 т с гуммированными колесами. Тележки передвигают вручную, а при большой нагрузке – погрузчиками или лебедками. От площадки для укрупнительной сборки или со склада оборудование перемещают к месту установки автопогрузчиками или гусеничным краном, либо при помощи тракторов или лебедок (если невозможно использовать тягач).

Тяговое усилие, необходимое для перевозки тяжеловесного оборудования, а также подтаскивание его лебедкой

$$P = Qf, \quad (1)$$

где Q – вес груза, включая сани или лист; f – коэффициент трения скольжения.

Тяговое усилие при перевозке с подъемом более 15°

$$P = Q(\sin \alpha + f \cos \alpha), \quad (2)$$

где α – угол подъема.

При угле $\alpha < 15^\circ$ значение $\cos \alpha$ близко к единице и формула (2) может упрощена

$$P = Q(\sin \alpha + f). \quad (3)$$

Ввиду того, что коэффициент трения покоя в среднем в 1,5 раза больше коэффициента трения движения, расчетное тяговое усилие необходимо увеличить на 50 % при сдвиге груза с места

$$P_{\text{сдв}} = 1,5P.$$

Значение коэффициента f зависит от материала соприкасающихся поверхностей. Так, при поверхностях: *сталь по бетону* – $f = 0,45$, *сталь по стали* – $f = 0,15$, *дерево по бетону* – $f = 0,5$.

При перемещении оборудования на катках из труб необходимое тяговое усилие определяют по следующим формулам:

– по горизонтальной поверхности

$$P = Q(k_1 + k_2) / d;$$

– по наклонной поверхности

$$P = Q[\sin \alpha + \cos \alpha(k_1 + k_2)] / d,$$

где d – диаметр катков, см; k_1 и k_2 – коэффициенты трения качения соответственно между поверхностью качения и катками и между катками и грузом (для стали *по бетону* – 0,06; для стали *по стали* – 0,05; для стали *по дереву* – 0,07).

При угле $\alpha < 15^\circ$ тяговое усилие

$$P = Q[\sin \alpha + (k_1 + k_2) / d].$$

По найденным усилиям P рассчитывают тяговый канат или полиспаст и подбирают тяговый механизм. Для перемещения оборудования внутри здания наиболее часто применяют электрические и ручные рычажные лебедки. Очень часто крепление лебедок осуществляют к строительным конструкциям. Для крепления лебедок к строительным конструкциям производят подсчет несущей способности конструкции с учетом места приложения нагрузки и согласовывают крепление лебедки с проектной организацией или генподрядчиком (заказчиком).

Усилие, препятствующее горизонтальному смещению лебедки

$$P = S - T_c,$$

где S – усилие в канате, идущем на барабан лебедки, Н; T_c – сила трения рамы лебедки на опорную поверхность, Н.

$$T_c = (Q_n + Q_b) f,$$

где Q_n – масса лебедки, т; Q_b – масса балласта (если он имеется), т.

Для изменения направления движения тягового каната (троса) устанавливают отводные блоки, которые крепят так, чтобы канат тяговой лебедки подходил к ним в горизонтальном или близком к горизонтальному направлении. Отводные блоки должны быть установлены от лебедки на расстоянии большем двадцатикратной длины барабана лебедки. Угол схода каната с лебедки должен быть на менее $0,105$ рад (6°), что обеспечивает нормальную укладку каната на барабан.

Усилие, воспринимаемое строительными конструкциями в точке крепления отводного блока, больше тягового усилия лебедки

$$P = 2S_k \cos(\alpha / 2),$$

где S_k – натяжение каната, Н; α – угол между ветвями каната, град (рад).

При использовании барабанных лебедок небольшой грузоподъемности в условиях, где отсутствуют строительные конструкции для их закрепления и восприятия опрокидывающего момента применяют балласт, укладываемый на раму лебедки. Масса балласта для обеспечения устойчивости лебедки

$$Q_b = k \frac{Ph - Q_n l}{l_1},$$

где k – коэффициент устойчивости лебедки, принимаемый равным двум; P – усилие в канате, набегавшем на барабан лебедки; h – высота от низа рамы лебедки до набегавшего на барабан каната; l и l_1 – расстояния от ребра опрокидывания лебедки до оси, проходящей соответственно через центр тяжести лебедки и балласта.

Для подъема грузов, масса которых превышает тяговое усилие лебедки (барабанной или рычажной), используют полиспасты, дающие выигрыш в силе. Тяговое усилие, необходимое для перемещения тележки с грузом по наклонным временным рельсовым путям

$$P = Q(\sin \alpha + f_0 \cos \alpha),$$

где Q – масса тележки с грузом; α – угол наклона рельсового пути к горизонту; f_0 – коэффициент тяги

$$f_0 = \frac{fd + 2k}{D},$$

где f – коэффициент трения скольжения в цапфах тележки; d – диаметр цапф осей тележки; k – коэффициент трения качения для колес, равный 0,05; D – диаметр колеса.

Коэффициент тяги для тележки с подшипниками качения приближенно принимают равным 0,01; с подшипниками скольжения 0,02. Для сдвига тележки с грузом с места расчетное усилие увеличивают на 50 %.

Расчет прочности стальных канатов проводят по методу коэффициентов запаса: максимальное расчетное усилие в ветвях канатов определяют по нормативным нагрузкам (без учета коэффициентов динамичности и перегрузки), умножают на коэффициент запаса прочности и сравнивают с разрывным усилием каната в целом. Расчет стальных канатов на прочность производят по формуле

$$P_k / S \geq K_3,$$

где P_k – разрывное усилие каната в целом, принимаемое по сертификату или ГОСТу; S – наибольшее натяжение ветви каната (без учета динамических нагрузок); K_3 – коэффициент запаса прочности (для грузовых канатов с ручным приводом 4; с машинным приводом 5–6; для полиспастов 3,5 – 5; для расчалок и оттяжек 3 – 5; для стропов 5–6).

Наибольшее натяжение для канатов полиспастов, расчалок и стропов

$$S = aP; \quad S = P / \cos \alpha n,$$

где P – расчетная нагрузка, приложенная к подвижному блоку полиспаста; α – угол между осью действия расчетного усилия и ветвью каната; n – общее число ветвей каната.

Стальные канаты следует назначать в зависимости от маркировочной группы, по временному сопротивлению разрыву и разрывному усилию. Расчет стропов из стальных канатов производят с учетом числа ветвей n и угла наклона их к вертикали α по формуле

$$S = (1 / \cos \alpha)(Q / n) = m(Q / n),$$

где S – натяжение ветви стропа; Q – масса груза; m – коэффициент при $\alpha = 0$, $\alpha = 30^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$ равный соответственно 1, 1,15 и 1,42.

При использовании погрузчиков следует учитывать, что их грузоподъемность для грузов равной массы, но различной ширины неодинакова, так как она зависит от расположения центра тяжести груза относительно переднего моста погрузчика. Грузоподъемность, кН погрузчика в данном случае

$$G = M / (K(a + l)),$$

где M – момент устойчивости погрузчика ($M = G_n b$); G_n – масса погрузчика; b – расстояние от переднего моста погрузчика до горизонтальной проекции центра его тяжести; K – коэффициент устойчивости погрузчика ($K = 1,3 - 1,5$); a – расстояние от центра тяжести груза до вертикальной стенки; l – расстояние от оси переднего моста погрузчика до вертикальных стенок вилок (приводится в техпаспорте погрузчика).

Погрузчик для производства такелажных и погрузочно-разгрузочных работ выбирается исходя из габаритов и массы перемещаемых грузов.

2.9. Грузоподъемные средства для перемещения и монтажа технологического оборудования

К средствам для перемещения и монтажа оборудования и конструкций в монтажной зоне относят самоходные стреловые краны (автомобильные, гусеничные, пневматические), башенные, козловые краны, автопогрузчики, трубоукладчики. Подъем и установку технологического оборудования выполняют также с помощью проектных (штатных) мостовых кранов и электротельферов.

Высокие вертикальные аппараты поднимают грузоподъемными мачтами. Аппараты небольшого диаметра можно устанавливать на фундаменты с помощью одной мачты, однако, при этом затрудняется наводка на фундамент. Поэтому обычно используют две мачты, работающие в паре. В некоторых случаях для подъема особенно тяжелых аппаратов применяют четыре попарно объединенных мачты. При монтаже оборудования находят применение П-образные порталы. Но они применяются в основном в химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

3. КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ

3.1. Мачтовые подъемники

Мачтовые подъемники являются наиболее распространенным средством монтажа любых тяжеловесных крупногабаритных аппаратов, установленных на любой высоте, в том числе на высоких фундаментах и постаментов. Как универсальное средство монтажа мачтовые подъемники выпускаются определенных типоразмеров грузоподъемностью от 20 до 500 т. С их помощью выполняются все вспомогательные операции. На базе мачтовых подъемников могут быть изготовлены порталы и шевры.

Монтажная мачта, оснащенная лебедкой и полиспастом и удерживаемая в устойчивом положении расчалками, используется для монтажных работ в тех случаях, когда отсутствуют краны необходимой грузоподъемности. Металлические мачты могут быть трубчатой или решетчатой конструкции (рис. 2 а, б). Грузоподъемность мачт зависит от их высоты и от размеров труб и уголков, использованных для изготовления мачты. В вертикальном или наклонном положении мачта удерживается с помощью расчалок. Расчалки одним концом крепятся к оголовку мачты, другим – за якоря. Расчалок должно быть не менее трех. Угол наклона расчалок к горизонту для обеспечения устойчивости мачты не должен превышать 45° . Поскольку якорь должен находиться вне опасной зоны, длина расчалок обычно превышает длину мачты в 1,5 раза. Если необходима передвижка мачты, наклон расчалок мачт к горизонту не должен превышать 30° .

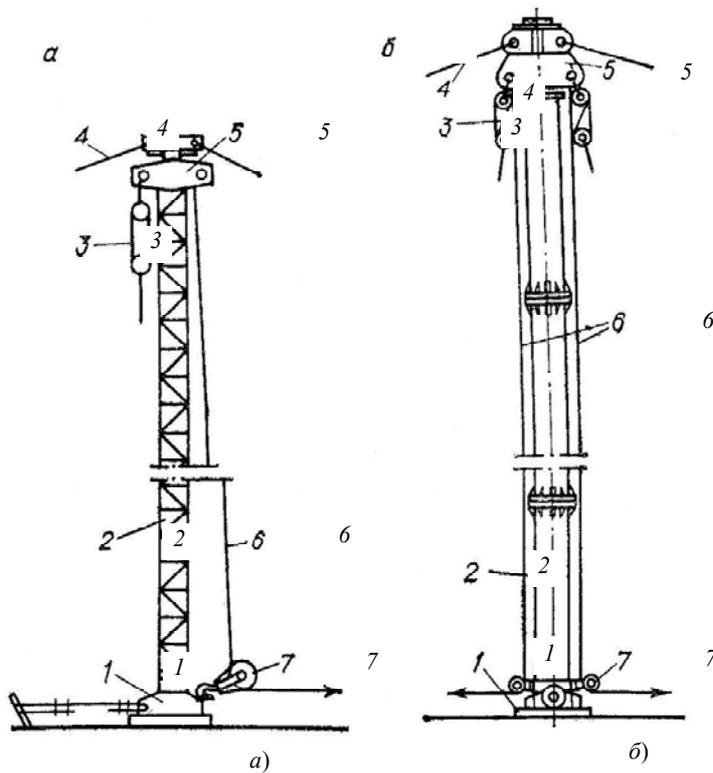


Рис. 2. Монтажные мачты:

a – решетчатые; *б* – трубчатые; 1 – опорная пята; 2 – мачта; 3 – полиспаст; 4 – расчалка; 5 – оголовок; 6 – сбегающий канат; 7 – отводной блок

Оголовок мачты служит для крепления расчалок и полиспаста, основание мачты – для создания опоры (неподвижной или поворотной) и установки отводного блока. Расчалки крепятся к проушинам, приваренным к оголовку мачты. Оголовок может быть вращающимся и неподвижным. Трубчатые мачты изготавливают из труб диаметром более 400 мм, решетчатые мачты – из уголков, соединенных раскосами. Разборные мачты состоят из отдельных секций, соединенных фланцами. Это позволяет изменять высоту мачты. При увеличении высоты грузоподъемность мачты снижается. Для наклона мачт предусматривается шарнирная опора. Используются также поворотные опоры, позволяющие осуществлять поворот мачты с грузом на 180°. Грузоподъемность от 3 до 50 т и высота до 30 м.

В этом случае на расчалках мачт устанавливаются полиспасты, дающие возможность изменять длину расчалок при наклоне и повороте мачты. Низ мачты при этом крепится на горизонтальном шарнире в башмаке, который в свою очередь, крепится вертикальным шарниром к фундаменту. Поворот мачты осуществляется только в наклонном положении. Шаровые опоры мачты применяются для возможности монтажа самой мачты методом поворота вокруг шарнира.

Удельная металлоемкость монтажных мачт большой высоты и грузоподъемности равна 0,25 – 0,35, т. е. вес мачты составляет 1/3–1/4 от веса поднимаемого груза. Высота мачт колеблется в пределах 0,75 – 1,15 высоты аппарата на постаменте.

3.2. Порталы

Порталы имеют П-образную форму (прямоугольная плоская рама). Якоря и расчалки, удерживающие его в наклонном положении, находятся в плоскости качания. Трубчатые порталы П-образного типа изготавливают из труб диаметром 1400 мм и более. Ригель решетчатого портала изготавливается из трубы. Удельная металлоемкость порталов 0,33 – 0,37 (рис. 3).

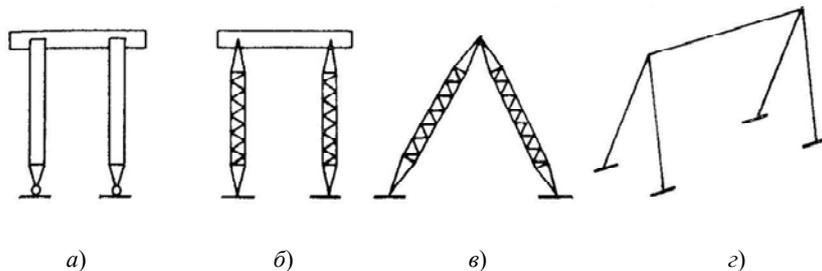


Рис. 3. Схема порталов:

a – трубчатый; *б* – решетчатый; *в* – А-образный подъемник; *г* – подъемник козлового типа

3.3. Шевра

Шевром называется А-образный подъемник. Кроме грузового полиспаста шевр оснащается отводным блоком и тяговым полиспастом, служащим для изменения наклона шевра (рис. 4).

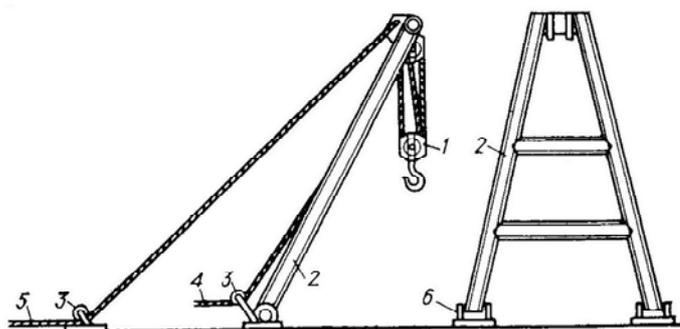


Рис. 4. Схема шевра:
1 – грузовой полиспаст; 2 – шевр; 3 – отводной блок;
4 – ветвь грузового полиспаста; 5 – канат для изменения угла наклона шевра; 6 – шарнирная опора

3.4. Козловые краны

Внутри цехов, где невозможно использовать для такелажных работ автомобильные краны и автопогрузчики, применяют самомонтирующиеся козловые краны. Козловые краны находят применение на открытых складах и укрупнительно-сборочных площадках (рис. 5).

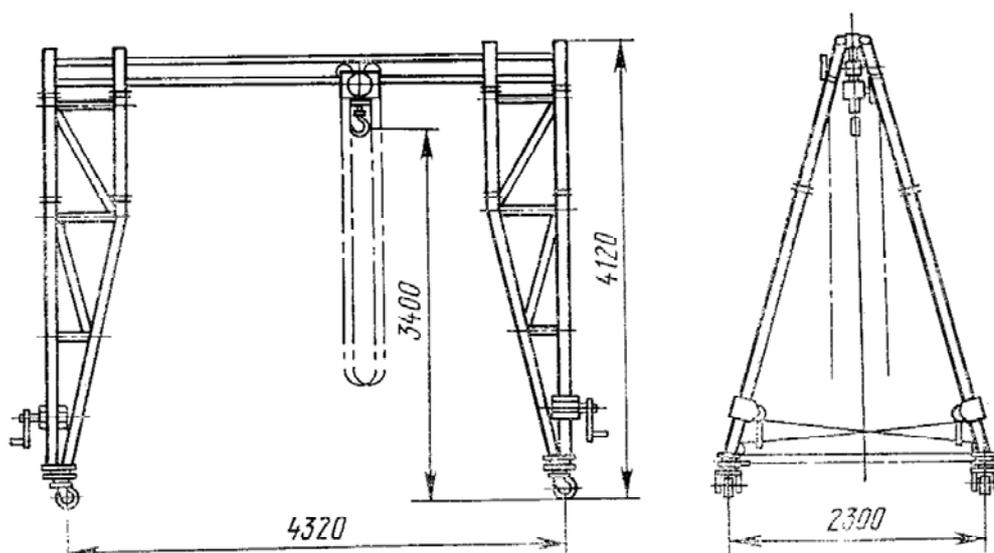


Рис. 5. Козловой кран

Козловые краны применяются с пролетом между опорами от 11,3 до 44 м и высотой подъема крюка до 24 м. Их используют для тех же целей, что и башенные краны. Опоры козловой крана устанавливают на ходовые тележки с механизмами передвижения крана. Управление краном производится из кабины, расположенной на опоре или ригеле. Перемещение крана осуществляется по рельсовым путям с колеей, равной пролету крана.

Самомонтирующиеся козловые краны применяют при монтаже оборудования в помещениях с большим числом фундаментов (в компрессорных и насосных станциях и т.д.), а также оборудования, имеющего значительные габариты по длине (хлебопекарные печи, сушилки туннельного типа и т.п.). Опорные конструкции крана имеют вставки, что позволяет изменять высоту подъема крюка с 24 до 34 м. Кран снабжен двумя ручными лебедками, при помощи которых его поднимают в вертикальное положение, а также устройством, повышающим маневренность крана и безопасность работы на наклонных участках и самоцентрирующимися колесами с гуммированными ободами.

3.5. Треноги

Треноги изготавливают из металлических труб, реже из дерева. Для подъема грузов массой до 1 т на высоты до 2,5 м служат легкие треноги. Для подъема грузов массой до 3 т с лебедкой используют тяжелые треноги. Диаметр опор 102 мм (рис. 6).

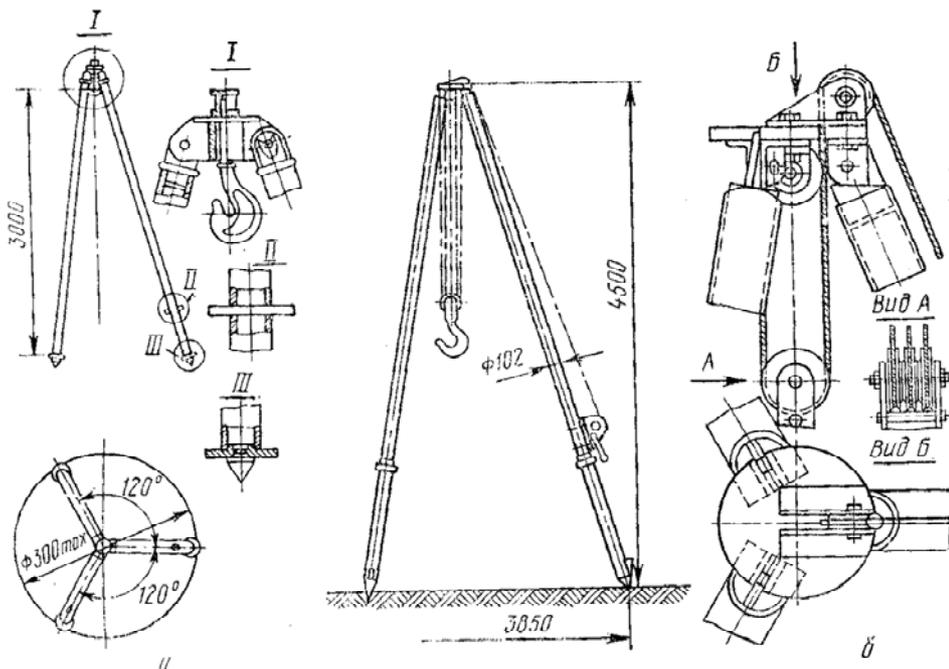


Рис. 6. Схема тренога:

a – легкий; *б* – тяжелый

3.6. Краны мостовые

Мостовые краны могут быть ручные и электрические. Они устанавливаются в машинных залах, помещениях котельных и других зданиях и являются эксплуатационными, монтажными и ремонтными механизмами. Краны мостовые ручные, штатные применяют для перемещения и монтажа технологического оборудования и конструкций. На стоящихся предприятиях их монтируют до начала основных механомонтажных работ. Конструктивно они подразделяются на одно- и двухбалочные. *Однобалочные* краны пролетом 4,5 – 16,5 м имеют грузоподъемность 3,2 – 8 т; *двухбалочные* пролетом 7,5 – 16,5 м – 12,5 – 20 т.

3.7. Электротельферы

Кроме ручных тельферов при монтаже и ремонте широкое применение находят электротельферы. Электротельферы перемещаются по подвесным путям, выполненным из двутавровых балок. Грузоподъемность тельферов от 0,5 до 5 т. Максимальная высота подъема 12 м.

4. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ

Такелажные работы – наклонное, горизонтальное перемещение и вертикальный подъем оборудования, аппаратов и т.д. На долю такелажных приходится значительная часть общего объема монтажных работ. Их значение особенно возросло в связи с индивидуализацией монтажа, т.е. с увеличением степени сборности монтируемого оборудования.

Такелажные работы весьма разнообразны, их выполнение требует опыта, навыков и знаний, а также неукоснительного соблюдения основных положений, обеспечивающих безопасность и безаварийность. Наиболее продолжительной по времени частью такелажных работ являются подготовительные работы, которые включают выбор и доставку на монтажную площадку такелажной оснастки, приспособлений и инструментов, установку в рабочее положение подъемных мачт, механизмов, канатов, стропов и т.д.

При проведении такелажных работ необходимо учитывать ряд особенностей.

1. Такелажные работы, как правило, проводят днем.
2. Такелаж нельзя проводить на наружных установках при скорости ветра в шесть баллов, при дожде, гололедице и снегопаде.
3. Начатый подъем груза должен быть закончен в тот же день. Если это сделать не удалось, то груз должен быть опущен на землю или постамент.
4. Груз, подвешенный к крюку подъемного механизма, должен быть прочно и надежно застропован, при этом:
 - стропы должны быть наложены на груз равномерно, без узлов и перекруток;
 - следует выбирать стропы такой длины, чтобы угол между их ветвями не превышал 90°;
 - стропы должны обеспечивать устойчивость груза во время его подъема и перемещения;
 - усилие в стропе должно быть направлено по оси рым-болта;
 - на ребрах поднимаемого груза под стропы надо подкладывать деревянные или металлические подкладки;
 - расстроповку груза проводят только после его установки и надежного закрепления.

Запрещается: строповка груза без подкладок под поверхности, которые могут быть повреждены в результате такелажа и монтажа.

4.1. Такелажные механизмы и приспособления

При подъеме груза пользуются пеньковыми и стальными канатами и различными механизмами. Канаты связывают друг с другом определенными узлами. Вязка узлов стальных и пеньковых канатов имеет несколько способов (рис. 7).

Во избежание развязывания узлов под тяжестью поднимаемого груза, при затяжке узла оставляют свободный конец каната, длиной не менее 20 диаметров каната. Пеньковые канаты применяют при подъеме грузов небольшой массы вручную через блоки, а также для оттяжек и расчалок.

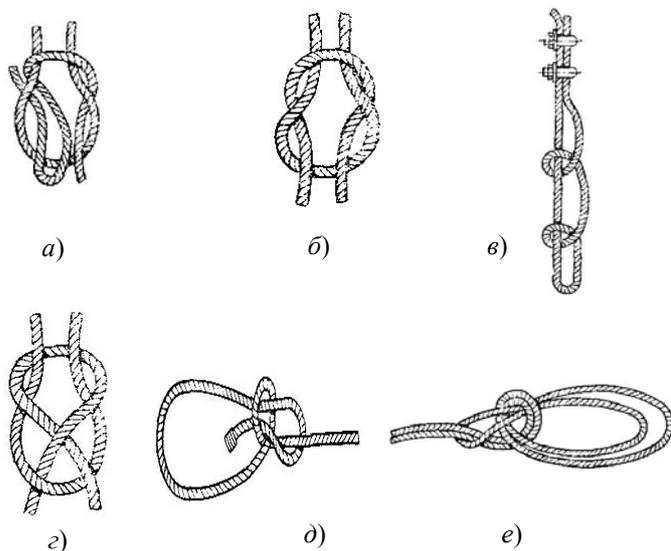


Рис. 7. Способы вязки узлов:

a – прямой; *б* – рифовый; *в* – штыковой для толстых пеньковых канатов;
г – вязка в коуш или петлю; *д* – беседочный (морская петля);
е – двойной беседочный

На монтажно-такелажных работах пользуются смоляными канатами, обработанными горячей смолой. Пеньковые канаты смазывают мазью следующего состава, %: технического вазелина – 83; канифоли – 10; озокерита – 4; графита – 3.

Стальные канаты изготавливают из светлой или оцинкованной проволоки. Их свивают из шести круглых прядей, расположенных вокруг органического (пенькового, джутового) сердечника, который пропитан смазкой, предохраняющей канат от коррозии. Стальные канаты используют в полиспастах, стропах, расчалках, тягах и других приспособлениях.

Для предотвращения коррозии канаты необходимо тщательно очищать от грязи и регулярно смазывать (не реже 1 раза в 1,5 месяца при работе и не реже 1 раза в 6 месяцев при хранении на складе) специальной канатной мазью. При износе или коррозии, достигших 40 % и более от первоначального диаметра проволок, канат должен быть выбракован.

4.2. Стропы

Стропами (в буквальном переводе «петля») называют грузоподъемное устройство для подвешивания грузов к крюкам грузоподъемных машин и механизмов или к траверсам. Стропы представляют собой отрезок стального каната (троса) или цепи, замкнутый в кольцо или образующий петлю. Стропы грузовые канатные выпускают нескольких типов. Стропы должны легко надеваться на крюк, сниматься с него и свободно освобождаться от груза (рис. 8).

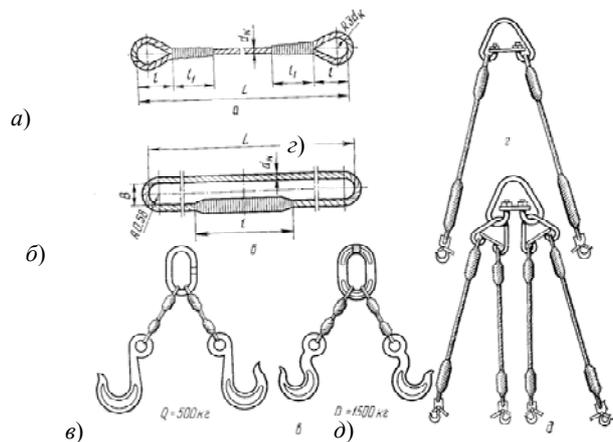


Рис. 8. Схемы строп:

a – универсальные исполнения 1: (L – общая длина; l – длина петли; l_1 – длина заплетки, замотанной проволокой; d_k – диаметр каната);
б – то же исполнения 2: (L – общая длина стропа; l_1 – длина заплетки, замотанной проволокой; d_k – диаметр каната; B – ширина уложенной петли стропа по внутренней стороне);
в – двухветвевые с коренным кольцом;
г – то же, с подъемной скобой; *д* – четырехветвевой с подъемной скобой

4.3. Приспособления для захвата оборудования

Захваты значительно сокращают время строповки и расстроповки грузов. К ним относятся: автоматические строповые замки, полуавтоматические строповые замки, универсальные и самозапирающиеся захваты. Автоматический строповый замок служит для подъема технологического оборудования массой до 3 т разной конфигурации с несимметричным расположением центра тяжести. Полуавтоматические строповые замки изготавливают грузоподъемностью от 1 до 20 т (рис. 9).

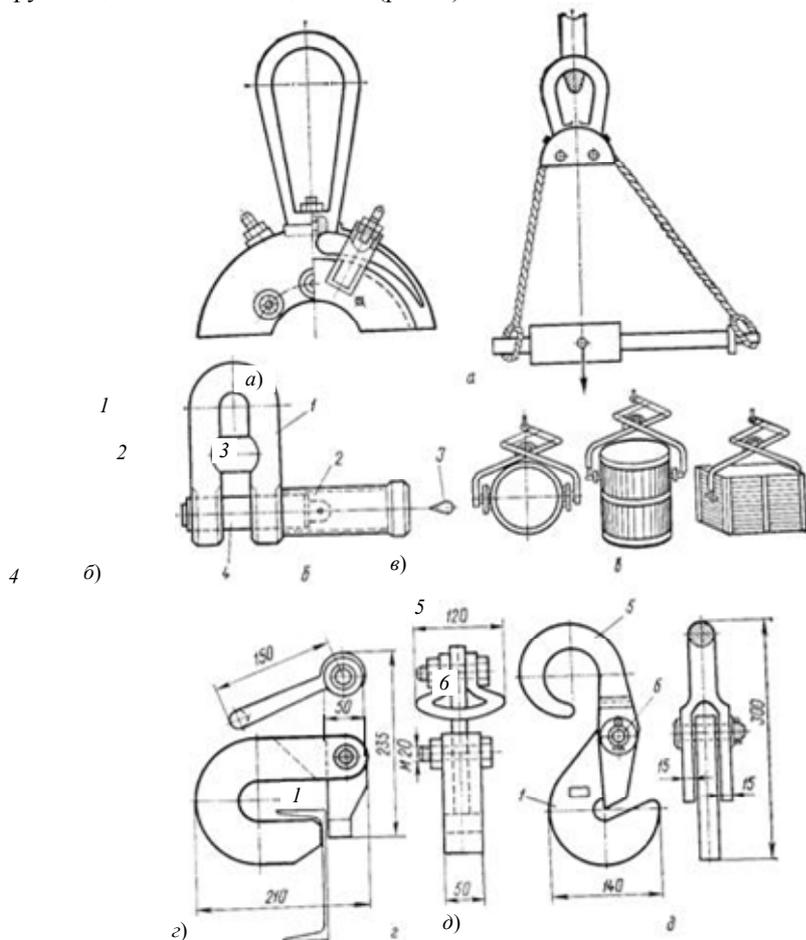


Рис. 9. Схемы автоматического и полуавтоматического захвата груза:
a – автоматический строповый замок; *б* – полуавтоматический строповый замок;
в, д – универсальные захваты; *г* – самозапирающийся захват; 1 – скоба;
 2 – пружинная обойма; 3 – шнур; 4 – запорный штифт; 5 – крюк; 6 – ось

4.4. Сжимы

В тех случаях, когда требуется выполнить легко разъемное соединение тросов, их концы закрепляют стальными сжимами различных конструкций. Число сжимов и расстояние между ними определяют по специальным таблицам в зависимости от диаметра троса. Болты сжима затягивают равномерно до такой степени, чтобы поперечный размер сжатого троса составлял 0,6 его первоначального диаметра.

Сжимы располагают так, чтобы их гайки оказались со стороны рабочей ветви каната. Надежность закрепления проверяют с помощью сигнальной петли, которая при работе троса должна оставаться неизменной по длине и форме. Соединять концы тросов сжимами на прямых участках не рекомендуется (рис. 10).

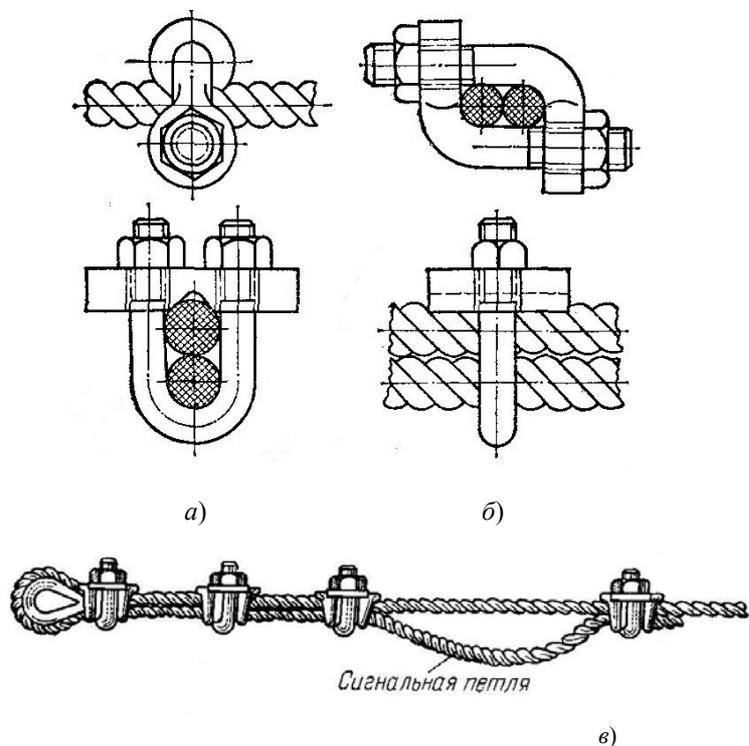


Рис. 10. Схема сжимов:
a – скобы из одинаковых элементов; *б* – из скобы и планки;
в – устройство сигнальной петли

4.5. Коуши

Коуши устанавливают в петлю стропов с целью предохранить канаты от крутых перегибов и увеличить срок пользования ими. Обычно коуши огибают стальным канатом так, чтобы длина свободного конца последнего была достаточной для установки необходимого числа сжимов. Материал коушей – Ст3. Размеры коушей зависят от диаметра канатов, т. е. от 10,2 до 49,5 мм. Размеры коушей D от 40 до 130 мм, а длина L от 65 до 217 мм (рис. 11).

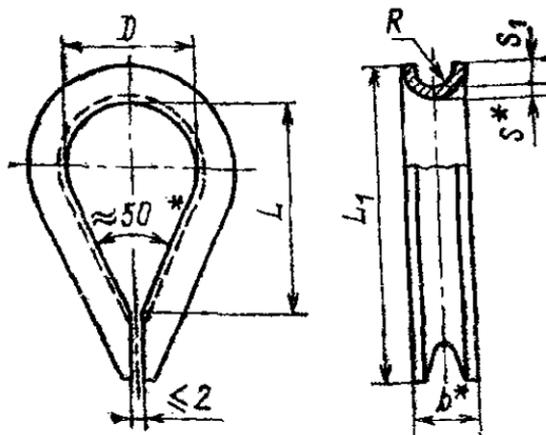


Рис. 11. Коуш сердцевидный

4.6. Рым-болты

Рым-болты устанавливаются на оборудовании, на узлах оборудования для крепления за них стропов. Грузоподъемность рым-болтов должна соответствовать табличным данным. При подъеме груза направление стро-

па под углом от вертикальной оси рым-болта свыше 45° не допускается. Грузоподъемность рым-болта может быть при М8 – 45 кг; при М100 × 6 – 20 000 кг (рис. 12).

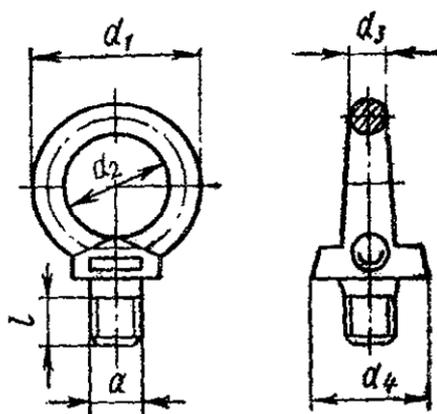


Рис. 12. Схема рым-болта
4.7. Стрелы

Стрелы устанавливаются на строительных конструкциях здания и применяются в качестве основного грузоподъемного механизма для монтажа оборудования при отсутствии грузоподъемных кранов. Вертикальные и горизонтальные нагрузки от стрел передаются на основные узлы здания. Стрелы изготавливаются из бесшовных труб.

Стрелы находят широкое применение при небольших объемах работ, связанных с реконструкцией, техническим перевооружением и капитальным ремонтом оборудования, на монтажных предприятиях для подъема оборудования и конструкций используют переносные монтажные стрелы. Стрелу можно поворачивать вручную в горизонтальной плоскости на угол до 180° , в вертикальной плоскости – в пределах угла наклона стрелы к горизонту $30 - 80^\circ$.

Методика расчета стрелы (рис. 13).

Усилие на завязку верхнего блока грузового полиспаста без учета натяжения сбегającego каната, кгс

$$P = (Q + q)k,$$

где Q – масса поднимаемого груза; q – масса оснастки; k – коэффициент динамичности, равный 1,1.

Усилие на полиспаст наклона стрелы, кгс

$$T = \frac{G \frac{1}{2} \cos \alpha + P \left(l \cos \alpha + a \sin \alpha + \frac{a}{m\eta} \right)}{l \sin \beta + a \cos \beta},$$

где G – масса стрелы, кг; l – длина стрелы, м; α – угол наклона стрелы к горизонту; a – плечо от точки крепления полиспаста до оси стрелы, м; n – число ниток грузового полиспаста; η – КПД грузового полиспаста, определяется по табличным данным (от 0,96 до 0,87) [9];

$$\beta = \alpha + \gamma,$$

угол γ определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h - l \sin \alpha - a \cos \alpha}{l \cos \alpha - a \sin \alpha}.$$

Полное усилие вдоль оси стрелы, Н

$$S = P \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{P}{m\eta}.$$

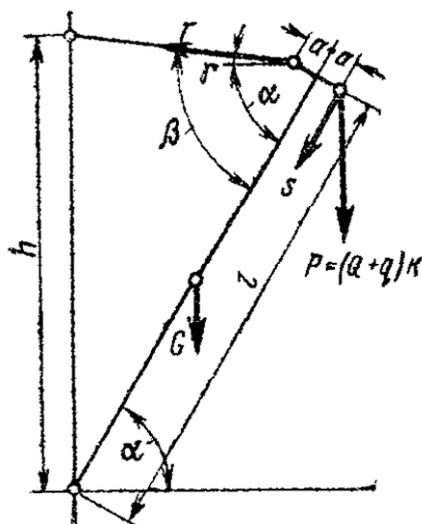


Рис. 13. Схема расчета стрелы

Изгибающий момент, действующий на среднее сечение стрелы, кгс·см

$$M = \frac{P}{m\eta} a + G \cos \alpha \frac{l}{8} + P \cos \alpha \frac{l}{2} + P \sin \alpha \cdot a - T \cos \beta \cdot a - T \sin \beta \frac{l}{2}.$$

Суммарное напряжение в среднем сечении стрелы

$$\sigma = \frac{S}{F\varphi} + \frac{G \sin \alpha}{F\varphi} + \frac{M}{w} \leq 1600 \text{ МПа},$$

где F – площадь поперечного сечения трубы, см²; w – момент сопротивления трубы, см³; φ – коэффициент уменьшения допускаемого напряжения, определяемый по табличным данным [9].

Наибольшая допустимая гибкость $\lambda = 180$.

Проверка напряжения в стреле должна производиться для обоих крайних ее положений, т.е. при $\alpha = 30^\circ$ и $\alpha = 80^\circ$. При промежуточных положениях напряжения в стреле имеют меньшую величину.

4.8. Полиспасты

Полиспаст представляет собой пару многороликовых блоков, соединенных канатом. Канат последовательно огибает ролики обоих блоков. Один конец каната прикрепляется к одному из блоков полиспаста, а другой крепится на тяговом устройстве (лебедка, трактор). Неподвижный блок полиспаста укрепляется на какой-либо опоре (якоре, оголовке мачты или кране). К подвижному блоку крепится перемещаемый или поднимаемый груз. Один конец каната, называемый глухим, крепится к проушине верхнего или нижнего блока, а другой конец, называемый сбегаящим, крепится к барабану лебедки. Ветви каната, соединяющие блоки, называются рабочими нитками (ветвями) полиспаста. Полиспасты используются для получения выигрыша в усилии подъема за счет уменьшения скорости подъема (рис. 14).

Длина полиспаста в стянутом состоянии H определяется по формуле

$$H = h_1 + h_2 + A,$$

где h_1 – строительная высота верхнего блока, м; h_2 – строительная высота нижнего блока, м; A – минимальное расстояние между верхним и нижним блоками, принимаемое для полиспастов грузоподъемностью до 3 т – 0,5 м; 10 т – 0,7 м; 25 т – 0,8 м; 50 т – 1 м.

Усилие, действующее на канат, S , кгс от 1000 до 5000, а угол α между канатами от 0 до 90°.

Длину каната L , для оснастки полиспаста можно определить по формуле

$$L = n(h + 3d) + l + 20,$$

где n – число ниток полиспаста; h – максимальная высота груза, м; d – диаметр ролика блока, м; l – расстояние от точки подвешивания неподвижного блока до лебедки (при наличии отводных блоков по ломаной линии), м; 20 – запас длины каната, м.

Высота подвески верхнего блока полиспаста над землей от 5 до 35 м и длина каната, L , м при одной нитке каната от 40 до 100, при двух нитках каната – от 46 до 136, при трех нитках – от 52 до 172, при четырех нитках – от 57 до 207, при пяти нитках – от 62 до 242, при шести нитках – от 68 до 278.

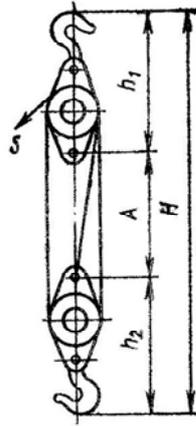


Рис. 14. Схема полиспаста

Усилие в обегавшем конце каната с учетом отводных блоков, кгс, определяется по формуле

$$S = \frac{Q}{\eta n \eta_{\text{бл.}} n_1},$$

где Q – масса поднимаемого груза, кг; η – КПД полиспаста; $\eta_{\text{бл.}}$ – КПД отводного блока, принимаемый равным 0,96; n – число ниток полиспаста; n_1 – число отводных блоков.

КПД полиспаста при одной нити равен 0,96 и $S = 1,04Q$; при двух нитях 0,94 и $S = 0,53Q$; при трех нитях 0,94 и $S = 0,36Q$; при четырех нитях 0,90 и $S = 0,82Q$; при пяти нитях 0,88 и $S = 0,23Q$; при шести нитях 0,87 и $S = 0,19Q$.

При необходимости оттягивания груза во время подъема усилие, H , в оттяжке определяется по формулам:

– при горизонтальном направлении (рис. 15, а)

$$S = Q \operatorname{tg} \alpha,$$

где S – усилие на оттяжку, H ; Q – масса груза, кг; при наклонном направлении оттяжки (рис. 15, б)

$$S = \frac{Q \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

Направление оттяжки по рис. 15, в нежелательно, так как при этом возникает дополнительная нагрузка на полиспаст, H

$$P = \frac{Q \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}.$$

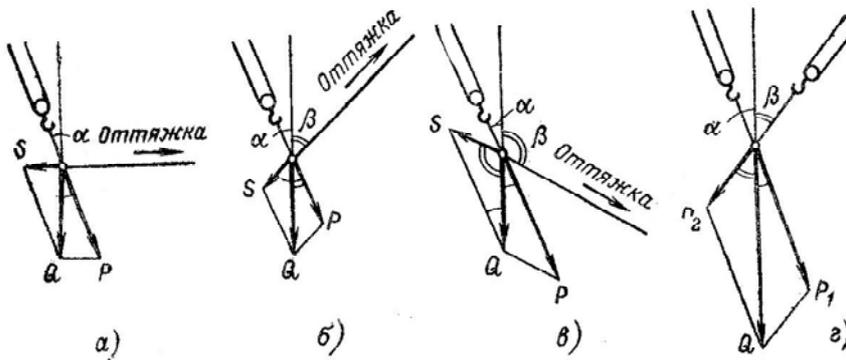


Рис. 15. Расчетная схема усилий на полиспаст и оттяжки

При подъеме груза за один строп двумя полиспастами, расположенными под углом друг к другу (рис. 15, г), усилия определяются по формулам:

$$P_1 = \frac{Q \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)} \quad \text{и} \quad P_2 = \frac{Q \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)},$$

где P_1 и P_2 – усилия на полиспасты, H .

Подъем громоздких грузов можно производить двумя полиспастами за несколько стропов. Усилия на полиспасты определяются в каждом отдельном случае по расчету в зависимости от углов наклона полиспастов и расположения стропов по отношению к центру тяжести груза.

4.9. Траверсы

Траверсы служат для распределения усилия подъема на несколько точек строповки. Двухлучевая траверса позволяет осуществлять подвеску аппарата не в одной точке, а в двух, вследствие чего уменьшается прогиб аппарата под действием собственного веса (рис. 16). Трехлучевая траверса дает возможность подвешивать цилиндрическую обечайку в трех точках (рис. 17).

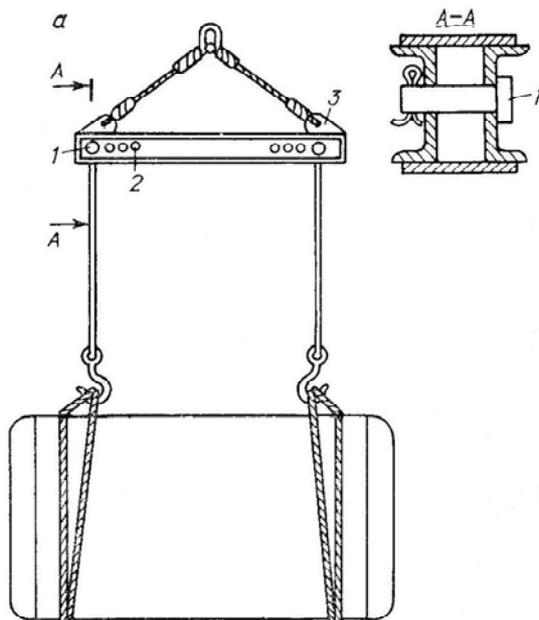


Рис. 16. Двухлучевая траверса:
1 – ось; 2 – отверстия; 3 – проушина

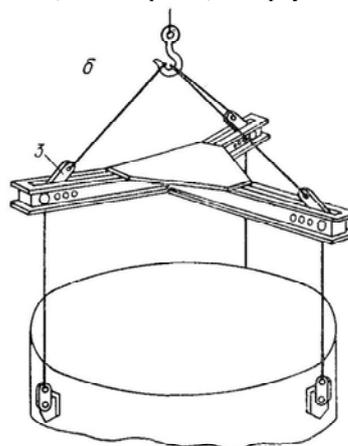


Рис. 17. Трехлучевая траверса

При использовании траверсы сжимающие усилия, возникающие в поднимаемых элементах при наклонном положении стропов, заменяются усилиями направленными вертикально 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 в лучах траверсы позволяют делать перестановку и менять расстояние между вертикальными грузовыми стропами.

4.10. Тали

При монтаже насосов, компрессоров и тяжелой трубопроводной арматуры в труднодоступных местах применяют тали. Тали применяются для подъема грузов на небольшую высоту, обычно до 10 м. По роду привода различают тали: ручные-шестеренчатые и червячные, механизированные электротали и пневмотали, приводимые в действие сжатым воздухом. Все тали имеют тормоза, автоматически препятствующие спуску поднятого груза.

Тали с ручным приводом могут использоваться для подъема и горизонтального перемещения грузов на небольшие расстояния, главным образом для выполнения вспомогательных операций при монтаже и ремонте оборудования. Грузоподъемность талей – от 0,5 до 10 т. Каждая таль должна иметь клеймо завода-изготовителя

и паспорт, удостоверяющий ее грузоподъемность. Применение талей, не имеющих клейма и паспорта, не допускается.

Тяговым устройством талей являются пластинчатые или сварные калиброванные цепи. Верхний крюк талей подвешивается к существующим конструкциям или специально установленным козлам или треногам.

4.11. Домкраты

Домкраты это переносные подъемные устройства. С их помощью при монтаже и ремонтных работах поднимают оборудование на небольшое расстояние. Домкраты бывают реечные, винтовые, гидравлические и клиновые.

Реечный домкрат предназначен для подъема грузов массой до 7 т на высоту 350 мм. Эти домкраты громоздки и тяжелы, не имеют надежного стопорного устройства, не обеспечивают плавного перемещения груза, однако поднимают груз непосредственно с земли (при помощи лапы).

Винтовые домкраты поднимают грузы (массой от 5 до 20 т) на высоту до 350 мм.

Клиновые домкраты используются для незначительных (до 15 мм) вертикальных перемещений оборудования при его выверке.

Гидравлические домкраты поднимают большие грузы (массой от 100 до 200 т) на небольшую высоту.

4.12. Якоря

Якоря применяются для крепления расчалок (вант), лебедок, полиспастов при невозможности использования для этих целей строительных конструкций. Они бывают нескольких видов: деревянные свайные, бревенчатые с заложением в грунт, наземные инвентарные якоря (рис. 18).

Наземные инвентарные якоря выполнены в виде решетчатых металлических конструкций, заполненных оттарированными железобетонными блоками размером $0,9 \times 0,9 \times 4$ м и массой около 7,5 т.

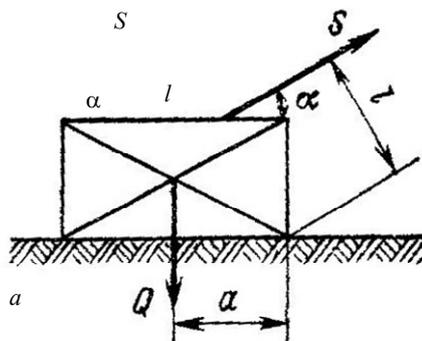


Рис. 18. Схема сил, действующих на наземный якорь

Методика расчета наземных бетонных якорей сводится к следующему: масса груза, необходимого для загрузки рамы наземного якоря в зависимости от усилия, прикладываемого к якорю, и направления усилия определяется по формуле

$$Q = k \left(\frac{S \cos \alpha}{f} + S \sin \alpha \right),$$

где Q – масса якоря, кг; S – усилие, прикладываемое к якорю, кг; α – угол наклона тяги якоря к горизонту; k – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,5; f – коэффициент трения бетона о грунт, равный 0,45 – 0,7.

Проверку якоря на опрокидывание производят по формуле

$$Qa \geq k_1 Sl,$$

где a – расстояние от центра тяжести до точки опрокидывания, см; k_1 – коэффициент устойчивости, равный 1,4.

Для вертикальных сил, действующих на заглубленный якорь, должно соблюдаться условие (рис. 19)

$$Q + T \geq kN_2,$$

при этом масса грунта, сопротивляющаяся вырыванию якоря, определяется по формуле

$$Q = \frac{b + b_1}{2} H l \rho,$$

где ρ – плотность утрамбованного грунта, т/м³ (для расчетов может приниматься равной 1,6 т/м³); b – принимается из расчета угла откоса задней стенки котлована не более 30°.

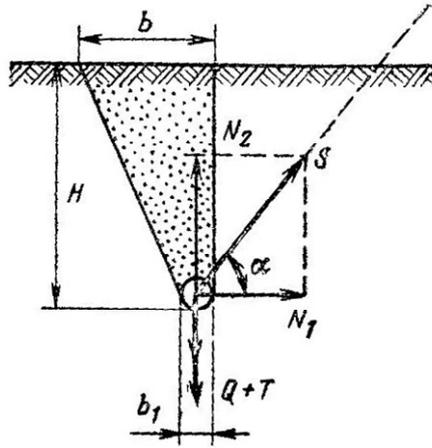


Рис. 19. Схема сил, действующих на заглубленный якорь

Сила трения бревна о стенку котлована при вырывании, тс

$$T = fN_1,$$

где f – коэффициент трения дерева по грунту, принимаемый равным 0,5; $k \geq 3$ – коэффициент запаса для вертикальных сил; l – длина бревна, м; H – глубина заложения якоря, м.

Горизонтальная и вертикальная составляющие в тяге якоря S , тс

$$N_2 = S \sin \alpha ; N_1 = S \cos \alpha .$$

Для горизонтальных сил должно быть соблюдено условие

$$N_1 \leq ndl\sigma\eta ,$$

где n – количество бревен, соприкасающихся со стенкой котлована, шт; d – диаметр бревна, см; $\eta = 0,25$ – коэффициент уменьшения допускаемого давления на грунт вследствие неравномерного смятия; σ – допускаемое давление на грунт, мПа.

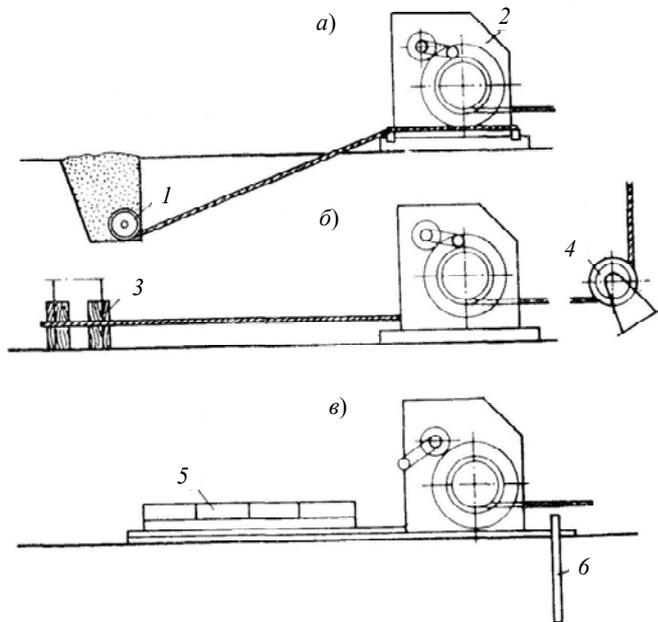


Рис. 20. Схема закрепления лебедок:

a – за якорь; $б$ – за конструкцию здания; $в$ – загрузкой балласта;
 1 – стационарный якорь; 2 – лебедка; 3 – колонна; 4 – отводной блок;
 5 – балласт; 6 – свайный якорь

2. Допускаемое давление на грунт на глубине 2 м

Вид грунта	Допускаемое давление на грунт σ , мПа
Песок мелкий сухой плотный	3,5
Песок мелкий влажный плотный	2–3
Супесок сухой средней плотности	2,0
Супесок влажный средней плотности	1,5
Глина в пластичном состоянии	1,0 – 2,5

Установка или закладка якорей

Места установки и конструкции якорей для лебедок, мачтовых вант (расчалок) и отводных блоков предусматриваются проектом организации работ. Наиболее удобны в применении незаглубленные и полузаглубленные инвентарные якоря – железобетонные призмы массой 2 – 10 т, связанные прочным металлическим каркасом. При известном угле наклона тягового усилия к горизонту расчет якоря сводится к определению его веса и размеров опорной поверхности из условий его устойчивости, опрокидывания и смещения (табл. 2).

Для сохранения равновесия необходимо выполнение следующих условий:

$$G > N = R \sin \alpha ; (G - N)a = Pb ,$$

откуда
$$G = \frac{R(b \cos \alpha + a \sin \alpha)}{a} \quad (\text{при } P = N \operatorname{ctg} \alpha)$$

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

откуда
$$G = R \left(\frac{\cos \alpha}{f} + \sin \alpha \right) ,$$

где R – тяговое усилие, приходящееся на якорь; a и b – плечи сил относительно ребра опрокидывания; f – коэффициент трения (обычно принимают $f = 0,2 \div 0,5$).

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

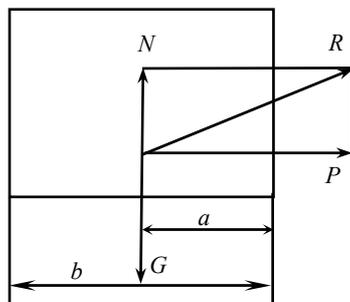


Рис. 21. Схема расчета на устойчивость

При расчете закладных якорей к весу якоря прибавляют вес засыпки или бетонной заливки, а также несущую способность грунта, препятствующую вырыванию якоря. Размеры закладного элемента определяют из расчета его на прочность, а также с учетом допустимого удельного давления на грунт или бетон. Закладной элемент (бревно, балку) рассчитывают на изгиб в зависимости от типа крепления тяги (рис. 20, 21).

Якоря располагают так, чтобы не повредить кабели электрических сетей, а также действующие подъемные коммуникации. Использование в качестве якорей действующих конструкций (зданий, оборудования, фундаментов) допустимо только после тщательной проверки их на надежность.

4.13. Лебедки

При монтажных работах применяют ручные, рычажные и приводные лебедки. Последние могут иметь привод от электродвигателя, от двигателя внутреннего сгорания или пневматического двигателя. Лебедки характеризуются величиной тягового усилия, испытываемого последним рядом намотки троса на барабан, скоростью движения троса и канатоемкостью барабана. Все лебедки должны быть снабжены надежными тормозными устройствами. Трос, наматываемый на барабан лебедки, должен быть параллелен основанию лебедки, наматываться на барабан снизу и составлять примерно прямой угол с осью барабана (рис. 22).

Все это способствует уменьшению сил и моментов сил, стремящихся сместить лебедку, оторвать ее от основания или опрокинуть. Ближайший к лебедке отводной блок устанавливают на расстоянии, которое не менее чем в 20 раз превышает длину барабана лебедки. В этом случае при намотке на барабан направление троса меняется только на $1,5^\circ$, благодаря чему канат наматывается равномерно по всей длине барабана.

Для более рационального использования канатоемкости к началу подъема на барабане оставляют не более 5–6 витков. Через каждые 12 месяцев работы лебедки должны подвергаться ревизии и техническому освидетельствованию.

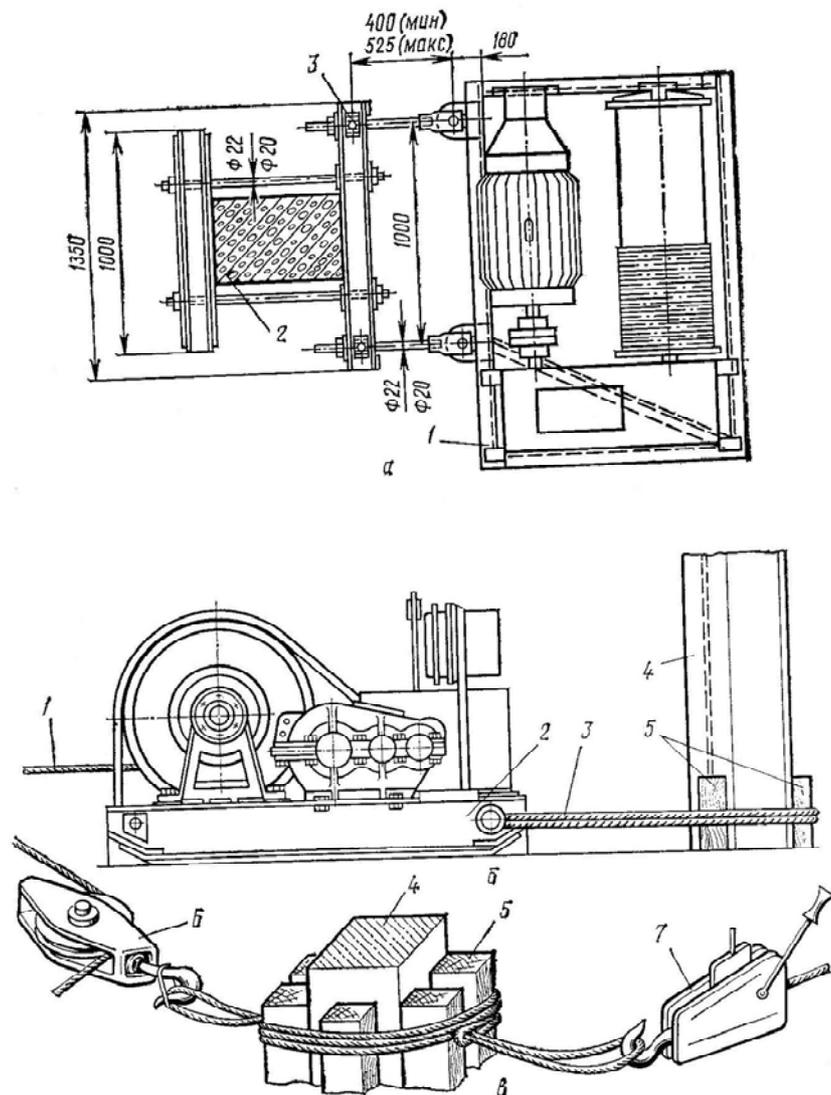


Рис. 22. Схемы крепления лебедок к колоннам здания:

- а* – электрической с помощью инвентарного приспособления (*1* – рама лебедки; *2* – колонна; *3* – инвентарное приспособление); *б* – то же, с помощью стального каната; *в* – ручной рычажной и отводного блока (*1* – сбегающая нитка полиспаста; *2* – рама лебедки; *3* – стальной канат; *4* – колонна; *5* – подкладки; *6* – отводной блок; *7* – рычажная лебедка)

Лебедки с электрическим приводом реверсивные грузоподъемностью от 0,5 до 5 т и канатоемкостью от 80 до 150 м. Тяговое усилие электролебедок достигает 0,12 МН.

Для такелажных работ широко применяют тракторные лебедки, установленные на раме гусеничного трактора и имеющие привод от его мотора. Такие самоходные лебедки обладают достаточным тяговым усилием, а для их установки не требуется больших подготовительных работ. Устойчивость лебедок обеспечивается большой собственной массой (более 15 т) и наличием винтовых упоров, предотвращающих сдвиг трактора. Под винтовые упоры подкладывают деревянные брусья или устраивают основания из инвентарных железобетонных плит.

Ручные рычажные лебедки имеют грузоподъемность 1,5 и 3 т и предназначены для подъема грузов и перемещения их в горизонтальном или наклонном направлении. Лебедку приводят в действие рукояткой. При использовании полиспастов лебедками можно поднимать грузы весом, превышающим тяговое усилие лебедки.

Ручные однобарабанные лебедки выпускают грузоподъемностью от 1,25 до 8 т. Их назначение – подъем, опускание или перемещение грузов по наклонной или горизонтальной поверхности при выполнении монтажных и разгрузочно-погрузочных работ. Приводные рукоятки надеваются на квадратные головки ведущего вала.

Методика расчета лебедок на устойчивость

Лебедка (рис. 23) должна быть проверена расчетным путем на устойчивость, которую ей придает противовес (балласт), установленный на раме или якорь (инвентарный или заглубленный). Необходимую массу балласта или несущую способность якоря определяют из условий равновесия с учетом коэффициента устойчивости против опрокидывания $k_1 = 1,2 \div 1,3$ и коэффициента смещения $k_2 = 1,5 \div 2,2$.

Для предотвращения опрокидывания лебедки вокруг переднего края рамы необходимо, чтобы

$$Nb + Ga = Sc,$$

откуда
$$N = \frac{(Sc - Ga)}{b}.$$

С учетом надежности

$$N = k_1 \frac{(Sc - Ga)}{b}$$

где N – вес противовеса или вертикальная составляющая усилия на якорь; G – вес лебедки, сосредоточенный в центре тяжести; S – тяговое усилие троса; a, b, c – расстояния от ребра опрокидывания до точки приложения соответствующих сил.

Устойчивость против смещения будет обеспечена при следующих условиях:

для случая противовеса

$$N = k_2 \left(\frac{S}{f} - G \right);$$

для случая якорного закрепления

$$N = k_2 \left(\frac{S - Gf - P}{f} \right).$$

Так как $P = N \operatorname{ctg} \alpha$, то получаем

$$N = \frac{k_2(S - Gf)}{f + k_2 \operatorname{ctg} \alpha},$$

где f – коэффициент трения рамы лебедки по основанию.

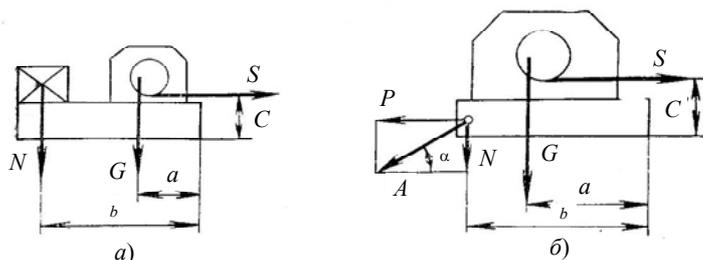


Рис. 23. Схема расчета устойчивости лебедок с противовесом (а) и якорным креплением (б)

По величине наибольшей вертикальной составляющей N и при известном угле α нетрудно рассчитать размеры и расположение якоря при выбранной его конструкции.

5. СТРОПОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Важнейшая и трудоемкая операция по подготовке оборудования к установке его в проектное положение – строповка. На *строповку* и *расстроповку* отводится 10 – 15 % общего времени монтажа. При выборе способа строповки учитывают: массу, габарит, конфигурацию, материал и расположение центра масс поднимаемого аппарата или конструкции; метод подъема и установки на фундамент аппарата или конструкции; количество и характеристику грузоподъемных средств, а также конструкцию захватного устройства (крюк, серьга грузоподъемного полиспаста мачты); высоту и конфигурацию фундамента под аппарат или конструкцию.

К строповке технологического оборудования предъявляют следующие требования: возможно меньшая трудоемкость и продолжительность строповки и расстроповки, инвентарность строповых устройств и их надежность. Наиболее трудоемка строповка аппаратов колонного типа. При подъеме и установке оборудования большой массы монтажными полиспастами применяют стропы невитой и витой конструкции. Строп невитой конструкции выполняют непосредственно на месте монтажа путем однослойной укладки каната с возможно равномерным размещением витков строп на поверхности грузозахватного устройства, обеспечивая максимальную равномерность их наложения.

При креплении стропов витой конструкции на цилиндрических захватных устройствах такелажных средств и монтажных штуцерах используют специальные коуши, обеспечивающие равномерную передачу рабочей нагрузки на поверхность захватного устройства и нормальные условия работы стропы.

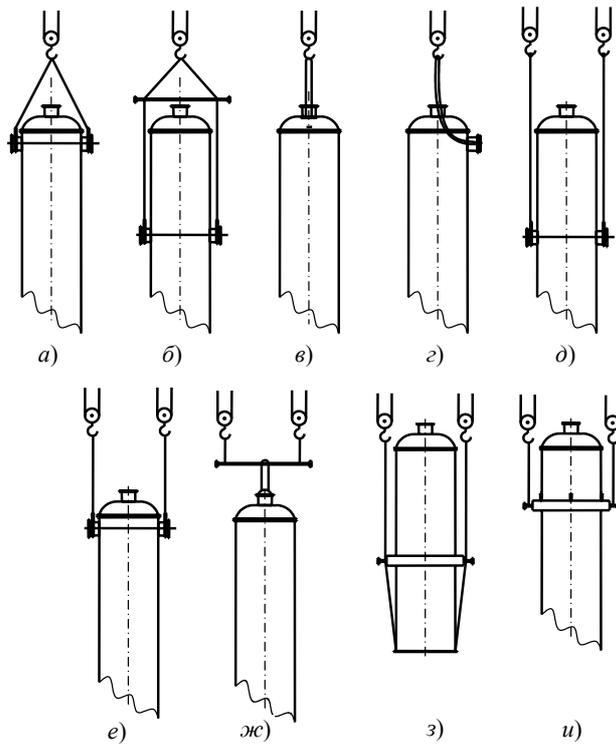


Рис. 24. Схемы строповки аппаратов колонного типа:

a – за монтажные штуцера одним стропом; *б* – то же через универсальную (распорную) траверсу; *в* – за центральный штуцер с поперечиной; *з* – за боковой технологический штуцер с поперечиной; *д*, *е* – за два монтажных штуцера, приваренных соответственно за среднюю часть аппарата и за головку; *жс* – за балансирующую траверсу, закрепленную за центральный штуцер; *з* – за бандажное кольцо, соединенное с основанием аппарата канатом; *и* – за бандажное кольцо, удерживаемое ограничительными планками

При монтаже вертикальных аппаратов методом скольжения и поворота вокруг шарнира такелажными средствами, часто применяют бесконтактную строповку, обеспечивающую возможность вращения подвески как вокруг монтажного штуцера, так и вокруг оси, перпендикулярной оси монтажного штуцера (рис. 24). Стropовку горизонтальных аппаратов производят следующими способами (рис. 25)

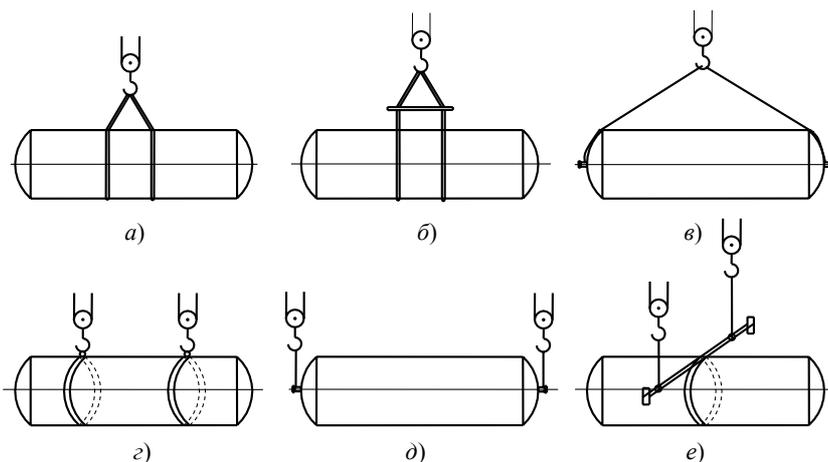


Рис. 25. Схемы строповки горизонтальных аппаратов:

a – канатом за среднюю часть аппарата; *б* – универсальной траверсой; *в* – за два монтажных штуцера; *з* – спаренными кранами с обвязкой канатом по краям аппарата; *д* – спаренными кранами за два или четыре штуцера; *е* – балансирующей траверсой с креплением к аппарату за среднюю часть

При ограниченной высоте подъема крюка крана места строповки можно расположить на днище аппарата ниже его горизонтальной оси, но в этом случае на каждом днище (по обе стороны его вертикальной оси) следует приварить два монтажных (ложных) штуцера.

Технологическое оборудование (компрессоры, насосы, редукторы, крышки аппаратов и машин) заводы-изготовители снабжают грузовыми винтами (рым-болтами) различной грузоподъемности, за которое стропят оборудование при его монтаже и ремонте. Насосы и редукторы, находящиеся на одной фундаментной плите или раме, можно обвязывать канатами в четыре нитки «накрест» или инвентарными стропами.

6. УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ

Фундамент – монолитное сооружение под машиной или аппаратом, предназначенное для передачи грунту давления, производимого массой машины или аппарата и силами, возникающими при их работе. Фундамент жестко связан с установленным на нем оборудованием и придает дополнительную жесткость и устойчивость. Фундамент состоит из двух частей: нижней – подушки и верхней – собственно фундамента.

В качестве материала для подушки фундамента применяют:

– бутовый камень, укладывают на цементном растворе, состоящем из одной части цемента и двух частей песка (по объему);

– бетон, состоящий из одной части цемента, двух частей песка и четырех частей щебня (по объему).

Материалом для фундамента служат нормально обожженный, не имеющий трещин и деформаций кирпич и бетон, состоящий из одной части цемента, двух частей песка и четырех частей щебня (по объему).

Фундаменты изготавливают на основании чертежей, которые разработаны заводом-изготовителем оборудования. Они состоят из планов и разрезов фундамента и содержат расчет его массы. В чертежах конкретизированы конструкции фундамента, расчеты его устойчивости, а также привязки к строительным конструкциям.

При постройке фундамента следует не допускать превышение допустимого давления на грунт, так как это приводит к оседанию и деформации фундамента. Чтобы снизить нагрузки на грунт делают подушку, тем самым увеличивая площадь основания фундамента.

Если грунт выдерживает нагрузку, то работа по устройству подушки под фундамент сводится к ее планировке.

В случае мягкого глинистого или илистого грунта делают бетонную подушку (толщиной 300 – 400 мм), на которой и возводят фундамент. Подушка должна равномерно выступать во все стороны за границы основания фундамента.

Глубина заложения фундамента зависит от характера грунта, глубины его промерзания, от типа и размеров монтируемого оборудования. Обычно глубина заложения фундамента принимается не менее 0,7 глубины промерзания – для неотапливаемых помещений и 0,5 глубины промерзания – для отапливаемых помещений.

При устройстве бетонных и железобетонных фундаментов по окончании укладки подушки изготавливают опалубку из вертикальных дощатых щитов толщиной 22 – 25 мм. Щиты устанавливают вдоль наружных контурных линий фундамента и прочно соединяют между собой (рис. 26).

При наличии грунтовых вод, а также для защиты от воздействия агрессивных растворов (сверху и с боков), фундамент изолируют или пронизывают различными кислотостойкими материалами (битум, толь, рубероид или полиизобутилен).

Разметку осей фундаментных болтов производят при помощи шаблона на опалубке фундамента, к нему прикрепляют фундаментные болты с анкерными щитами, шайбами и гайками.

Разметку колодцев для фундаментных болтов производят при помощи шнуров или специальных шаблонов.

Минимальный размер сечения колодца 100 × 100 мм. Глубина заложения фундаментных болтов должна быть на 100 – 300 мм меньше глубины заложения фундамента. Расположение колодцев для фундаментных болтов должно допускать возможность смещения фундаментной плиты машины на 10 – 20 мм в любую сторону. При отсутствии шаблона в местах, где должны быть колодцы для фундаментных болтов, устанавливают гладко оструганные деревянные пробки или суживающиеся к низу трубы из тонких досок или фанерные цилиндры. Деревянные пробки до полного схватывания фундамента рекомендуется слегка раскатать, что позволит их легко удалить.

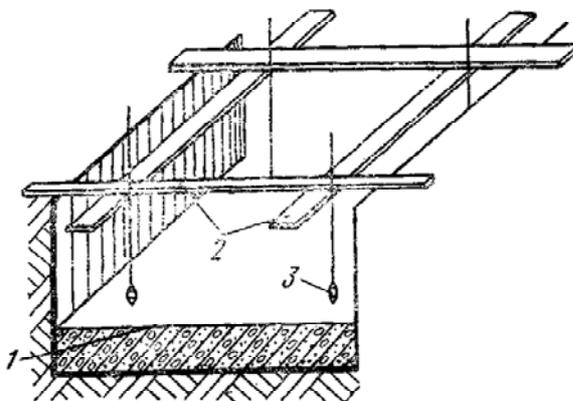


Рис. 26. Разметка шаблонов под анкерные болты:

1 – опалубка; 2 – шаблон; 3 – отвес

Приготовленный бетон для фундамента укладывают слоями толщиной 8 – 10 см и тщательно утрамбовывают до появления воды на поверхности слоя. Сооружение фундамента должно вестись непрерывно. Если допущен перерыв, то в последний на глубину 25 – 30 см вставляют металлические стержни длиной 50 – 60 см на

расстоянии 30 – 40 см один от другого, а поверхность ранее уложенного бетона насекают, тщательно очищают, промывают и покрывают слоем цементного раствора (одна часть цемента и две части песка) толщиной 20 мм.

Отметка верха фундамента должна находиться на 25 – 40 см ниже проектной отметки, чтобы между фундаментом и рамой машины можно было установить монтажные прокладки для выверки и произвести подливку цементным раствором.

Приготовленный к сдаче фундамент, должен отвечать следующим требованиям: на всех фундаментах, сдаваемых под монтаж, должны быть заделаны металлические планки с нанесенными на них осевыми и высотными отметками; они не должны иметь раковин, поверхностных трещин и других дефектов; положение опорной поверхности фундаментов как в горизонтальном, так в вертикальной плоскости должно быть правильным (рис. 27).

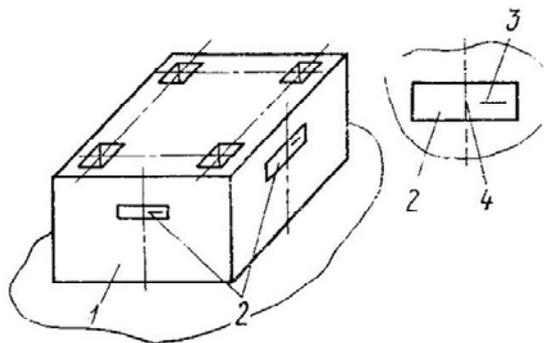


Рис. 27. Схема планки для нанесения на фундаментах осей и высотных отметок:

1 – фундамент; 2 – планка; 3 – высотная отметка; 4 – осевая отметка

Приемку фундамента оформляют актом, который подписывается строительной и монтажной организации, и пищевого предприятия и утверждается главными инженерами строительного и пищевого предприятия.

7. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТАХ (ОСНОВАНИЯХ), ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЯХ И НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ЧИСТЫХ ПОЛАХ

Установка оснований (фундаментных плит, рам, станин), выведенных ниже проектной отметки на фундамент производится на следующие элементы: наборные металлические прокладки, состоящие из двух или более частей, с помощью регулировочных клиньев (рис. 28).

Установка оборудования непосредственно на фундамент с применением подкладок или шайб для выверки оборудования и последующей подливкой фундамента после затяжки фундаментных болтов.

Установка оборудования на фундамент с опиранием на бетонную подливку применяется при монтаже оборудования на фундамент с опиранием непосредственно на фундамент (рис. 29, 30, 31). В некоторых случаях для установки оборудования устраивают специальные площадки на перекрытиях.

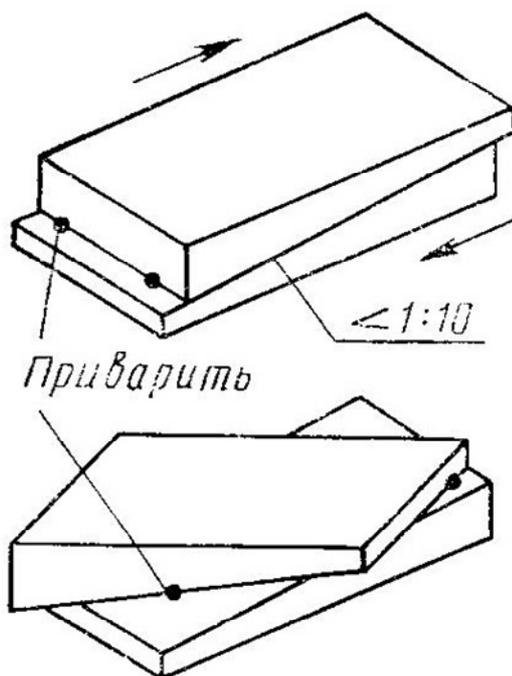


Рис. 28. Клиновые подкладки

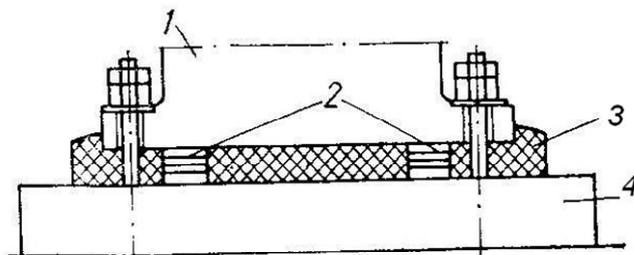


Рис. 29. Схема установки оборудования на фундамент с опиранием на пакеты подкладок:

1 – оборудование; 2 – пакет подкладок; 3 – бетонная подливка; 4 – фундамент

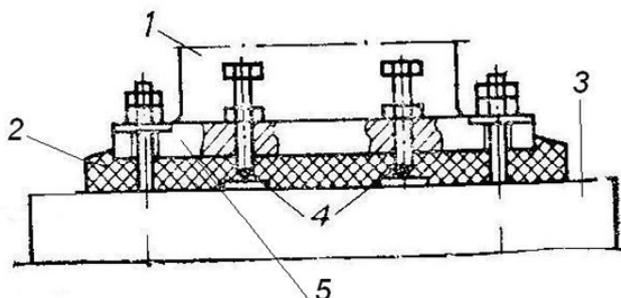


Рис. 30. Схема установки оборудования на фундамент с опиранием на бетонную подушку:

1 – оборудование; 2 – бетонная подливка; 3 – фундамент; 4 – установочный болт; 5 – металлическая пластина

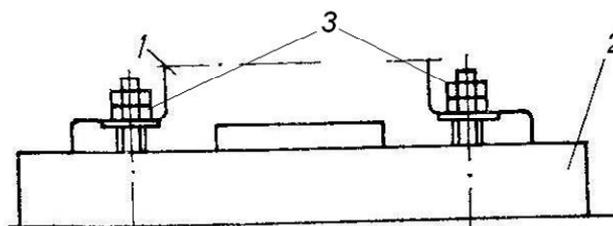


Рис. 31. Схема установки оборудования на фундамент с опиранием непосредственно на фундамент:

1 – оборудование; 2 – фундамент; 3 – анкерные болты

Если площадка должна иметь жесткое крепление, перекрытия тщательно очищают, а для бетонных и кирпичных площадок делают на перекрытиях насечки и пропитывают их водой.

При креплении машин или механизмов непосредственно снизу к перекрытиям или к стенкам опорные поверхности обязательно очищают и выравнивают, производят разметку, а затем прибивают отверстия для фундаментных болтов. На колоннах крепят машины или механизмы посредством хомутов. Во избежание их скольжения необходимо снять верхнюю корку бетона (до арматуры) в бетонной колонне, или сделать выемку (штраб) в кирпичной колонне.

Подливку смонтированного и выверенного оборудования и затяжку фундаментных болтов осуществляют не ранее чем через 15 – 18 суток после окончания бетонных работ. Опробование оборудования допускается через 7–8 суток после подливки под фундаментные плиты, т.е. через 22 – 26 суток после бетонирования. Перед подливкой наносят насечки на бетон фундамента, тщательно очищают колодцы анкерных болтов и промывают места подливки.

При затяжке гаек фундаментных болтов следует обеспечить равномерное натяжение всех болтов и плотное прилегание основания машины к фундаменту.

8. МОНТАЖ АППАРАТОВ КОЛОННОГО ТИПА

Монтаж колонных аппаратов является наиболее трудоемким видом работ (рис. 32). Они в основном применяются в производстве этилового спирта. Вес отдельных колонн достигает 150 – 200 т, высота 65 – 75 м. Поэтому монтаж колонн во многом определяет срок монтажа всей установки.

При монтаже колонн используют метод крупноблочного монтажа. Еще до подъема аппарата его испытывают, покрывают тепловой изоляцией, обвязывают технологическим трубопроводом, оснащают площадками, лестницами. Это увеличивает вес колонны и объем монтажа, но это окупается, так как не надо строить лесов, повышается качество, безопасность работ и производительность.

Аппараты колонного типа поставляют, как правило, с установленными тарелками или засыпанной насадкой.

Хорошо производить монтаж козловыми или мощными башенными кранами, но монтаж таких кранов трудоемок, поэтому их использование целесообразно, если они применялись при строительных работах. Поэтому чаще используют стреловые краны. Можно использовать самоходные краны, грузоподъемность которых доходит до 100 т.

Подъем колонных аппаратов можно производить также мачтами (порталами, шеврами) и грузоподъемными кранами.

На практике аппараты устанавливают в проектное положение двумя основными способами: поворотом вокруг шарнира и скольжением низа аппарата, осуществляемыми различными грузоподъемными механизмами.

Экономическая и техническая эффективность монтажа тем или иным способом определяется затратами труда и средств на доставку, установку оборудования в проектное положение, установку грузоподъемных и такелажных средств, их работу. Следовательно, эффективность зависит от конструкции подъемных средств, их массы, грузоподъемности, необходимого числа лебедок, полиспастов, якорей, диаметров и длин стальных канатов, площади занимаемой устройствами.



Рис. 32. Классификация основных способов и средств монтажа аппаратов колонного типа

9. СПОСОБЫ МОНТАЖА КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

В пищевой промышленности спиртовые колонны устанавливают внутри помещения, поэтому монтаж ее будет проводиться укрупненными блоками и отдельными частями с соответствующей маркировкой, прошедшими контрольную сборку.

При монтаже аппаратов отдельными царгами, собираемыми на фланцах, до подъема их надо проверить горизонтальность привалочных поверхностей каждой царги. Отклонения не должны превышать 0,3 мм на 1 м диаметра, но не более 2 мм на весь диаметр.

Установку царг на фундамент производят при помощи мостовых или козловых кранов. Сборку фланцевых соединений на болтах или шпильках надо вести свободно без подгоночных операций. Затяжку фланцевых соединений необходимо производить одновременно по диаметрально противоположным болтам или шпилькам. Окончательную затяжку фланцевых соединений, собираемых царг должна производиться в последовательности, указанной на рис. 33.

После сборки аппарата из царг он должен отвечать следующим требованиям:

- 1) отклонение размеров длины корпуса не должно превышать 0,3 % номинальной длины, но не более 75 мм;
- 2) допустимая кривизна корпуса на длине 1 м не должна превышать 2 мм, а на всей длине не более: 20 мм при длине аппарата от 10 – 20 м и 30 мм при длине не более 20 м.

Перед монтажом на царгах устанавливают специальные приспособления для строповки. Приспособления располагают по диаметру царг. После окончания монтажа колонн производят гидравлическое или пневматическое испытание на герметичность.

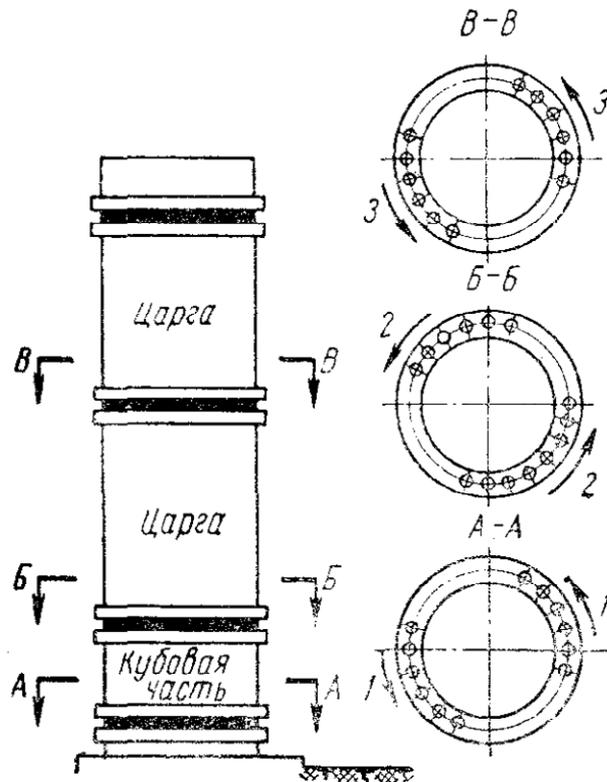


Рис. 33. Схема порядка установки царг и затяжки фланцевых соединений:
1-1, 2-2, 3-3 – последовательность затяжки фланцевых соединений

10. МОНТАЖ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ

К монтажу печи следует приступать только после окончания основных строительно-монтажных работ на хлебозаводе. Перед монтажом печи необходимо выбрать площадку для расконсервации деталей печи и подготовки монтажного оборудования.

Печь поступает в ящичной упаковке (9 мест). При поступлении ящиков необходимо проверить их сохранность и количество мест в соответствии с сопроводительными документами. Все операции по погрузке, перемещению и строповке ящиков необходимо производить осторожно, без ударов и толчков, так, чтобы не повредить детали печи и ящиков.

Детали и узлы печи перед монтажом необходимо подвергнуть техническому осмотру и расконсервировать.

При наличии серьезных дефектов необходимо составлять соответствующие акты.

До монтажа печи необходимо заготовить следующие материалы, которые не поставляются заводом изготовителем: минеральную вату 12 т; асбестовый картон толщиной: 1,5 мм – 10 кг; 2 мм – 50 кг; 4 мм – 10 кг; асбестовый шнур – 19 кг; а также сухую асбестовую набивку, сурик, солидол, пеньку, керосин.

До начала монтажа печи от строительной организации принимается фундамент под печь. При приемке необходимо тщательно проверить соответствие фундамента заводскому чертежу и требованиям, которые указаны в чертежах на фундамент.

Монтаж печи производят с помощью автокрана (на первом этаже) грузоподъемностью 3,2 – 6,3 т или козлового крана грузоподъемностью – 2 т или с помощью башенного крана через строительные проемы.

Сборку узлов выполняют по маркировке, соответствующей сборочным чертежам завода-изготовителя в следующей последовательности.

На фундамент устанавливают переднюю стенку каркаса, две поперечные рамы и заднюю стенку, которые скрепляют между собой верхними и нижними уголками. Установку рам и стенок, а также всех узлов печи производят по струне и отвесу, затем монтируют верхние корпуса печи (секции) в строгой последовательности, начиная с первой позиции (по маркировке). Сборка внутренних корпусов – наиболее ответственная часть монтажа печи, так как даже незначительные неплотности в каждом соединении не допустимы.

Перед соединением корпусов тщательно проверяют отклонения размеров непараллельности и кривизны элементов стыковых соединений с помощью шаблона. Допускаемые отклонения по ширине корпуса не более ± 1 мм. Кроме того, проверяют, чтобы входящие элементы уплотнений выступали из корпуса на 15 мм (размер от рамки) с допускаемым отклонением $\pm 1,5$ мм.

Уголки «ловушек» проконопачивают мокрым асбестовым шнуром $\varnothing 3$ мм по всей ширине корпуса и вкладывают асбестовую набивку $\varnothing 10$ мм во все «ловушки».

К раме корпуса прикрепляют прокладку из асбестового картона толщиной 2 мм так, чтобы на вертикальных сторонах рамки прокладки выступали внутрь корпуса на 1–2 мм.

Болты, соединяющие корпуса, затягивают равномерно; под каждый установленный и соединенный корпус укладывают нижние листы. Листы варят электродами. Все стыковые соединения внутренних корпусов осматривают с помощью переносной лампы с тем, чтобы убедиться в отсутствии зазоров между рамками и перекосов в уплотнениях.

После установки внутренних корпусов, монтируют каркас топки и муфели (без горелок).

Перед установкой узлов, имеющих заслонки, убеждаются в том, что они открываются и закрываются без заеданий.

После сборки переходных патрубков, труб, кожухов на асбестовых прокладках надежно затягивают болтовые соединения. При монтаже рециркуляционных вентиляторов проверяют соосность валов по полумуфтам, а затем приступают к установке зонтов, труб, колен и т. п. на асбестовых прокладках. Перед заполнением полостей корпусов и постановкой листов обшивки собирают и регулируют все механизмы управления заслонками и зональными клапанами, а также устанавливают смотровые окна.

При заполнении минеральной ватой марки «100» ее тщательно уплотняют, затем монтируют задний каркас. Одновременно устанавливают листы обшивки. Накладки, скрепляющие листы обшивки, аккуратно подгоняют по месту и крепят винтами по металлу.

Приводную и натяжную станции устанавливают на фундаменты с креплением к ним фундаментными болтами. После тщательной выверки положения станции (барабаны должны быть строго горизонтальны, лежать в одной плоскости без перекосов), болты подливают цементным раствором. Одновременно монтируют выносной под, а также пароувлажнительное устройство и топочный фронт (горелки и коммуникации). Затем к печи подсоединяют газовые, паровые и водяные трубопроводы, а также отводящие газопроводы (дымовые трубы).

Сборку сетчатой ленты и соединение ее концов осуществляют посредством соединительных стержней, входящих в комплект поставки, и с помощью специального приспособления (рис. 34).

Лента должна находиться на направляющих пода и барабанах так, чтобы отогнутые концы соединительных стержней сетки располагались сверху и были направлены в сторону, противоположную движению ленты (рис. 35). В холодном состоянии ленту натягивают так, чтобы натяжные грузы находились в верхнем положении.

Зазоры между краями сетки и боковыми стенками пекарной камеры должны быть порядка 50 мм.

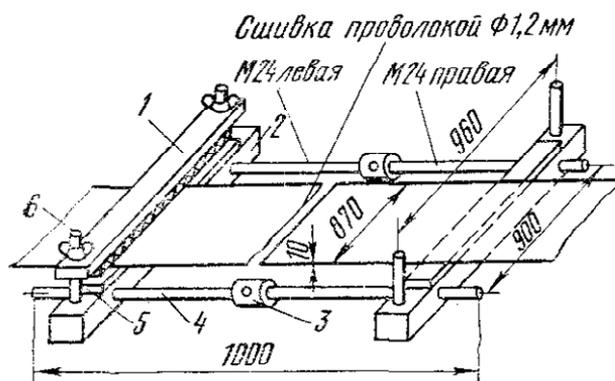


Рис. 34. Схема соединений сеточных лент хлебопекарных и кондитерских печей:

1 – прижим; 2 – квадрат; 3 – талреп; 4 – винт; 5 – прокладка; 6 – болт

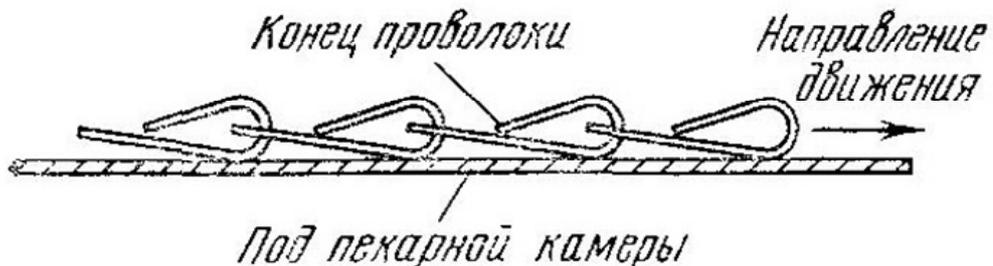


Рис. 35. Схема установки сетки на под пекарной камеры

Проводят дополнительную смазку по схеме, входящей в состав технической документации печи. Затем производится обкатка механизмов печи.

Перед розжигом, наладкой и сдачей в эксплуатацию печи подлежат регистрации в местных органах Госгортехнадзора. Перед розжигом печи необходимо убедиться в исправной работе всех основных и вспомогательных устройств и механизмов печи, а также всех органов управления путем тщательного осмотра их и опробование вручную.

Опробование вентиляторов рециркуляции газов производится путем их кратковременного пуска. При работе привода сетчатой ленты в процессе опробования необходимо обратить внимание на ее движение: лента должна двигаться равномерно, плавно, без перекосов и смещений к одной стороне. Регулировка натяжения сетчатой ленты в холодном и горячем состоянии должна поручаться высококвалифицированному персоналу. Щеточные устройства включают только при работе конвейера. Испытание печи вхолостую проводят в течении 6 – 8 часов, устраняя при этом выявленные дефекты монтажа.

Запрещается разжигать печь и пускать ее в работу при неустановившемся (неправильном) движении сетки и неудовлетворительной работе остального оборудования и приборов контроля печи.

11. МОНТАЖ СУШИЛКИ КС-2М

Такая сушилка предназначена для тепловой сушки: ржаных и пшеничных сухарей из хлеба, батончиков, овощей, фруктов и макаронных изделий.

Сушилка состоит из каркаса, обшивки, двух шаровых калориферов, двух осевых вентиляторов, этажерок с противнями.

Перед монтажом при устройстве фундамента устанавливают до бетонирования фундаментные болты в стаканы фундамента и направляющие для этажерок. Затем козловым краном (грузоподъемностью 2 т) устанавливают боковые и средние стенки, после тщательной выверки закрепляют их фундаментными болтами и устанавливают узлы, смонтированные на раме калориферов. После окончания сборки каркаса, пристукают к облицовке панелями и набивке стенок сушилки минеральной ватой марки 150. Установленные панели закрепляют облицовочными угольниками.

При сборке особо тщательно следует выполнить узлы соединений сушильной камеры с воздухопроводами, калориферами, дверьми и вытяжными трубами во избежание проникновения в камеру воздуха.

Необходимо также проверять каждую вагонетку на легкость перемещения по рельсовым путям в любом направлении.

Все электрооборудование на сушилке, а также металлические конструкции (каркас, лестницы, площадки и т. п.) должны быть заземлены.

По окончании сборки необходимо провести опробование осевых вентиляторов.

12. МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ. ИСПЫТАНИЕ КОМПРЕССОРОВ

Монтаж компрессорных установок начинают с установки на фундамент рамы – ресивера, на который затем размещают компрессор и электродвигатель. Соосность маховика компрессора и полумуфты электродвигателя проверяют по равномерно расположенным зазорам в четырех точках и с помощью контрольной линейки и специального приспособления (рис. 36).

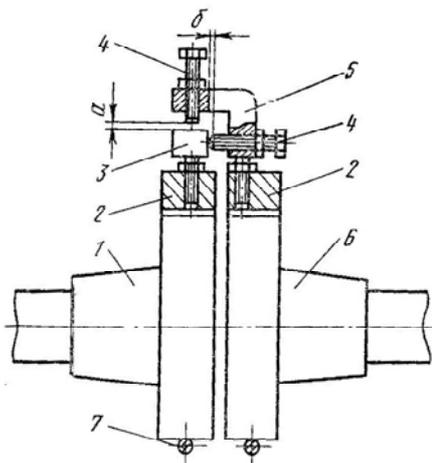


Рис. 36. Схема проверки установки электродвигателя и компрессора:

1 – полумуфта компрессора; 2 – центровочное приспособление; 3 – квадратная головка; 4 – болт с метрической резьбой; 5 – кронштейн; 6 – полумуфта электродвигателя; 7 – хомут

Контрольную линейку укладывают сверху и сбоку полумуфты и регулируя положение электродвигателя, добиваются того, чтобы она плотно прилегала к боковым и наружным цилиндрическим поверхностям полумуфт. Приспособление состоит из хомутов, на одном из которых размещен кронштейн с двумя болтами, а на другом обработанная квадратная головка. Замеры производят в четырех точках щупом, они должны быть равны. Допустимое параллельное смещение валов, $a = 0,2$ мм, перекося валов для эластичных муфт при диаметре полумуфт до 300 мм, $\delta = 0,1$ мм. После выверки соосности электродвигатель окончательно закрепляют на раме-ресивере, устанавливают и крепят промежуточный воздухоохладитель (холодильник), а также промежуточный клапан II ступени.

Перед пуском компрессора после окончания всех отделочных работ производят ревизию всех основных узлов. В процессе ревизии промывают и тщательно проверяют коленчатый вал, шатуны, поршни, сальники, всасы-

вающие и нагнетательные клапаны, вкладыши коренных и мотылевых (шатунных) подшипников и шейки вала. Проверку производят на краску. Степень прилегания каждого вкладыша должна соответствовать восьми пятнам краски на площади 25×25 мм рабочей поверхности вкладыша. Зазор между шейками вала и верхними вкладышами допустим в пределах $0,06 \div 0,1$ мм. Осевые зазоры у коренных подшипников должны быть $0,06 \div 0,35$ мм. Зазоры можно увеличить за счет шайбровки баббита вкладышей. Величина зазора между поршнем и зеркалом цилиндра не должна превышать 10 % размеров, предусмотренных чертежами завода-изготовителя. Зазор между нижними головками шатунов и шейкой коленчатого вала должно быть $0,03 \div 0,06$ мм. Картер компрессора промывают керосином и заливают затем чистым компрессорным маслом К-12 в зимнее время года или маслом компрессорным К-19 в летнее время.

Перед пуском компрессора производят его внешний осмотр, опробование вручную его предохранительных клапанов, проверку наличия масла в картере по смотровому стеклу и в воздушном фильтре, а также проверяют вручную маховик коленчатого вала с тем, чтобы убедиться в свободном его вращении.

Перед включением электродвигателя открывают раздаточные и продувочные вентили на ресивере и холодильнике. Включив электродвигатель, убеждаются в правильном направлении вращения по стрелке, нанесенной на крышке масляного насоса.

При первоначальном пуске компрессор должен проработать холостую 1 – 1,5 ч, затем постепенно поднимают давление до номинального в течении 1 ч. При работе без нагрузки убеждаются в отсутствии посторонних шумов и перегрева подшипников. Давление масла в системе смазки должно быть в пределах $0,1 \div 0,15$ МПа. После закрытия продувочных и постоянно закрытых раздаточных вентилей компрессор вводят в нормальный режим работы.

13. МОНТАЖ СЕПАРАТОРОВ

По динамическим свойствам сепараторы являются быстроходными машинами, у которых частота вращения достигает 5500 – 5600 об/мин, поэтому монтаж их выполняют с особой тщательностью, соблюдая все требования, приведенные в инструкции предприятия-изготовителя. Сепаратор поступает в монтаж упакованным в деревянный ящик, обшитый изнутри толью. Барабан в собранном виде и колпак прикреплены стальной лентой к дну ящика. В комплект поставки входит ключ для затяжки большого затяжного кольца.

Сепаратор устанавливают на фундамент и крепят фундаментными болтами, на которые надевают резиновые прокладки (амортизаторы), поставляемые с сепаратором (рис. 37).

Если фундамент под сепаратор выполнен с колодцами для анкерных болтов, болты располагают по шаблону или вместе с сепаратором и заливают колодцы цементным раствором состава 1:3. Монтаж сепаратора продолжают после затвердевания подливки до 60 % проектной прочности. Сепаратор устанавливают на фундамент так, чтобы веретено находилось в строго вертикальном положении, а фундаментные болты не касались стенок отверстий в лапах станины. При установке сепаратора на перекрытии с креплением сквозными анкерными болтами, резиновые прокладки помещают как под лапами станины, так и со стороны головки болтов под перекрытием.

При поставке сепаратора с резиновыми амортизаторами, вложенными в обечайку, на фундаментные болты сначала надевают доньшком вниз обечайки, а затем вкладывают амортизаторы и закрывают их колпачками.

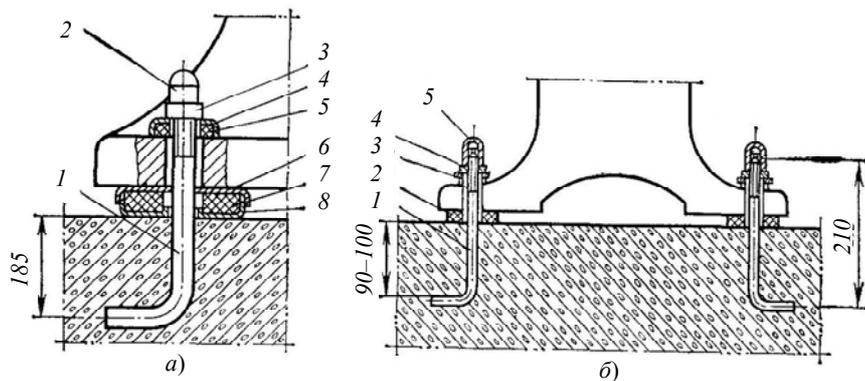


Рис. 37. Схема крепления сепаратора на фундамент:

а – с обечайками: 1 – фундаментный болт; 2 – колпачковая контрогайка; 3 – гайка; 4 – колпачок; 5, 7 – амортизаторы; 6 – колпачок; 8 – обечайка;

б – без обечайки: 1 – анкерный болт; 2, 3 – резиновые прокладки (амортизаторы); 4 – колпачковая контрогайка; 5 – колпачок

Положение сепаратора выверяют по уровню и линейке, которые укладывают на верхнюю обработанную кромку чаши машины в двух взаимно перпендикулярных направлениях при снятых крышке и барабане сепаратора. Уровень укладывают в первую очередь по оси сепаратора, совпадающей с осью электродвигателя, а затем уже во второй, перпендикулярной оси. Отношение от горизонтальности в обоих направлениях должно быть не более $0,02 - 0,05$ мм на 1 м диаметра чаши сепаратора. Положение сепаратора регулируют тонкими кольцевыми жестяными прокладками, которые размещают под лапы станины между фундаментом и амортизатором.

После выверки сепаратора по уровню на фундаментные болты поверх лап надевают резиновые прокладки и навинчивают гайки, которые закрепляют сепаратор на фундаменте. Гайки на фундаментных болтах следует затягивать равномерно и плавно. После затяжки гаек и установки колпачковых контрогаек сепаратор должен быть плотно прижат к фундаменту, но стоять на нем «мягко», чтобы резиновые прокладки не потеряли эла-

стичность. Высота нижних резиновых амортизаторов должна уменьшаться не более чем на 20 % от первоначальной.

После установки и закрепления сепаратора производят ревизию, чистку и смазку его. После ревизии и сборки сепаратора окончательного закрепления его на фундаменте подключают продуктопроводы, которые монтируют так, чтобы их масса не передавалась на сепаратор.

Испытание сепаратора на холостом ходу проводят при вывернутых стопорных винтах и обжатых тормозных колодках. В начале испытания (период разгона) вибрация сепаратора и нагрев фрикционных муфт (в отдельных случаях до дымления) считается нормальным явлением. Требуемое число оборотов сепаратор должен набрать в течение 5–6 минут после пуска, далее вибрация должна исчезнуть.

Сепаратор испытывают вхолостую в течение одного часа.

14. МОНТАЖ ШНЕКОВОГО МАСЛОПРЕССА

Пресс поставляется заводом-изготовителем в собранном виде и комплектуется с приводом (трехскоростной электродвигатель и редуктор, соединенные между собой упругой муфтой). После разметки осевых линий и приемки фундаментов под установку пресса и электродвигателя приступают к монтажу пресса.

Пресс и привод устанавливают на фундаментах, к которым крепят фундаментными болтами соответственно М8 и М10. Выверку горизонтальности производят по уровню. Допустимая несоосность валов редуктора с валом маслопресса и с валом электродвигателя не должен превышать 0,5 мм. После окончательного центрирования и выверки положения приводной муфты на валах маслопресса редуктор фиксируют винтом путем засверловки под него специального отверстия на валу редуктора. Перед опробованием пресса на холостом ходу необходимо проверить затяжку гайки шнекового вала и правильность взаимного положения шнекового вала и зерновой камеры. Зазоры между выступом ножей и витками шнеков должны быть не менее 3 мм со стороны заднего корпуса станины (со стороны выхода ракушки) и не менее 1 мм с противоположной стороны.

Обязательно следует проверить плавность вращения шнекового вала, вращая от руки упругие муфты (в обе стороны), а затем отведя обойму от корпуса в крайнее (открытое) положение, что позволит создать максимальный зазор. Испытание пресса на холостом ходу проводят в течение двух часов.

15. МОНТАЖ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Тестоделительная машина поступает в монтаж в собранном виде. Машину устанавливают на специальном фундаменте или крепят непосредственно к полу болтами и выверяют установку машины с помощью отвеса и уровня. После этого окончательно затягивают гайки и контргайки. Перед началом испытания машины вхолостую очищают и смазывают рабочие органы, для чего необходимо частично разобрать машину:

- освободить зажимы приемного бункера и откинуть его в сторону;
- вынуть из тестовой камеры заслонку, нагнетательный поршень, повернуть их на шарнирах шатунов на 180° и уложить на подставку;
- отвинтить болты на рамке регулирования порции теста и снять планку;
- снять планку ограждения выхода порций, вынуть поршни мерных камер делительной головки и уложить на подставку;
- снять антикоррозийное покрытие с поверхностей приемного бункера, тестовой камеры, делительной головки, нагнетательного поршня, поршней мерных камер и заслонки (и промывая их в горячей мыльной или содовой воде и насухо протирая ветошью).

Собирают машину в последовательности, обратной разборке. По окончании сборки необходимо провести контрольный замер зазоров щупом. Зазоры должны быть между упорами делительной головки и стенки тестовой камеры – 0,5 – 0,8 мм; между концами винтов выталкивателя и поршнями мерных камер – 0,1 мм; между угольниками и нагнетательным поршнем – 0,8 мм.

Трущиеся поверхности машины, кроме поршней мерных камер делительной головки, смазывают в направлении от центральной системы кукурузным или горчичным маслом. Масло следует заливать через четырехточечный лубрикатор. Поршни мерных камер смазывают через пробки, расположенные на их крышке. Эксцентрики поворота делительной головки и нагнетательного поршня смазывают маргарином или сливочным маслом с помощью масленок. Пазовые кулаки заслонки и механизм выталкивателя, а также открытую зубчатую передачу смазывают, нанося солидол кистью. Подшипники качения заполняют солидолом. Цилиндрический редуктор заливают машинным маслом до отметки.

Перед включением машины необходимо убедиться в надежном креплении всех сборочных единиц и отсутствии посторонних предметов, которые могут вызвать поломку машины при обкатке. Рукоятку регулятора скорости необходимо установить на минимальную частоту вращения. Машину следует пускать кратковременными включениями электродвигателя с таким расчетом, чтобы полный рабочий цикл был осуществлен в несколько приемов. После этого машину можно пустить окончательно и испытывать вхолостую в течение двух часов. В процессе испытания машины все узлы должны работать плавно, без заедания и перегрева.

16. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ МОНТАЖЕ

Протяженность и, следовательно, металлоемкость трубопроводов на предприятиях велики. Поэтому монтаж их довольно трудоемок, а поддержание трубопроводов в исправном состоянии требует привлечение большого числа ремонтных рабочих.

Стоимость монтажа технологических трубопроводов составляет 45 % от общей стоимости монтажных работ.

Назначение трубопроводов различно, оно определяется их наименованием и особенностями конструктивного оформления. Трубопроводы связывают оборудование технологических установок в единую систему (внутриустановочные или технологические обвязочные трубопроводы), а также обеспечивают связь между отдельными установками и цехами завода (межцеховые и общезаводские трубопроводы).

Трубопроводы большой протяженности для транспортирования сырья, полуфабрикатов и готовой продукции принято называть магистралями. Трубопроводы можно охарактеризовать условным диаметром D_y (номинальный внутренний диаметр трубопровода), $D_y = 100$ мм и т.д. и условным давлением P_y (наименьшее рабочее давление при температуре 20 °С). Так как с повышением температуры прочностные свойства материала труб снижаются, соответственно должно уменьшаться наибольшее допустимое рабочее давление.

В основном трубопроводы изготавливаются из углеродистых или легированных сталей. Кроме того, находят применение медные, латунные, обладающие хорошей коррозионной стойкостью и высокой теплопроводностью стенок, а также алюминиевые и свинцовые трубы, имеющие высокую коррозионную стойкость к отдельным группам веществ.

Неметаллические трубопроводы менее прочны, чем металлические, однако в большинстве случаев коррозионная стойкость их выше, а стоимость невелика. К неметаллическим относятся: керамические, фарфоровые, стеклянные, резиновые и пластмассовые трубы (из винилпласта, полиэтилена, фаялита, фторопласта). Находят применение также трубы из металла, футерованы пластмассой или резиной.

Трубы из углеродистых и легированных сталей могут быть сварными и бесшовными. Из стальных труб главным образом применяют бесшовные трубы (горячекатаные и электросварные). Эти трубы гуммируют и футеруют полиэтиленом и винилпластом.

Потребность в трубах из нержавеющей стали с каждым годом возрастает в связи с требованиями технологии производства, простоты их монтажа и обслуживания, а также по технико-экономическим соображениям. Пластмассовые трубы отличаются высокой коррозионной стойкостью. Но проведение монтажных и ремонтных работ при их применении усложнено.

17. ДЕТАЛИ ТРУБОПРОВОДОВ И СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Для соединения отдельных участков трубопроводов применяются различные детали: фланцы, муфты, переходы, отводы, тройники, заглушки, сгоны и т.д. Материал этих деталей должен соответствовать материалу труб. Соединение отдельных участков труб чаще всего осуществляются следующими способами: фланцевое соединение, резьбовое соединение, сварное соединение.

Сварное соединение применяется для трубопроводов высокого давления, фланцы при этом используются только для установки арматуры. Для токсичных, взрывоопасных, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, также рекомендуются сварные соединения труб. Сварное соединение наиболее надежно, практически полностью исключает возможность утечки продуктов, однако, является неразборным, что создает трудности в эксплуатации.

Фланцевое соединение – разъемное – более дорогое и менее надежное в эксплуатации, чем сварное. Вследствие простоты конструкции оно наиболее распространено. Для коммуникации высокого давления применяются специальные фланцы, наворачиваемые на трубопровод, а соединение труб производится через гильзу (рис. 38).

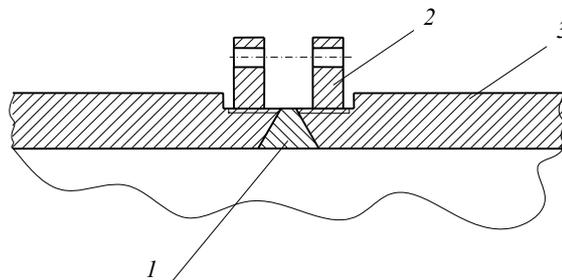


Рис. 38. Схема соединения трубопроводов высокого давления:
1 – линза; 2 – фланец; 3 – труба

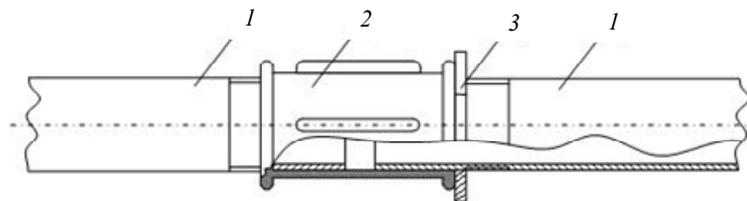


Рис. 39. Схема резьбового соединения:
1 – соединительные трубы; 2 – муфта; 3 – контрогайка

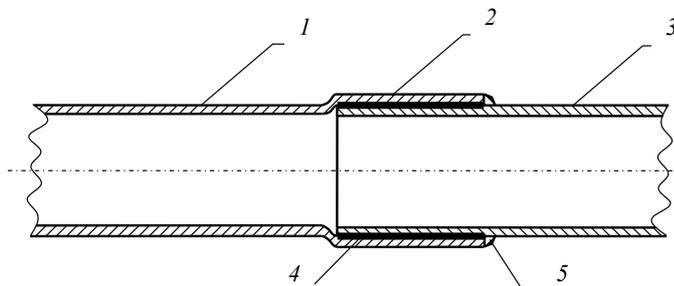


Рис. 40. Схема соединения чугунных труб:
1 – труба; 2 – раструб; 3 – труба; 4 – набивка из пеньки; 5 – замазка и цемент

Резьбовое соединение применяется в основном при соединении газовых труб. Оно наименее надежно, но компактнее фланцевого. Оно применяется для труб небольшого диаметра ($d_n < 0,05 - 0,075$ м). Для того, чтобы исключить утечку среды, на трубу наматывается волокнистый материал (льняная пряжа, иногда с промазкой свинцовым суриком и свинцовыми белилами). Резьбовое соединение осуществляется с помощью муфт (рис. 39).

Чугунные трубы соединяются с помощью раструбов. Кольцевое пространство в раструбном соединении заделывается пенькой или с помощью специального цемента зачеканивается (рис. 40).

Керамические, пластмассовые, стеклянные трубы соединяются специальными способами.

18. ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДА

Способы монтажа и ремонта трубопроводов обусловлены материалом из которого изготовлены трубопроводы, а также их размером и пространственным расположением.

Все трубопроводы сооружаются в полном соответствии с утвержденными проектами и рабочими чертежами. В зависимости от конкретных условий (свойств и состояния транспортируемой среды, диаметра труб, ситуации на монтируемом участке) трубопроводы прокладывают в грунте, в открытых и закрытых лотках, в каналах или на опорах и эстакадах.

Технологические трубопроводы, требующие постоянного ухода, частых ремонтов в стесненных условиях, как правило, прокладывают только на опорах. При расположении на эстакадах множество трубопроводов различного назначения в несколько ярусов стараются трубопроводы с ядовитыми, высокоагрессивными и огне-взрывоопасными средами располагать в самом нижнем ярусе. Это облегчает ремонт и при авариях предотвращает возможную утечку продукта на другие трубопроводы.

Паропроводы, трубопроводы для конденсата и теплоагентов прокладывают на стойках и эстакадах, а также в надежно канализованных открытых лотках.

Чтобы обеспечить надежность осмотра и производства ремонтных работ при прокладке пучка трубопроводов (рис. 41), необходимо соблюдать межосевые расстояния соседних трубопроводов, а также расстояния соседних трубопроводов от соседствующих конструкций (элементов опор, стен зданий, постаментов, аппаратов и т.д.).

Расстояние L между осями соседних изолированных трубопроводов с фланцами, расположенными в одной плоскости, можно определить по формуле

$$L = (D_1 + D_2) / 2 + a,$$

где D_1 и D_2 – наружные диаметры фланцев соседних труб; a – расстояние между этими фланцами для труб диаметром до 200 мм: $a = 80 - 100$ мм; для труб диаметром до 250 – 700 мм: $a = 105 - 150$ мм.

Расстояние c от оси крайнего трубопровода до соседнего конструктивного элемента определяют

$$c = D_1 / 2 + a,$$

где D_1 – наружный диаметр фланца трубопровода.

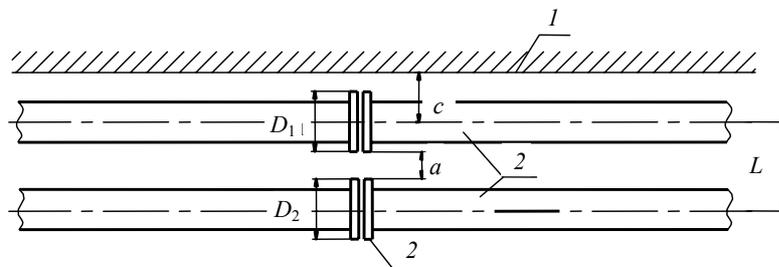


Рис. 41. Схема расположения трубопровода:
 1 – конструктивный элемент; 2 – труба; 3 – фланцы

Большинство работающих трубопроводов подвержено действию статического электричества, поэтому их необходимо заземлить согласно действующим правилам.

Прокладываемые трубопроводы не должны закрывать необходимые для нормального обслуживания цеха (установки), проходы и проезды, в том числе грузоподъемные устройства. Эстакады или нижняя труба надземного трубопровода должны быть подняты над землей на высоту не менее:

- а) над железнодорожными путями – 5,5 м;
- б) над автотранспортом – 4,5 м;
- в) над пешеходными проходами – 2,2 м.

Причем над перечисленными участками прокладывают трубопроводы только из сварных труб, т.е. без фланцев, арматуры, компенсаторов и других устройств.

Под трубопроводами сильно токсичных продуктов на участке дороги устанавливается поддон с уклоном в сторону безопасного слива.

Трубопроводы (особенно подземные) должны быть защищены от действия поперечных сил, способных их смять, поэтому под дорогами и переездами их укладывают в туннелях или заключают в гильзы, представляющие собой трубы несколько большего диаметра и большей толщины, чем защищаемые. Гильзы также устанавливают на участках, где труба пересекает стены и перекрытия. Это позволяет трубам воспринимать температурные деформации независимо от строительных конструкций. Гильзы заделывают намертво. При компоновке деталей трубопровода необходимо избежать попадания сварного шва на участке гильзы.

Подземные трубопроводы в обычных грунтах прокладывают на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли; для замерзающих грунтов глубина залегания трубопровода должна быть на 0,1 м ниже глубины промерзания грунта.

На участке пересечения железнодорожных и транспортных путей глубину заложения труб с гильзами принимают не менее 1 м от подошвы шпалы. На участках автодорог эта глубина должна быть не менее 0,8 м от зеркала дорожного полотна.

Не рекомендуется прокладывать трубопроводы на стенках производственных зданий. В исключительных случаях можно проложить трубопровод небольших размеров на скользящих опорах, прикрепленных к стенкам, однако при этом они не должны пересекать оконных и дверных проемов. При прокладке вдоль наружных стен зданий трубопроводы размещают не менее чем на 0,5 м выше (или ниже) оконных проемов.

Нельзя прокладывать трубопровод под зданиями, фундаментами оборудования и другими сооружениями. Подземные трубопроводы должны надежно защищаться от разрушения коррозией. Технологические трубопроводы должны иметь некоторый уклон с тем, чтобы при отключении можно было опорознить их.

19. КОНСТРУКЦИИ КОМПЕНСАТОРОВ

Трубопровод малой длины и легко выпучивающийся во время нагревания удлиняется; при умеренном переходе температур это удлинение может компенсироваться удлинением в изгибах или за счет выпучивания трубопровода. Такой процесс называется самокомпенсацией. При наличии трубопровода, не допускающего жесткого закрепления, его приходится укладывать на подвижные опоры и вводить в конструкцию трубопровода компенсатора линзовые, сальниковые односторонние и двусторонние, лирообразные и лирообразные гладкие с прямым участком (рис. 42).

Компенсирующая способность в большей мере зависит от H , чем от z . Значение H/z характеризует относительную величину вылета и составляет 1,5 – 10. Таким образом П-образные компенсаторы могут быть разделены на компенсаторы с большим, средним и малым вылетом. На конструкционную способность оказывает также влияние радиусгиба компенсатора R . Чем меньше R , тем лучше компенсатор гнется обычно $R = 4d_n$.

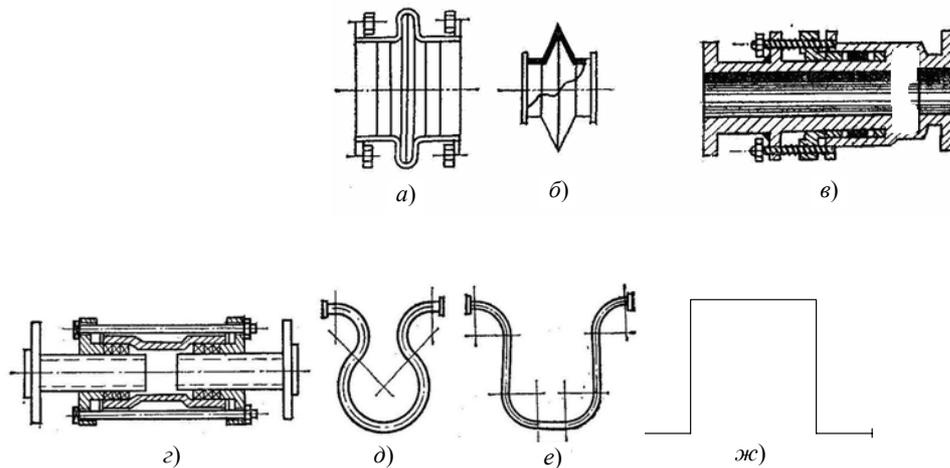


Рис. 42. Схема компенсаторов на трубопроводах:

a – линзовый сварной; *б* – тарельчатый сварной; *в* – сальниковый односторонний;
г – сальниковый двусторонний; *д* – лирообразный; *е* – лирообразный с прямым участком; *ж* – П-образный

20. РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА

Тепловое удлинение трубопроводов и их компенсация.

При монтаже необходимо учитывать изменение длины трубопроводов при колебаниях температуры. Величина этого изменения может быть определена по уравнению

$$\Delta l_t = \alpha (t_T - t_B) l = \alpha \Delta t - l, \quad (4)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала трубы, $1/^\circ\text{C}$: а) для железа – 0,000012; б) для меди – 0,0000165; в) для алюминия – 0,000024; г) для винипласта – 0,00007 и т.д.; t – изменение температуры трубопровода, $^\circ\text{C}$; l – первоначальная длина трубопровода, м.

Удлинение трубопровода вызывает появление напряжений сжатия

$$\sigma = \delta E, \quad (5)$$

где $\delta = \Delta l / l$ – относительное удлинение; E – модуль упругости, $\text{H}/\text{мм}^2$.

При площади поперечного сечения стенок трубы F сила сжатия $P_{\text{сж.}}$ будет равна

$$P_{\text{сж.}} = \sigma F. \quad (6)$$

При совместном решении уравнений (4) и (5) получаем перепад температур, выше которого необходима компенсация температурных удлинений

$$\Delta t = \sigma / E \alpha. \quad (7)$$

Гидравлический расчет трубопровода

Рассмотрим расчет диаметра трубопровода при передаче жидкости или газа по цилиндрическому трубопроводу. Скорость движения жидкости зависит от величины напора, вязкости жидкости, материала и конструкции трубопровода.

Практически в трубопроводах с газами и технологическими растворами, вязкость которых близка к вязкости воды, принимают следующие скорости, м/с

1. Самоотечные трубопроводы до 1,25.
2. Напорные трубопроводы 1 – 3.
3. Газопроводы для газов, насыщенными парами 10 – 30.
4. Газопроводы для сухих газов (сжатого воздуха, азота, разреженного воздуха и перегретых паров) 10 – 60.

Секундный расход, т.е. количество V_c протекающей жидкости или газа по цилиндрическому трубопроводу, $\text{м}^3/\text{с}$, определяют по уравнению

$$V_c = F \omega = \frac{\pi d^2}{4} \omega,$$

где F – площадь сечения трубы, м; d – диаметр трубопровода, м; ω – скорость среды, м/с.

Часовой расход

$$V_{\text{ч}} = 3600 \frac{\pi d^2}{4} \omega. \quad (8)$$

Из уравнения (8) можно определить диаметр трубопровода d , м

$$d = \sqrt{\frac{V_{\text{ч}}}{3600 \cdot 0,785 \omega}}.$$

Расчет металлических труб на прочность

Толщина стенки стальной трубы, испытывающей внутреннее давление, может быть определена по уравнениям, рекомендованным Госгортехнадзором.

Для бесшовных труб толщина стенки S равна

$$S = \frac{P_y D_y}{230 \sigma_{200} + P_y} (1 + A),$$

где P_y – условное давление (соответствующее рабочему давлению при температуре среды 200 °С) кгс/см²; D_y – наружный диаметр трубы, мм; σ_{200} – допустимое напряжение при температуре среды до 200 °С, кгс/мм²; A – коэффициент, учитывающий необходимую прибавку на допустимые минусовые отклонения толщины стенки по ГОСТу, а также уменьшения толщины при изгибе (обычно A принимается равным 0,2)

Для сварных труб толщина стенки S равна

$$S = \frac{P_y D_y}{230 \varphi \sigma_{200} + P_y} + C,$$

где φ – коэффициент для сварных труб, φ равен 0,8, для сварных труб со спиральным $\varphi = 0,6$; C – величина, учитывающая возможное минусовое отклонение толщины листа (принимается от 0,5 до 0,8); σ_{200} – при температуре 200 °С для Ст3 – 11,7, для сталей других марок от 10,9 до 13,3.

Если трубопровод предназначен для транспортировки агрессивных сред, толщину стенок труб следует увеличивать в зависимости от диаметра трубопровода (от 2 до 4 мм).

21. КОНСТРУКЦИИ ОПОР ДЛЯ ТРУБОПРОВОДА И ИХ РАСЧЕТ

Существует несколько видов опор:

- 1) подвижные опоры (рис. 43);
- 2) неподвижные опоры (рис. 44);
- 3) кронштейны (рис. 45);
- 4) подвески (рис. 46).

Подвижные опоры подразделяются на скользящие, катковые, в зданиях под перекрытием.

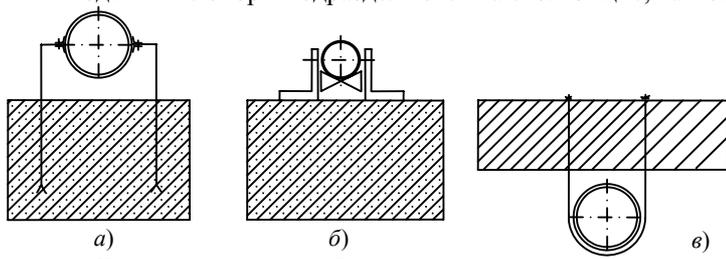


Рис. 43. Схема подвижных опор трубопровода:

а – скользящая; б – катковая; в – в зданиях под перекрытием до 200 мм

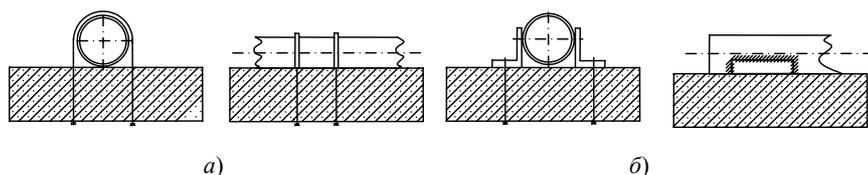


Рис. 44. Схема неподвижных опор:

а – хомутовые; б – приваренная

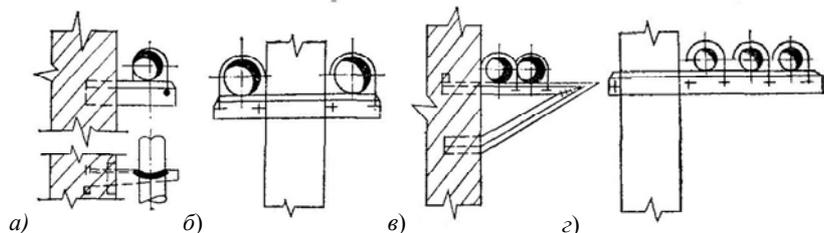


Рис. 45. Схема крепления труб при помощи кронштейнов:

а, в – крепление к стенке; б, г – крепление к колонне

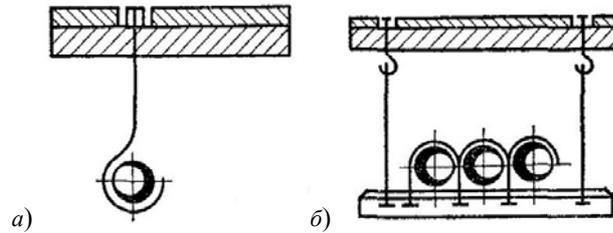


Рис. 46. Схема крепления трубопровода на подвесках:

а – на одной тяге; *б* – на двух тягах

3. Расстояние между опорами

Внутренний диаметр трубы, мм	50	76	100	125	150	200	250	300
Расстояния между опорами, м	3	4	4,5	5	6	7	8	9

Расчет опор сводится к следующей методике. Длина пролета между опорами трубопровода l , м, определяется в зависимости от допустимого прогиба многоопорной балки по уравнению

$$l = \sqrt{\frac{12\sigma_{и}\omega}{100q}},$$

где $\sigma_{и}$ – допустимое напряжение на изгиб, кгс/см² (для стальных труб $\sigma_{и} = 250$ кгс/см²); ω – момент сопротивления, см³; q – вес 1 м трубопровода, наполненного раствором и покрытого изоляцией.

Расчетная нагрузка на одну опору $Q_{\text{верт}}$ определяется уравнением

$$Q_{\text{верт}} = 15ql.$$

Расстояние между подвижными опорами зависит от внутреннего диаметра трубы (табл. 3). Ниже приводятся рекомендуемые расстояния между подвижными опорами.

22. ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА

Трубопроводы испытывают на плотность и прочность. Все стыки трубопровода должны быть доступны для визуального осмотра. Сварные швы полностью и выборочно подвергаются физическим методам контроля (с помощью рентгеновских и гамма-лучей, магнитографированием, ультразвуком).

Трубопроводы опрессовывают водой. Испытуемый участок трубопровода отключают заглушками, в верхней его части приваривают штуцер с вентилем (задвижкой) для выпуска воздуха при нагнетании воды. Испытательное давление указывается в технических условиях проекта и обычно составляет 1,25 – 1,5 рабочего давления. При испытательном давлении трубопровод выдерживают в течение 5 мин, затем снижают давление до рабочего и приступают к осмотру. Результат испытания считается положительным, если за время испытания давление в трубопроводе не снижается, и сварные швы не пропускают воду.

Если испытание производится сжатым воздухом, неплотности обнаруживаются по появлению пузырьков мыльной эмульсии, нанесенной на швы.

Порядок сдачи трубопровода в эксплуатацию определяется категорией трубопровода, т.е. его назначением. Правила ГОСгортехнадзора предусматривают регистрацию трубопровода 1-ой, 2-ой, 3-ей категорией в инспекции ГОСгортехнадзора по установленной форме.

После испытания приемка и сдача трубопровода должна осуществляться и оформляться двусторонним актом. При сдаче технологических трубопроводов в эксплуатацию, монтажная организация обязана представить техническую документацию: акты проверки внутренней очистки трубопроводов, испытаний арматуры, испытаний трубопроводов, промывки и продувки трубопроводов; заключение по проверке качества сварных швов трубопровода.

Смонтированный, испытанный и изолированный, предварительно очищенный от ржавчины трубопровод окрашивается в соответствующий цвет.

ЧАСТЬ II

1. РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Организация ремонта оборудования

Организация ремонта оборудования состоит из следующих стадий:

1. Общие сведения.
2. Система планово-предупредительного ремонта (ППР).
3. Методы и способы организации ремонта оборудования.
4. Планирование ремонта.
5. Финансирование ремонтных работ.

1.2. Общие сведения

Производственное оборудование является важной частью основных фондов пищевой промышленности. Поэтому рациональное использование, сохранение работоспособности и долговечности оборудования должно быть предметом повседневного внимания и заботы всех работников производства. Для этого необходимо правильно организовать эксплуатацию оборудования, своевременно производить и устранять неполадки в работе оборудования, грамотного и квалифицированного выполнения межремонтного обслуживания и проведения ремонта.

Успешное решение этих задач в значительной степени зависит от уровня подготовки эксплуатационников и ремонтников, их умения своевременно предупредить и устранить неполадки в работе оборудования, грамотного и квалифицированного выполнения межремонтного обслуживания и проведения ремонта.

Восстановление эксплуатационных показателей оборудования возможно при тщательном уходе за ним, систематическом осмотре, проведения всех видов ремонта с заменой изношенных деталей и соответствующей наладкой оборудования.

Такой порядок эксплуатации оборудования рекомендуется системой планово-предупредительного ремонта (ППР), которая и принята в пищевой промышленности.

1.3. Система планово-предупредительного ремонта

Системой ППР технологического оборудования называется совокупность организационных и технических мероприятий по надзору, уходу и всем видам ремонта, производимых в порядке профилактики по заранее разработанному плану в целях обеспечения бесперебойной работы оборудования, обслуживающих его транспортных устройств и средств механизации и автоматизации.

Система ППР включает в себя осуществление следующих основных мероприятий:

- межремонтное профилактическое обслуживание технологического оборудования и его ремонт;
- применение при ремонте современной передовой технологии, обеспечивающей высокое качество и долговечность восстанавливаемых деталей и узлов и эстетику внешнего вида оборудования;
- проведение при ремонте оборудования модернизации отдельных узлов и механизмов, направленных на повышение производительности, улучшение качества продукции, условий труда и безопасности обслуживания;
- организацию снабжения предприятия запасными частями, деталями, узлами и техническими материалами, их хранения и учет;
- организацию контроля качества ремонта оборудования и порядка обслуживания его в процессе эксплуатации.

В систему ППР технологического оборудования входят следующие виды работ и ремонта: техническое обслуживание оборудования в межремонтный период, текущий ремонт, капитальный ремонт и внеплановый ремонт при аварийных ситуациях.

1.4. Технический уход за оборудованием

Его осуществляют силами эксплуатационного персонала (дежурные слесари, аппаратчики, операторы и т.п.) и обслуживающим дежурным персоналом (помощниками мастеров, дежурными слесарями, электриками, мастерами КИП и др.) под руководством начальников смен (участков, отделений, сменных мастеров) в соответствии с действующими на предприятиях инструкциями по рабочим местам и регламентами.

Ежесменное техническое обслуживание является основным и решающим профилактическим мероприятием, призванным обеспечить надежную работу оборудования между ремонтами.

Поэтому на всех предприятиях необходимо иметь четкие инструкции по каждому рабочему месту, в которых должны быть отражены исчерпывающие указания по ежемесячному техническому обслуживанию каждого вида оборудования, входящего в технологическую систему.

В ежесменное техническое обслуживание входят следующие основные работы: обтирка, чистка, регулярный наружный осмотр, смазка, подтяжка сальников, проверка состояния масляных и охлаждающих систем подшипников, наблюдение за состоянием крепежных деталей, соединений и их подтяжка, проверка исправности заземления, устранение мелких дефектов, частичная регулировка, выявление общего состояния тепловой изоляции и противокоррозионной защиты, проверка состояния ограждающих устройств с целью обеспечения условий безопасности труда. Технологическое обслуживание проводится, как правило, без остановки технологического оборудования, выявленные дефекты и неисправности должны устраняться в возможно короткие сроки силами технологического и дежурного ремонтного персонала смены и фиксироваться в сменном журнале. Сменный журнал, как правило, ведется начальником смен или бригадирами ремонтного персонала.

2. ВИДЫ РЕМОНТА

2.1. Текущий ремонт оборудования

Он проводится по графику, составленному заранее для каждого оборудования. Выявленные при текущем ремонте машины или аппарата дефекты учитывают при подготовке ее к капитальному ремонту.

Основные работы по текущему ремонту:

- устранение мелких дефектов оборудования;
- замена быстроизнашивающихся деталей;
- зачистка поверхностей трущихся деталей с целью устранения забоин и задиоров;
- подтяжка крепежных деталей и пружин, регулирование зазоров;
- проверка и чистка подшипников, чистка смазочных устройств;
- контроль и испытание предохранительных и блокирующих устройств контрольно-измерительных приборов;
- проверка и замена изношенных фрикционных тормозных лент, тросов, цепей, ремней;
- замена набивок сальников и прокладок в трубопроводах, промывка редукторов.

Текущий ремонт осуществляется на месте установки оборудования силами ремонтного и дежурного персонала цеха. Механик цеха руководит ремонтом и отвечает за его качество и своевременность.

2.2. Капитальный ремонт

Капитальный ремонт оборудования проводится в ремонтно-механическом цехе предприятия или непосредственно в цехе в сроки, предусмотренные графиком. При капитальном ремонте заменяют все изношенные узлы и детали, реставрируют базовые детали, восстанавливают первоначальные параметры. Он выполняется силами ремонтно-механических мастерских и ремонтным персоналом производственных цехов.

Основные работы при капитальном ремонте:

- полная разборка всех узлов и деталей или их реставрация;
- тщательная выверка, центрование, балансировка узлов и машины;
- выверка станины (рамы) машины;
- отладка и регулирование всех приборов автоматики и управления;
- ремонт привода и окраска оборудования;
- испытание, приемка по техническим условиям и оформление документации.

Во время капитального ремонта может быть проведена модернизация оборудования. Ремонт оборудования должен производиться только при полном обеспечении его материальными, запасными деталями и рабочей силой.

2.3. Внеплановый ремонт

При аварии машины или аппарата составляется акт о содержании и причинах аварии с указанием ее виновника и перечислением мер к ее ликвидации.

Аварийный ремонт выполняется как срочная внеплановая работа. Он может носить характер текущего или капитального ремонта.

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

При организации ППР предусмотрено ведение специальной технической документации, по которой осуществляется планирование и учет мероприятий, проводимых во время ППР. Она состоит из следующих основных документов: дело машины, журнал приема и сдачи оборудования дежурным ремонтным персоналом, дефектная ведомость.

Дело машины заполняется на все виды технологического и общезаводского оборудования, числящегося на балансе предприятия. Дело машины составляется на основании паспорта завода-изготовителя по фактическим эксплуатационным показателям. Его ведет отдел главного механика предприятия или механик производственного цеха.

Журнал приема и сдачи оборудования ведется дежурным ремонтным персоналом и предназначен для фиксации неполадок в работе оборудования, обнаруженных в течение смены, длительности внутрисменных простоев. Журнал может служить для оценки качества работы при выплате премий обслуживающему персоналу.

Дефектная ведомость составляется на каждую единицу оборудования в зависимости от вида ремонта. В нее включаются сменные, плановые, фактические затраты на ремонт оборудования, а также ведомости ремонтных и монтажных работ, ремонтных материалов и покупных изделий.

4. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

В зависимости от размеров предприятия и его ремонтной базы ремонт основного и вспомогательного оборудования может быть организован централизованным, децентрализованным и смешанным методами.

Централизованный метод ремонта оборудования включает выполнение всех видов работ по ремонту и технологическому обслуживанию оборудования силами и средствами отдела главного механика.

В масштабе треста, производственного объединения или главного управления централизованный метод ремонта предусматривает возможность концентрации ремонта машин отдельных групп (насосов, электродвигателей, трубопроводной арматуры и т.п.), а также изготовление запасных частей (шестерен, звездочек и т.п.) на

специализированных предприятиях или выполнение ремонта спецоборудования силами специализированных ремонтных бригад.

При децентрализованном методе все работы ППР выполняются силами и средствами ремонтной службы производственных цехов предприятия. Этот метод не нашел широкого распространения на предприятиях пищевой промышленности.

По смешанному методу ремонтные работы и техническое обслуживание осуществляется силами и средствами, подчиненными главному механику и производственным цехом предприятия. Этот метод ремонта оборудования имеет наибольшее распространение на предприятиях пищевой промышленности.

В масштабе треста, комбината, производственного объединения смешанный метод ремонта предусматривает централизацию ремонта отдельных видов оборудования или изготовление запасных деталей на центральных базах (мастерских) трестов.

5. ПРОГРЕССИВНЫЕ СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА

Смешанный метод ремонта позволяет внедрить прогрессивные способы организации ремонта: агрегатно-узловой, скоростной и серийный ремонт (бригадный поточно-ускоренный).

При агрегатном способе ремонта ремонтно-механическая мастерская предприятия (комбината, объединения) или треста производит ремонт узлов и агрегатов обменного фонда.

В ремонтной практике под ремонтным узлом понимают сборочные единицы, состоящие из деталей, связанных с корпусной (коробка скоростей, редуктор и т.п.).

Ремонт, при организации которого, прежде всего, преследуется сокращение его продолжительности и реализуются все возможности уменьшения простоя оборудования, называется *скоростным ремонтом*.

Сокращение простоя оборудования в ремонте достигается за счет следующих мероприятий:

- технической и материальной подготовки ремонтных работ, исключающей перерывы в их выполнении из-за отсутствия деталей, инструмента;
- применение при ремонте наиболее производительных методов и приемов выполнения слесарных работ и необходимой для этого оснастки;
- правильной организации слесарных работ, исключающей перерывы в работе, вызванных выходными днями и нерабочими сменами;
- применение при ремонте заранее изготовленных или отремонтированных сборных единиц;
- привлечение к ремонту рабочих, хорошо знающих подлежащее к ремонту оборудование, имеющих практический опыт в его ремонте и необходимую квалификацию;
- создание материальной и моральной заинтересованности исполнителей в завершении ремонтных работ в возможно короткие сроки и выполнение их в наиболее выгодное для производства время.

При серийном способе (бригадный поточно-ускоренный) ремонт производится специализированными бригадами ремонтных предприятий, где имеется большая программа ремонта однотипных машин, узлов, деталей. В таких бригадах широко применяются специальные приспособления, инструменты и имеется возможность закрепить выполнение отдельных операций за определенными рабочими. Поэтому такая бригада способна достичь значительно более высокой производительности труда, провести ремонт быстрее, качественнее и дешевле.

6. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА

Исходными данными для планирования являются: периодичность и объем ремонта каждой единицы оборудования. При планировании ремонта исходят из структуры и продолжительности межремонтного цикла, представляющего собой чередование плановых ремонтов и осмотров, проводимых в определенной последовательности через установленные промежутки времени (рис. 47).

Межремонтным циклом называется время работы оборудования между двумя плановыми ремонтами, а для нового оборудования – от начала до первого капитального ремонта.

В период одного цикла работоспособность машины постепенно снижается, но при капитальном ремонте доводится до номинала.

Межремонтным периодом является время работы оборудования между двумя очередными плановыми ремонтами.

Межосмотровый период – время работы оборудования между двумя очередными плановыми осмотрами или между очередным плановым ремонтом и осмотром.

Продолжительность межремонтных и межосмотровых периодов (в месяцах, годах) определяют путем деления срока службы деталей $G_{с.д.}$, подлежащих замене при том или ином виде ремонта, на величину действительного фонда рабочего времени $D_{ф.в}$

$$Pr_{ц} = G_{с.д.} / D_{ф.в}$$

В качестве примера рассмотрим графики текущего ремонта и капитального ремонта для хлебопекарного производства (рис. 48, 49).

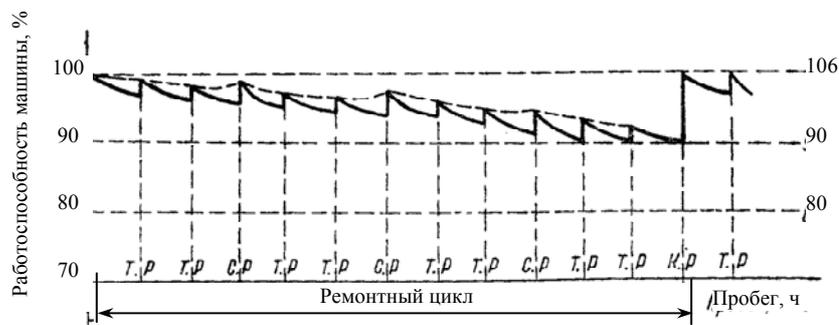


Рис. 1. График снижения работоспособности машины в пределах межремонтного цикла

7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Под техническим диагностированием понимают определение состояния (степени исправности и работоспособности) оборудования безразборными методами.

Диагностирование может быть:

- *объективным*, осуществляемым посредством контрольно-измерительных средств;
- *субъективным*, проводимым при помощи органов чувств исполнителя по косвенным признакам или с использованием простейших технических средств, которые позволяют лишь качественно и ориентировочно оценить состояние оборудования, или на основе экспертных оценок.

Различают такие виды диагностики:

- *функциональную* – для оценки эксплуатационно-технического состояния оборудования по его эффективности;
- *структурную* – для выявления неисправных элементов оборудования и установления характера или существа их дефектов;
- *причинную* (генетическую) – в связи с возникшим отказом или обнаруженной неисправностью;
- *прочностную* – для предсказания возможного состояния оборудования к определенному периоду времени или приближенного установления ресурса безотказной работы;
- *методическую* – для установления рациональных способов устранения неисправности элементов оборудования.

Определение действительного состояния объекта предусматривает наличие определенной совокупности последовательных операций диагностирования в виде обоснованной программы и алгоритма. При этом методическую достоверность результата диагностирования определяет полнота исходной информации о состоянии контролируемого объекта, выбор показателей и порядок их объективной оценки при определении работоспособности или обнаружении неисправностей.

Вероятность снижения работоспособности оборудования или его элемента в условиях эксплуатации можно определить, объективно оценивая линейные износы сопряжений и зазоры в соединениях, вибрации, спектральный состав и интегральный уровень шума.

В число способов диагностического контроля нормальности функционирования технологического оборудования входят: оценка эффективности работы по комплексу механико-технологических показателей; определение действительных затрат энергии при холостом или рабочем режимах и сопоставление их с номинальными; определение зазоров в подвижных соединениях; определение температуры корпусов подшипников, степени нагревания масла в редукторах, в кожухах цепных и зубчатых передач; оценка вибрационного и акустического состояния работающего оборудования по амплитуде, скорости и ускорению вибрационных перемещений, характеру шума, его интегральному уровню и спектральному составу.

Для термической индикации неисправностей используют так называемые термоиндикаторные краски, которые в зависимости от температуры поверхности изменяют свой цвет. Измерение уровня шума осуществляют шумомерами, виброакустическую диагностику – резонансными стетоскопами. Помимо результатов технической диагностики, при оценке возможного состояния оборудования и разработке мер для поддержания его работоспособности на необходимом уровне учитывают мнение высококвалифицированных операторов машин и аппаратов, а также наладчиков и ремонтников.

8. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

8.1. Организационно-техническая и материально-техническая подготовка ремонта

Перед началом ремонтных работ проводят организационно-техническую подготовку. Главный механик предприятия через свои службы (бюро ППР, конструкторское бюро и другие) обязан обеспечить: разработку годовых планов-графиков профилактических осмотров и ремонтов; учет и паспортизацию всего оборудования с присвоением каждой машине (агрегату) инвентарного номера и заведением «формуляра» машины (агрегата); учет технического состояния оборудования в производственных цехах с заполнением дежурным персоналом журнала приема-сдачи смен; наличие руководства по ремонту (текущему или капитальному ремонту); техни-

ческие указания на капитальные и текущие ремонты с комплектом ремонтных чертежей, а также каталог деталей и сборочных единиц; наличие норм расхода запасных деталей и материалов.

Годовой план-график ремонта составляют на каждую единицу оборудования на основании данных учета работы, отраженных в «формуляре» машины, структуры и продолжительности межремонтного цикла и отработанного времени за период от последнего планового ремонта оборудования.

На основании утвержденного годового плана-графика составляют уточненные графики на каждый месяц. Месячным графиком устанавливают равномерную загрузку ремонтного персонала, назначают ответственных лиц за проведение ремонтных работ в установленные сроки.

Для предприятия с сезонным производством выполнение ремонтных работ планируют в межсезонный период во время наименьшей нагрузки, а также в период плановых остановок оборудования цехов и предприятия в целом.

Среднегодовую численность $T_{ст}$ для выполнения плановых ремонтов и осмотров определяют на основании годового плана ремонта оборудования

$$T_{ст} = \frac{(T_{рк} \sum R_k + T_{рт} \sum R_r + T_{ро} \sum R_o) K_n}{\Phi},$$

где $T_{рк}$, $T_{рт}$, $T_{ро}$ – нормы трудоемкости на одну ремонтную единицу для капитального, текущего ремонтов и профилактического осмотра, чел.-ч; $\sum R_k$, $\sum R_r$, $\sum R_o$ – суммарное годовое количество ремонтных единиц при капитальных, текущих и профилактических осмотрах; K_n – коэффициент выполнения норм времени, достигнутый в предыдущем году; Φ – эффективный годовой фонд времени рабочего, ч.

В состав материально-технической подготовки ремонтных работ входит осуществление следующих мероприятий: своевременное и комплексное обеспечение материально-техническими ресурсами; оснащение ремонтной службы оборудованием, контрольно-измерительными инструментами, приспособлениями и средствами механизации, соответствующими роду, характеру и объему ремонтных работ; планомерное изготовление новых и восстановление изношенных деталей с применением передовых методов повышения износостойкости; рациональные методы приема, хранения, выдачи и учета движения деталей, инструментов и ремонтной оснастки.

Потребность в материальных ресурсах для ремонтно-эксплуатационных нужд определяют несколькими методами: по индивидуальным нормам затрат ресурсов на физическую единицу оборудования для текущего или капитального ремонта (с дополнительным учетом расхода материалов при межремонтном обслуживании); по нормам затрат ресурсов на условную ремонтную единицу и объем работ, выраженной в единицах ремонтной сложности оборудования; на основе обследования технического состояния оборудования.

Нормы расхода материальных ресурсов представляют максимально допустимую величину расхода их на единицу работы в плановых организационно-технических условиях ее выполнения.

Нормы должны быть научно обоснованными и динамичными: их устанавливают и совершенствуют по мере внедрения передовых методов организации ремонтного производства и труда. Они могут быть перспективными (на длительный период освоения); годовыми (с учетом плановых заданий по экономии); текущими (установленными по рабочим чертежам, технологическим картам и с учетом физико-технологических характеристик применяемых материалов); индивидуальными (для конкретных организационно-технических условий) и групповыми (для однотипных работ) с разной степенью укрупнения.

Для определения потребности в материалах на ремонтно-эксплуатационные нужды для каждой отрасли перерабатывающей промышленности утверждены объективные нормы расхода материалов для основных видов технологического оборудования. Для тех видов оборудования, на которые объективные нормы не распространяются, на предприятиях устанавливают временные дифференцированные по видам ремонта нормы расхода материалов. Эти нормы разрабатывают для каждого вида оборудования на основе опытных данных, полученных на предприятиях.

Суммарные нормы расхода материалов, кг/год, по объектам ремонта определяют на основании объективных дифференцированных норм (H_k , H_r) и периодов между отдельными видами ремонта по формуле

$$H_p = H_k K_k + H_r K_r,$$

где K_k , K_r – количество отдельных видов ремонта, приходящихся на один год.

Потребность в запасных частях должна обеспечить осуществление всех видов ремонта и бесперебойной эксплуатации оборудования. Однако запас их не должен превышать определенную норму.

Отдел главного механика устанавливает экономически целесообразные нормы запаса деталей на предприятии на основе типовых норм расхода запасных частей на изделие. При определении норм запаса на крупные трудоемкие детали необходимо учитывать фактический цикл производства для каждой детали (включая период оформления заказа и включения его в план), время на получение новых поковок и литья по кооперации и т.д.

Нормы запаса деталей, шт

$$H_{дет} = \frac{H_{дет} H_m M}{C_{сд}} K_n,$$

где $H_{дет}$ – число одинаковых деталей в машине (агрегате); H_m – число одинаковых машин (агрегатов); M – число месяцев в рассматриваемом периоде (принимается от 3 до 6); $C_{сд}$ – срок службы деталей, месяцы; K_n – коэффициент понижения запаса деталей.

Срок службы запасных частей определяют на основе данных о фактическом расходе этих деталей и периодичности их расхода путем деления дней хранения деталей на складе на число израсходованных деталей за этот период. Детали, заменяемые из-за аварии, в расчет не принимают.

8.2. Основные ремонтные операции

В процессе ремонта выполняют следующие основные операции.

1. Машина или аппарат отключается от сети коммуникации, снимаются ремни, разъединяются полумуфта вала двигателя, из резервуаров сливается масло. Если это аппарат, то освобождают от заполняющей его среды, используя дренажи для спуска самотеком, продувают паром или воздухом, промывают водой и т.д. После этого оборудование надежно отключают от системы, устанавливая заглушки на фланцевых соединениях до запорной арматуры или после нее. Заглушки должны иметь хорошо заметный хвостовик с обозначенным номером.

2. Чистку и мойку оборудования.
3. Дефектацию и сортировку деталей.
4. Восстановление или замену изношенных деталей.
5. Балансировку роторов.
6. Сборку машины или аппарата.
7. Индивидуальные испытания и сдачу в наладку.

Перед началом ремонта оборудование тщательно моют и очищают от остатков продукта, смазки и прочих загрязнений. Поверхности, соприкасающиеся с продуктами, чистят щетками и ершами, моют горячими растворами кальцинированной соды или каустической соды, горячей водой и обрабатывают паром.

Для чистки картеров оборудования их промывают горячим маслом, печным топочным газом, керосином и горячей водой. Применение керосина и печного топлива, имеющих сильный запах, в производственных цехах не допускается во избежание брака продукции, вырабатываемого на машинах и аппаратах, близко расположенных от ремонтируемого оборудования.

Перед разборкой оборудования необходимо изучить особенности конструкции машины и наметить порядок ее разборки. При этом следует установить назначение и взаимодействие отдельных узлов и деталей. В первую очередь снимают те детали и сборочные единицы, которые препятствуют дальнейшей разборке. Сложное по конструкции оборудование разбирают в следующем порядке: сначала на группы сборочных единиц, группы – на отдельные сборочные единицы, сборочные единицы – на детали. Детали необходимо укладывать в той последовательности, в которой их снимают с машины.

Очистку деталей от загрязнений и ржавчины после разборки машины производят с помощью деревянных лопаток, стержней и скребков. Кроме того, детали отмачивают в керосине, для чего используют две емкости: первую – для предварительного отмачивания, вторую – для окончательной промывки. Продолжительность отмачивания предварительно очищенных деталей 1 – 8 ч, после чего их вытирают насухо ветошью. Детали обезжиривают в горячем растворе каустической соды, затем промывают в горячей воде и просушивают.

Смазочные канавки и отверстия в деталях продувают сжатым воздухом.

Балансировка роторов (деталей) может быть статической или динамической. В зависимости от окружной скорости и отношения ширины B вращающейся детали к ее диаметру D выбирают способ балансировки по данным табл. 4.

4. Данные для выбора способа балансировки

Окружная скорость детали, м/с	Отношение ширины к диаметру, B/D	Балансировка
1 – 6	Любое	Статическая
6 – 15	До 1:1	Статическая с контрольным грузом
Более 15	До 1:3	То же
Более 15	Свыше 1:3	Динамическая

При ремонте шестерен и звездочек определяют возможность дальнейшей пригодности их к эксплуатации.

Сборку деталей выполняют в порядке, обратном разборке. При этом руководствуются допусками, приведенными в инструкции завода – изготовителя и техническими условиями на изготовление, комплектование и поставку. Порядок проведения индивидуальных испытаний на холостом ходу и коммуникации производят после окончания ремонтных работ.

8.3. Механизация ремонтных работ

При разборке и сборке машин (агрегатов) в целях замены изношенных узлов или их восстановление применяют разные грузоподъемные механизмы: штатные мостовые краны, автомобильные краны, погрузчики, самомонтирующиеся козловые краны, штанговые подъемники, тали, рычажные лебедки и др.

В ремонтно-механических мастерских для перемещения крупных деталей и узлов от одного металлообрабатывающего станка к другому используют штатные мостовые краны, тележки, консольные краны, рольганги. Технические ремонтные операции по расточке и шлифовке цилиндрических блоков компрессоров выполняют на соответствующих станках, рассверловку отверстий – на радиально-сверлильных и вертикально-сверлильных станках, образование шпоночных канавок – на строгальных и фрезерных станках, нарезку резьб – на резьбона-

резных станках и др. Устранение трещин и поломок станины и рам, наплавку износившихся шеек валов и т.п., осуществляют с помощью электродуговой сварки, для чего используют механизированные способы сварки. При ремонте оборудования на месте его установки широко применяют ручной механизированный инструмент (электрофицированный и пневматический) с разными приспособлениями: сверлильные машины, кромкорезы, гайковерты, шлифовальные машины, электровальцовки. При этом используют приспособления для расточки отверстий в трубных досках теплообменных аппаратов, для снятия заусенцев и торцовки труб, для сминания концов развальцованных труб, подлежащих удалению и замене, для проточки седел корпусов вентиля и задвижек, для притирки трубопроводной арматуры и т.д.

8.4. Дефектация деталей

Цель дефектации – выявить дефекты и установить возможность ремонта детали или необходимость ее замены. Детали рассортировываются на три группы: годные (износ в пределах допуска); требующие ремонта; негодные (подлежат замене).

Рекомендуется годные детали пометить белой краской, требующие ремонта – зеленой или желтой, негодные – красной. Существуют следующие способы дефектации деталей: наружный осмотр, остукивание, гидравлическое испытание, измерения, проверка твердости, проверка сопряжений деталей, магнитная и ультразвуковая дефектация и керосиновая проба. Например, при керосиновой пробе деталь погружают на 15 – 20 минут в керосин, затем тщательно протирают и покрывают мелом. Выступающий из трещины керосин увлажняет мел, что позволяет выявить трещины.

Во время дефектации деталей составляется дефектная ведомость. Дефектная ведомость – основной документ, определяющий объем ремонтных работ. В состав этой ведомости включается перечень ремонтных и монтажных работ, составленный бригадиром специализированной ремонтной бригады (мастером со слесарем).

Правильность составления дефектной ведомости контролируется механиком цеха. Анализ этих ведомостей дает возможность определять срок службы деталей, что важно при планировании обеспечения запасными деталями и ремонтными материалами, а также позволяет уточнить объем работы, стоимость ремонта и взаиморасчеты с заказчиком.

Детали в ведомость дефектов заносят в порядке разборки машины, механизма или сборочной единицы. Ведомость дефектов согласовывают с начальником цеха (участка), в котором установлена машина.

При проведении дефектации удобно использовать заранее заготовленные типовые ведомости дефектов. Они отличаются от обычных тем, что в них внесены все изнашиваемые детали машины, определены разные возможные виды дефектов деталей и сборочных единиц, перечислены операции или дано краткое описание работ, подлежащих выполнению при ремонте. Такая ведомость представляет собой обобщающий опыт наиболее квалифицированных работников ремонтной бригады. Дефектная ведомость имеет следующий вид:

Министерство пищевой промышленности.

Управление _____

Предприятие _____

Дефектная ведомость № ____.

Наименование оборудования _____

Инвентарный номер _____.

№ п/п	Наименование дефектов, подлежащих устранению и заменяемых деталей	Единицы измерения	Количество	Примечание

« _____ » _____ 200_г.

Главный механик
Дежурный электромонтер
Начальник производства
(зав. производством)

9. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ. ВИДЫ ИЗНОСА

Под износом понимают постепенное поверхностное разрушение материала с изменением геометрических форм и свойств поверхностных слоев деталей. Износ может быть нормальным и аварийным. В зависимости от вызывающих причин износ деталей подразделяется на химический и физический и износ схватыванием металла (тепловой износ).

Нормальным износом называют изменения размеров и свойств материалов деталей, происходившие в условиях правильной эксплуатации оборудования. Интенсивность нормального изнашивания определяется главным образом особенностями конструкции узлов, износостойкостью использованных материалов, а также правильностью эксплуатации и ремонта оборудования.

Нормальный износ неизбежен, однако, на интенсивность его протекания может оказать влияние качество монтажа, эксплуатации и ремонта оборудования. При отдельных неблагоприятных условиях нормальный износ переходит в аварийный.

Аварийным износом называют изменения размеров и свойств материалов деталей, происшедшие в относительно короткий срок из-за неправильного монтажа, эксплуатации, неудовлетворительного технического обслуживания или некачественного ремонта оборудования.

Химический износ поверхности трения заключается главным образом в образовании на них и последующем отслоении тончайших пленок оксидов. Пленки оксидов образуются в результате химического поглощения (хемосорбции) поверхностными слоями металла кислорода, поступающего из воздуха или образующегося в результате распада компонентов смазок. Происходящее в результате химического износа разрушение сопровождается появлением осповидных язвин, разъеданием металла или появлением ржавчины.

В результате *физического износа*, причиной которого могут быть знакопеременные нагрузки, поверхностное трение, абразивное и механическое воздействие, на деталях появляются микротрещины, поверхность деталей становится шероховатой. Основными видами физического износа является усталостный, осповидный, абразивный и эрозия.

Усталостный износ наблюдается у деталей, подверженных многократному действию знакопеременных и меняющихся по величине однозначных нагрузок, в результате которых образуются микротрещины, а затем происходит полное разрушение (поломка) детали.

Осповидный износ возникает при сухом и особенно жидкостном трении качения и характеризуется образованием на периодически нагруженных поверхностях трещин с последующим отслаиванием пленок от 0,005 до 0,2 мм. Осповидному износу подвержены детали подшипников качения, рабочие поверхности зубьев шестерен (рис. 50).

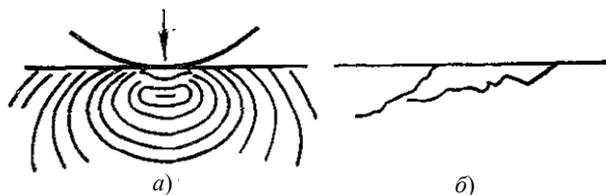


Рис. 50. Схема осповидного износа:

а – схема касательных напряжений, возникающих при вдавливании цилиндра или шара в плоскую поверхность; *б* – схема образования трещины

Абразивный износ – это разрушение поверхности деталей мельчайшими частицами более твердых материалов. В машинах абразивными могут быть частицы металлов, продукты окисления смазки, минеральные частицы (песок, стружка и др.), попадающие извне. Абразивному износу подвержены поверхности всех узлов трения.

Эрозия – механическое разрушение (размывание, разъедание) поверхностных слоев материалов деталей, перемещающихся с большой скоростью, частицами газообразной, жидкой или твердой фазы – протекает совместно с интенсивными окислительными процессами.

Износ схватыванием металла характеризуется возникновением и последующим разрушением молекулярных связей на поверхности трения (изменение структуры зерен, понижение твердости, оплавление, отпуск и т.п.). Условия для возникновения связей вызываются как относительно низкими, так и высокими температурами контактируемых участков. Этот вид износа наблюдается у различных деталей паровых котлов, двигателей, компрессоров и холодильных машин.

10. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ

На характер и величину износа оказывают влияние многие факторы конструктивного и эксплуатационного порядка. Это должно учитываться при изготовлении и восстановлении ремонтируемых деталей.

10.1. Качество материала деталей

Качество материала деталей и его термическая обработка оказывают большое влияние на их прочность и износоустойчивость. Как правило, для большинства материалов износоустойчивость тем больше, чем тверже их рабочая поверхность. Но нельзя считать, что степень твердости материала всегда прямопропорциональна износоустойчивости.

Материалы, обладающие только большой твердостью, имеют высокую износоустойчивость, однако, при этом увеличивается возможность появления рисок, отрыва частиц материала от поверхности. Поэтому эти материалы должны обладать большой вязкостью, которая препятствует отрыву частиц.

Если детали из однородных материалов испытывают взаимное трение, то вследствие большого коэффициента трения они быстро изнашиваются. Следовательно, более дорогие и труднозаменяемые детали нужно изготавливать из более твердого, качественного и износоустойчивого материала, а более простые и дешевые лучше изготавливать из сравнительно мягкого материала с малым коэффициентом трения.

Правильный выбор материала для деталей имеет большое значение как с точки зрения экономии материала, так и для предотвращения аварий и несчастных случаев при эксплуатации.

На предприятиях пищевой промышленности наиболее распространены при ремонте оборудования черные (сталь, чугун) и цветные металлы, их сплавы и пластмассы.

10.2. Качество обработки поверхностей деталей

На износ и долговечность работы трущихся поверхностей оказывает большое влияние качество поверхности после механической обработки – чистота поверхности. Установлено три периода износа, которые показаны на кривой износа деталей (рис. 51):

- 1) начальный период приработки (участок кривой 1–2) характеризуется быстрым увеличением зазора в подвижных соединениях;
- 2) период установившегося износа (участок 2–3), после приработки рабочих поверхностей, в этот период, являющимся основным, наблюдается постепенное и медленное изнашивание;
- 3) период быстрого нарастания износа, вызываемый значительными изменениями зазоров между трущимися поверхностями и изменением геометрической формы деталей; с этого момента начинается усиленный и катастрофически нарастающий износ, который может привести к аварии.

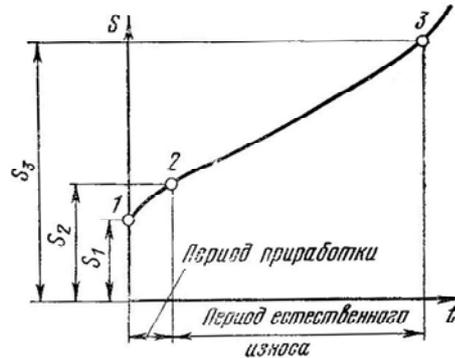


Рис. 51. Схема кривой износа детали

Для увеличения срока службы деталей оборудование следует сократить до возможно меньших сроков период приработки, резко увеличить период установившегося износа и предотвратить период нарастающего износа. Сокращение периода приработки достигается путем точной и чистой обработки поверхностей трущихся деталей.

Состояние чистоты поверхности измеряется специальными приборами – *профилометрами* и *профилографами*.

10.3. Смазка

Слой смазки, вводимой между трущимися поверхностями, повышает износостойкость соприкасающихся деталей: смазочное вещество, попадая между двумя трущимися поверхностями, движущимися одна по другой, заполняет их неровности и исключает непосредственное соприкосновение их, уменьшает трение, износ, опасность заедания, нагрев и коррозию (рис. 52).

Различают следующие виды трения скольжения:

- 1) сухое трение, возникающее при отсутствии смазки на трущихся поверхностях;
- 2) полужидкостное и полусухое, наблюдающееся тогда, когда масляная пленка частично разрывается или когда слой смазки постоянно тонок, что неровности трущихся поверхностей частично соприкасаются. Полужидкостное и полусухое трение проявляется у недостаточно или неправильно смазанных поверхностей; когда применяют смазочный материал, не соответствующий условиям работы;
- 3) жидкостное трение, возникающее в тех случаях, когда движущиеся поверхности полностью разделены слоем смазочного материала.

Процесс создания напряженного масляного слоя при работе пары вал – подшипник происходит следующим образом. Между валом и подшипником имеется зазор, начинающийся от точки соприкосновения вала во вкладыше и расходящийся в обе стороны в виде клиновидной щели. Вал при этом расположен эксцентрично по отношению к подшипнику.

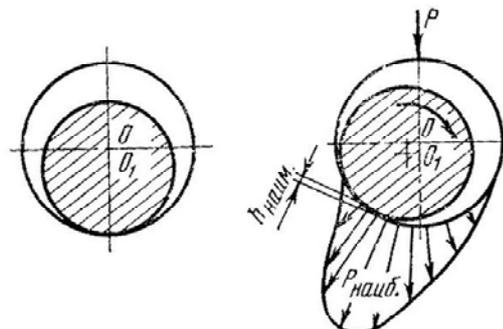


Рис. 52. Схема распределения давления в масляном слое:

O – ось подшипника; O₁ – ось вала

При вращении вал увлекает за собой слой смазки в клиновидный зазор. По мере уменьшения этого зазора сопротивление протекающей смазки все более возрастает, достигая наибольшего значения в самой узкой части клиновидной щели. Благодаря этому вращающийся вал приподнимается, подшипник и вал полностью разделяются слоем (пленкой) смазки, толщина которой будет наименьшей. Износ сопряженных поверхностей при этом наименьший.

Для обеспечения длительной работы деталей необходимы правильный выбор смазки и надежный подвод ее к трущимся поверхностям, а также правильный режим смазки работающих поверхностей. При неправильной смазке детали чрезмерно нагреваются, происходит заедание и расплавление трущихся поверхностей, что приводит к выходу из строя оборудования.

10.4. Скорость движения деталей и удельное давление

Любое оборудование, находящееся в работе, характеризуется работоспособностью (производительностью, скоростью движущихся частей, коэффициентом полезного действия и т.д.) и долговечностью – длительностью работы оборудования, в течение которой его работоспособность остается в допустимых пределах.

На основании опытных данных установлено, что при нормальных удельных нагрузках и скоростях движения от 0,05 до 0,1 м/с разрыва масляного слоя не происходит и смазка становится полной. Износ деталей увеличивается при увеличении скорости относительного перемещения трущихся деталей, так как повышается температура соприкасающихся поверхностей, что может привести к смятию и выплавлению. Например, для подшипников с баббитовой заливкой температура не должна превышать 60 °С от предельной.

10.5. Нарушение жесткости в неподвижных соединениях

В этих случаях нарушается герметичность в сопряжениях (течи), возникают динамические нагрузки в соединениях, резко повышается напряжение в связях. Для предотвращения нарушения жесткости соединений необходимо систематически проверять жесткость крепления деталей и восстанавливать ее путем подтяжки, не допуская работы с ослаблением.

10.6. Нарушение посадок

Эта группа неисправностей характеризуется увеличением зазора в подвижных соединениях и уменьшением натяжения у неподвижных соединений. Для предотвращения этого нужно правильно регулировать зазоры и использовать специальные покрытия поверхностей подвижных соединений.

10.7. Нарушение взаимоположения деталей в соединениях

Нередко наблюдается нарушение узлов и деталей в кинематической цепи, что приводит к отклонению осности, изменению расстояния между деталями, к нарушению перпендикулярности осей узлов и деталей. Чтобы избежать этого вида нарушений следует систематически проверять взаимоположение деталей и узлов, регулировать их положения, а при необходимости – восстанавливать правильность их местоположения.

11. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Детали, первоначальные размеры которых в процессе эксплуатации изменились, во многих случаях могут быть восстановлены. Износ деталей связан с изменением их геометрической формы и номинальных размеров, что вызывает нарушение посадки сопряженных деталей. Детали можно восстанавливать без изменения размеров и посредством установки или удаления прокладок и подтягивания резьбовых соединений; с изменением начальных размеров, применяя дополнительные втулки, кольца, накладки или детали ремонтных размеров для восстановления начальной формы и качества поверхности, а также для соответствующего посадке зазора или натяжения в сопряжениях; с изменениями размеров их путем наращивания изношенных поверхностей для получения ремонтных заготовок и их слесарно-механической обработки или пластичность деформирования в холодном (горячем) виде (раздача, осадка, вдавливание, накатка, правка и др.).

При деформировании, частичном разрушении или повреждении детали восстанавливают правкой, сваркой, пайкой и склеиванием. После этого заготовку со строгой координацией взаиморасположения рабочих поверхностей подвергают слесарно-механической обработке для получения детали заданной точности.

Для ремонта и восстановления деталей применяют такие способы: сварка электродуговая, газовая, под слоем флюса, в среде защитных газов; пайка мягкими и твердыми припоями; механическая и слесарная обработка для постановки дополнительных элементов; клеевая заделка; слесарно-механическая обработка под ремонтный размер; наплавка износостойких сплавов (вибродуговая, электроимпульсная, под слоем флюса, в среде защитных газов); электроискровое наращивание или разрушение (эрозия); металлизация (электродуговая, высокочастотная); нанесение на изношенные места полимерных материалов в виде отвердевающих композиций.

Выбор того или иного метода восстановления деталей обуславливается его экономичностью. Выгодным является тот метод, который полностью восстанавливает эксплуатационно-технические характеристики детали, при этом стоимость ее восстановления ниже стоимости изготовления новой детали, а сроки восстановления – короче сроков изготовления новой.

11.1. Ремонт с установкой добавочных деталей и компенсаторов

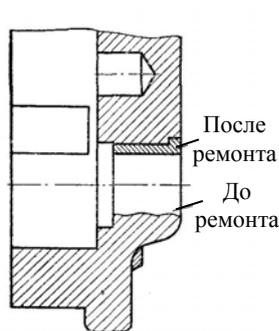


Рис.53. Схема установки втулки подшипника в изношенном корпусе

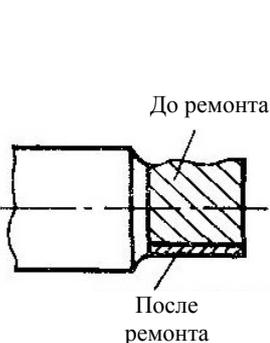


Рис. 54. Схема напрессовки наружной втулки на вал

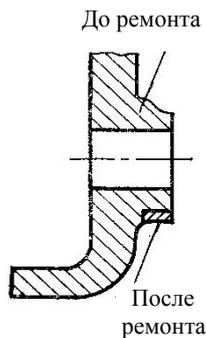


Рис. 55. Схема установки бандажей для восстановления обломанной бобышки корпусной детали

Деталь с дефектом поверхности (нарушен присоединительный размер или ее чистота) обрабатывают на станке или с помощью ручного приспособления до таких размеров, чтобы можно было на обработанную поверхность установить дополнительную (ремонтную) деталь. Рабочая поверхность отремонтированной детали должна соответствовать по размерам и чистоте техническим требованиям, предъявляемым к новой детали. Этот способ применяют при ремонте корпусных деталей машин, центровых отверстий шкивов, муфт сцепления и зубчатых колес.

Размеры изношенных внутренних цилиндрических поверхностей обычно восстанавливают за счет размещения ремонтной втулки (рис. 53).

Размеры изношенных валов восстанавливают напрессовкой наружных втулок (рис. 54).

Обломанные выкрошившиеся или треснувшие приливы или бобышки скрепляют бандажами (рис. 55).

11.2. Ремонт деталей сваркой, наплавкой и пайкой

Для качественного ремонта оборудования сваркой механические свойства металла шва, околошовной зоны и сварного соединения в целом должны быть не ниже свойств основного материала. Это достигается правильным выбором присадочного материала, покрытий электродов и соблюдением оптимальных режимов сварки. Подготовка к сварке ремонтируемых деталей не отличается от подготовки новых. Зону швов тщательно зачищают от коррозии и других загрязнений (очистка должна по ширине на каждую сторону на 10 мм превышать ширину шва). На кромках снимают фаски под намеченный вид шва.

Низкоуглеродистые стали можно сваривать как газовой, так и электродуговой сваркой. Среднеуглеродистые стали лучше сваривать электродуговой сваркой. Для сварки деталей, подверженных значительным динамическим нагрузкам, используют присадочные материалы, содержащие никель.

Марганцовистые и низколегированные стали разрешается сваривать как газовой, так и электродуговой сваркой.

Высокопрочные низколегированные коррозионностойкие и различные специальные стали сваривают по особой технологии с применением специальных материалов и электродных покрытий. Упрощенный подход к сварке специальных сталей может привести к отрицательным результатам.

Сварку чугуна выполняют с предварительным общим или местным подогревом деталей (горячая сварка) или без него (холодная сварка).

Выбор способа сварки определяется требованиями к прочности, плотности и обрабатываемости шва, а также зависит от размеров детали. Горячая сварка используется для устранения дефектов на ответственных сильно нагруженных деталях.

Подготовка чугунной детали к сварке производится вырубкой, фрезерованием, сверлением до чистого металла. Использование сварочной дуги и сварочных горелок недопустимо.

Существуют различные способы разделок кромок под сварку (рис. 56).

Горячую сварку чугуна выполняют при нагреве до 70 °С, превышать указанную температуру не следует, так как это может вызвать рост зерна металла, потерю механической прочности и снизить дальнейшую работоспособность изделия.

Трещины заваривают, накладывая шов поочередно короткими валиками с обоих концов, начиная от высверленных отверстий.

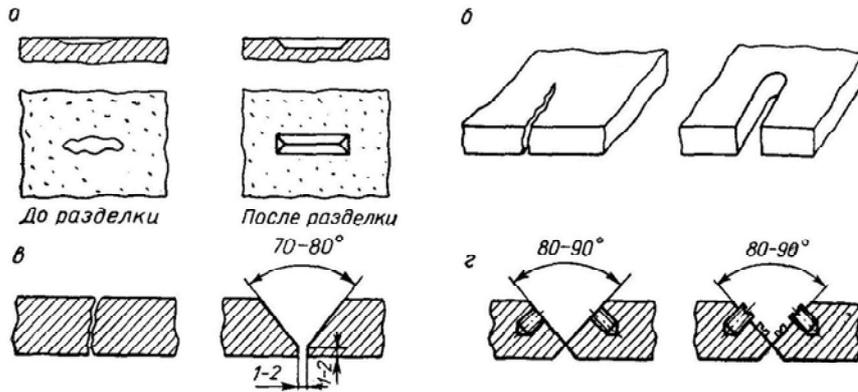


Рис. 56. Схема подготовки дефекта к сварке:
 а – трещина в середине детали; б – трещина на краю детали;
 в – разделка кромок для сварки; г – установка вертлышей
Наплавка

Это наиболее доступный и распространенный способ восстановления. Существует два способа наплавки: твердым сплавом и металлизацией.

При наплавке твердым сплавом изношенные места деталей наплавляются твердым сплавом в количестве, обеспечивающем прежние размеры детали с учетом ее обработки. Твердыми сплавами можно наплавлять рабочие поверхности (для укрепления) как изношенных, так и новых деталей оборудования (рис. 57).

При ремонте оборудования пищевых производств для наплавки деталей можно применять сталинит, сормант и электроды с износостойчивыми обмазками. С помощью наплавки твердых сплавов можно восстанавливать зубчатые колеса и сектора, шлицевые валы, зубья блоков конвейеров, кулачки и т.д.

Механическую обработку деталей, наплавленных твердым сплавом, производят резцами с пластинками из твердых металлокерамических сплавов и шлифовальными кругами. Твердые сплавы можно наплавлять на стальные и чугунные детали (с предварительным подогревом).

Применяется наплавка металлизацией. Наплавка металлизацией состоит в нанесении на поверхность мельчайших частиц расплавленного металла при помощи специального аппарата металлизатора (рис. 58).

Последовательно нанося ряд слоев на металл, можно получить общую толщину наплавленного слоя в несколько миллиметров. На деталь можно наносить различные сплавы и металлы – сталь, медь, алюминий др. Перед металлизацией поверхность очищают от грязи, обезжиривают и придают шероховатость. Проволока для металлизации (присадочный материал подбирается в зависимости от назначения и материала ремонтируемой детали). Металлизация применяется в основном для восстановления изношенных деталей цилиндрической формы: валов, втулок, штоков, а также в особых случаях, например, в целях повышения жаростойкости, улучшения теплопроводности и т.д.

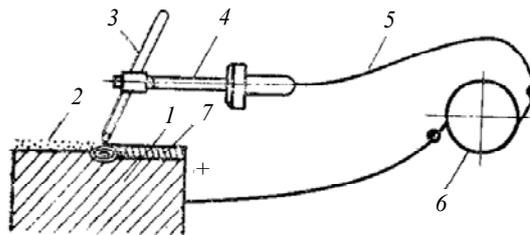


Рис. 57. Схема наплавки твердым сплавом:
 1 – деталь; 2 – слой сталинита; 3 – электрод; 4 – электрод; 5 – гибкий провод;
 6 – сварочный аппарат; 7 – слой наплавленного металла

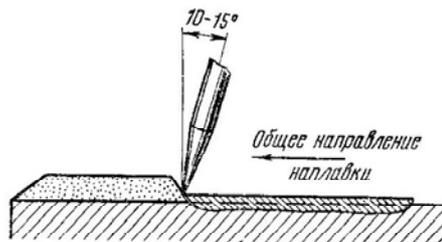


Рис. 58. Схема размещения порошкообразного сплава и положение угольного электрода при наплавке

Ремонт деталей пайкой

Пайку используют при ремонте машин, аппаратов, трубопроводов и приборов автоматики для соединения и закрепления тонкостенных деталей и деталей из разнородных металлов, уплотнения резьбовых соединений, устранения пористости сварных швов, пористости чугунных и бронзовых отливок, заделки, сборки схем электрического управления.

Технология процесса пайки состоит из следующих операций:

- 1) механической очистки поверхностей;
- 2) нагрева места пайки до температуры плавления припоя;
- 3) удаления окислов с поверхностей и предохранения их от окисления при пайке;
- 4) введения припоя в место пайки;
- 5) обработки шва.

В зависимости от технических требований и паяльных соединений применяют пайку легкоплавкими (температура плавления до 500 °С) или тугоплавкими припоями (свыше 500 °С).

Механическая очистка поверхностей при пайке деталей из стали и чугуна производится напильником, шкуркой или наждачной бумагой. Для удаления с поверхностей соединяемых деталей пленки окислов и других примесей, препятствующих пайке, используют флюсы в виде порошков или паст, которые насыпают или намазывают в необходимом месте. В качестве флюсов применяют буру, соляную кислоту, канифоль, нашатырь, хлорид цинка и фторид натрия. Бура рекомендуется при пайке твердыми припоями, а остальные флюсы – при пайке мягкими припоями является канифоль.

Температура пайки должна быть на 45 – 50 °С выше температуры расплавления припоя. При пайке мягкими припоями после очистки места спая покрывают флюсом и детали накрепко соединяют одну с другой при помощи паяльников. Оптимальные зазоры между сопрягаемыми поверхностями шва – 0,1 – 0,15 мм. При пайке тугоплавкими припоями пайку выполняют медно-цинковыми, медно-фосфорными или серебряными припоями, а также латунями. Соединяемые поверхности деталей должны быть плотно пригнаны и стянуты проволокой для обеспечения их неподвижности. Крупные детали предварительно соединяют заклепками или соединяют посредством «ласточкина хвоста».

Пайка алюминия и его сплавов выполняется либо с механическим удалением оксидной пленки заостренным инструментом (абразивная пайка), либо с химическим ее растворением высокоактивными флюсами (Ф380А; 34А), содержащими фториды и хлориды калия, натрия и лития.

Для припаявания к меди, стали и их сплавам алюминий предварительно лудят чистым цинком, после чего пайку выполняют обычным способом. По окончании пайки остатки флюса (во избежание разъединения) должны удаляться из швов щетками. Затем швы следует промыть сначала горячей водой, а затем холодной.

11.3. Ремонт деталей с применением давления

Способ основан на восстановлении размеров сопряженных поверхностей путем перераспределения металла в объеме детали. Направленное перемещение металла достигается с помощью специальных приспособлений: матриц, пуансонов, оправок; при этом прикладываются усилия, превышающие предел текучести материала.

Ремонт способом пластической деформации (рис. 59) применим только для деталей, изготовленных из пластических материалов (сталь, медь, алюминий, латунь).

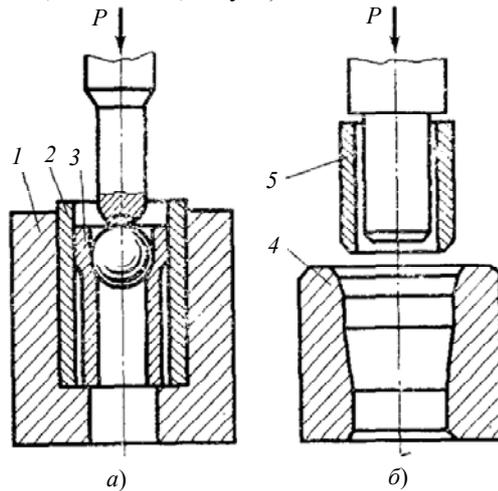


Рис. 59. Схема изменения размеров детали пластической деформацией:
 а – раздача поршневого кольца; б – обжим втулки; 1 – основание; 2 – матрица;
 3 – палец; 4 – обжимка; 5 – втулка

Для повышения пластичности детали перед обработкой предварительно отжигают.

Существуют способы восстановления деталей давлением. К ним относятся: осадка, раздача, обжим, правка, накатка и чеканка.

Осадку применяют для увеличения наружного диаметра или уменьшения внутреннего диаметра за счет уменьшения высоты детали.

Раздачей восстанавливают полые цилиндрические детали, у которых износ наружной поверхности компенсируется за счет уменьшения толщины стенки.

Обжим применяют для уменьшения размера внутренней поверхности за счет уменьшения размера наружной поверхности детали. Наружный диаметр обжатой втулки восстанавливают электролитическим путем, а внутренний диаметр развертывают до требуемого размера.

Привкой восстанавливают валы, оси, тяги, штанги, рычаги, балки и другие детали. Процесс осуществляют на прессах, плитах с помощью специальных приспособлений. Детали выправляют в холодном состоянии или после нагрева (при наличии в них больших деформаций).

Накаткой увеличивают размеры термически необработанных поверхностей, на которых устанавливают детали с неподвижной посадкой (шейки валов и осей и др.). Цилиндрические поверхности накатывают рифленным роликом на токарном станке. Аналогичный результат получают при частной керновке поверхностей. Накатанную или накерненную деталь шлифуют под размер, обеспечивающий необходимую посадку.

Чеканка заключается в устранении дефектов (непроваров, раковин, мелких трещин) за счет пластичной деформации поверхностных слоев металла с помощью специальных инструментов – чеканок. Этот способ ремонта применяется преимущественно для устранения небольших течей в сварных и клепанных швах теплообменных аппаратов.

Рассмотренные способы ремонта экономически целесообразно применять только при исправлении больших партий одинаковых деталей.

Кроме вышеперечисленных способов в пищевой промышленности находят применение следующие способы: ремонт деталей путем электролитического наращивания металла; химико-термическая обработка при ремонте деталей; ремонт деталей электроискровой обработкой; ремонт деталей из пластических масс механической обработкой и сваркой; ремонт деталей склеиванием и защитой поверхностей деталей от коррозии.

12. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ОБОРУДОВАНИЯ

12.1. Ремонт оборудования для измельчения. Костедробилки

Перед ремонтом выполняют общую разборку дробилки, которая состоит в снятии привода, распределительного и рабочих валов, узла специального ролика, механизма подачи, шестерен, слива масла из редуктора, разборки его на детали и промывки их. При необходимости заменяют валы редуктора и шпонки, шарикоподшипники, сальниковые уплотнения. Затем собирают редуктор и опробывают валы на легкость и плавность вращения. Далее перебирают муфту сцепления с заменой и промывают корпус дробилки, калибруют резьбовые отверстия.

После этого перебирают узлы распределительного и рабочего валов, заменяют изношенные детали и крепеж, выставляют валы, производят шабровку вкладышей коренных подшипников и подгоняют по валу зубчатое колесо. Затем подготавливают к общей сборке комплект клиновых ремней, режущий инструмент, отремонтированные узлы и крепеж. Из отремонтированных узлов и деталей, комплектующих изделий собирают дробилку, смазывают, опробывают дробилку на холостом ходу с устранением обнаруженных дефектов. Завершающие операции – закрепление ограждения и испытание дробилки под нагрузкой.

12.2. Ремонт вальцовых дробилок

В процессе эксплуатации вальцовых дробилок наблюдаются характерные дефекты: неисправность и поломка крышек, ручек, шарниров, перекося, износ поверхности вальцов и образование на них задиров; износ подшипников; износ зубьев зубчатых колес; поломка пружин при вибрации машины или валков, что приводит к неравномерной подаче продукта в машину.

После разборки дробилки вальцы направляют для ремонта в мастерские, а остальные детали и узлы ремонтируют на месте. Наибольшему износу подвержены валки. Ремонт их заключается в новом рифлении на специальных вальцорезных станках. После ремонта вальцы контролируют с помощью металлической линейки на цилиндричность. Тщательной проверки требуют все пружины, так как со временем они стареют и теряют эластичность. Проверяют высоту пружины, а также упругость по выдерживаемой нагрузке.

После ремонта дробилку испытывают сначала на холостом ходу, а затем под нагрузкой. Проверяют параллельность валков, зазоры между валками, нагрев подшипников, наличие вибрации, работу пружин и всех регулировочных винтов.

12.3. Ремонт сепараторов

Высокий класс точности сепараторов, специфичность материалов, из которых изготовлены детали, сложность изготовления и восстановления этих деталей в условиях ремонтно-механических мастерских предприятия обуславливают необходимость проведения периодических ревизий сепараторов, своевременного выявления недопустимого износа и замену изношенных деталей.

При ремонте сепараторов наибольший удельный вес приходится на детали приводного механизма. Их износ характеризуется посторонним шумом, повышенной вибрацией, медленным разгоном барабана и рядом других признаков.

Для ревизии сепаратор разбирают, отдельно группу горизонтального вала и группу веретена. Разбирать сепаратор без особой необходимости не рекомендуется, так как это может привести к нарушению посадок и приработки сопряженных деталей. Сепаратор разбирают осторожно, строго соблюдая порядок, изложенный в заводской инструкции. После разборки все ответственные вращающиеся детали тщательно моют, внимательно осматривают и измеряют. Наиболее ответственные детали (веретено, тарелкодержатель, тарелки, особенно разделительные, подшипники и др.) обследуют с помощью лупы, а при подозрении на наличие трещины используют средства рентгено- и ультразвуковой дефектоскопии.

При ремонте сепараторов наиболее часто приходится заменять изношенные фрикционные накладки на колodках центробежной фрикционной муфты, пружины и подшипники горловой опоры, подшипники подпятника, бронзовую шестерню (червячное колесо), резиновые уплотнительные кольца, резиновый диск упругой муфты и др.

Последовательность разборки сепараторов разных моделей имеет свои особенности, которые указаны в инструкции завода-изготовителя.

Для определения потери упругости пружин горловой опоры измеряют их высоту, осевшие пружины заменяют. Следует иметь в виду, что при осадке хотя бы одной из пружин горловой опоры необходимо заменить весь комплект. Новые пружины должны иметь одинаковую упругость, которую определяют, измеряя их высоту в свободном и сжатом (витки должны соприкасаться) состояниях; при этом отклонение не должно превышать $\pm 0,3$ мм.

Для обеспечения одинаковой упругости пружин в рабочем состоянии, т.е. при вращении веретена, в процессе сборки горловой опоры пробки пружин следует завинчивать до отказа.

В червячной паре колесо заменяют, если износ зуба составляет более 1/3 толщины.

При износе шарикоподшипников веретена их следует заменить только шарикоподшипниками той группы точности, которая указана заводом-изготовителем. Подшипники перед установкой на веретено и горизонтальный вал нагревают в масле до 80 – 90 °С.

Детали барабана могут иметь следующие дефекты:

1) износ фиксирующих штифтов и выступов, которые служат для предотвращения смещения деталей барабана при их вращении;

2) деформация тарелок, у которых в основном загибаются вверх углы фиксирующих пазов и происходит износ шпиков;

3) износ (истирание) напорных дисков из-за неправильной сборки барабана и регулирования положения дисков по высоте;

4) коррозия луженных деталей барабана в результате мойки их растворами кислот и сильнодействующих щелочей (применение кислот и сильнодействующих щелочей не допускается, так как при этом разрушается полуда и нарушается балансировка барабана);

5) отсутствие или износ уплотнительных резиновых прокладок, приводящий к образованию течи и сверхнормативным потерям продукта.

Изношенные фиксирующие штифты и выступы, а также напорные диски восстанавливают навариванием металла и обтачиванием под первоначальный размер. Деформированные тарелки выправляют деревянным молотком (киянкой) на конической оправе. При износе шпиков тарелок и ослаблении их пакета в пакет добавляют одну или две тарелки из запасных.

В условиях предприятия производят текущий и капитальный ремонты. При капитальном ремонте производят восстановление полуды и динамическую балансировку барабана. Сепараторы отправляют на ремонтные заводы или в мастерские при производственных объединениях.

Масло, слитое перед ремонтом из картера, фильтруют, а при плохом осветлении заменяют свежим.

Пуск сепаратора после ремонта производят с большой осторожностью. При появлении повышенной вибрации, шума или стука, чрезмерном нагревании подшипников и масла в картере сепаратор немедленно останавливают, разбирают и устраняют причины, вызывавшие нарушение нормального режима его работы.

12.4. Ремонт подвесной центрифуги

При ремонте центрифуги вначале снимают электродвигатель, а затем приступают к ее разборке. Через пробку в нижней части коробки спускают масло, снимают указатель движения масла и заливочную воронку. Только после этого снимают крышку, борта кожуха и сита, разбирают головку центрифуги, вынимают веретено, барабан (корзину), разбирают подъемный механизм, выгрузочный конус, очищают и моют все детали от грязи и масла.

Ремонт начинают с обследования ротора с помощью лупы. Наилучшим способом проверки состояния ротора является дефектоскопия в специальных организациях с помощью ультразвука или рентгена.

Подварка ротора запрещается, поэтому при обнаружении в нем язвин, трещин или образовании конусообразных лунок в отверстиях большой глубины ротор заменяют новым.

Тщательно проверяют состояние ступицы розетки. При износе распределительной тарелки разгружающего конуса, верхней муфты или трубки их заменяют новыми. Нижняя обечайка конуса шлифуется к конической поверхности розетки по диаметру.

Металл самого конуса не должен быть изношенным более, чем на 20 % первоначальной толщины.

Вал центрифуги диаметром 110 мм ежегодно проверяют, шлифуют и притирают конус по ступице розетки. Затем осматривают детали рычажного приспособления для подъема выгрузочного конуса и при необходимости уплотняют шарниры и заменяют изношенные детали. При наличии изъянов в шаровой поверхности корпуса подшипников их устраняют притиркой. Амортизирующий резиновый буфер, а также изношенный тормозной шкиф центрифуги заменяют новыми. С тормоза снимают ленту ферадо, изношенные сита и заменяют новыми и одновременно проверяют правильность крепления сит.

Нормальная и безопасная работа центрифуги во многом зависит от тщательности балансировки деталей. Ротор балансируют сначала самостоятельно, а затем с поставленными ситами.

При сборке центрифуги после ремонта головку центрифуги проверяют следующим способом. Вручную раскручивают центрифугу, и, если центрифуга раскручивается и останавливается плавно без толчков – головка собрана правильно. Состояние буфера и сборка проверяются покачиванием ротора центрифуги из стороны в сторону. Такое покачивание должно встретить упругое противодействие буфера. В противном случае головку нужно разобрать и сменить буфер. Если центрифуга при пробных пусках «бьет», а детали ее были отбалансированы, нужно проверить правильность затяжки резинового амортизатора.

Отремонтированную и собранную центрифугу после заливки маслом обязательно проверяют «на ходу» до начала производства на биение вала. При этом качество ремонта оценивается по величине биения и зависит от частоты вращения. Например, при частоте вращения центрифуги 1500 об/мин ремонт считается выполненным качественно, если биение составляет 0,03 мм.

На каждую центрифугу должен быть паспорт с балансировочным журналом, куда ежегодно заносятся результаты балансировки и данные пересчета и произведенной замены.

12.5. Ремонт аппаратов для тепловой обработки пищевых продуктов

К таким аппаратам относятся теплообменники и выпарные аппараты. Их приходится останавливать при следующих основных неисправностях: загрязнение поверхности теплообмена и появление пропусков жидкости, т.е. нарушение герметичности.

Ремонт теплообменных аппаратов заключается в очистке поверхности нагрева от накипи и других загрязнений, ремонте поверхности нагрева, нарушении герметичности в местах развальцовки труб в трубных решетках или разрыв труб и т.д.

Необходимость в ремонте устанавливают при обследовании внутренних поверхностей труб, доступных для ремонта и механической чистки. Визуальному осмотру подлежат только крышки, концы и внутренние каналы труб, штуцера на корпусе и крышках. Дефекты остальных частей аппарата могут быть обнаружены только при опрессовке.

Кроме указанных операций производят ремонт запорных приспособлений и изоляции.

Существует несколько методов очистки поверхностей теплообмена: механический, химический, термический и гидравлический.

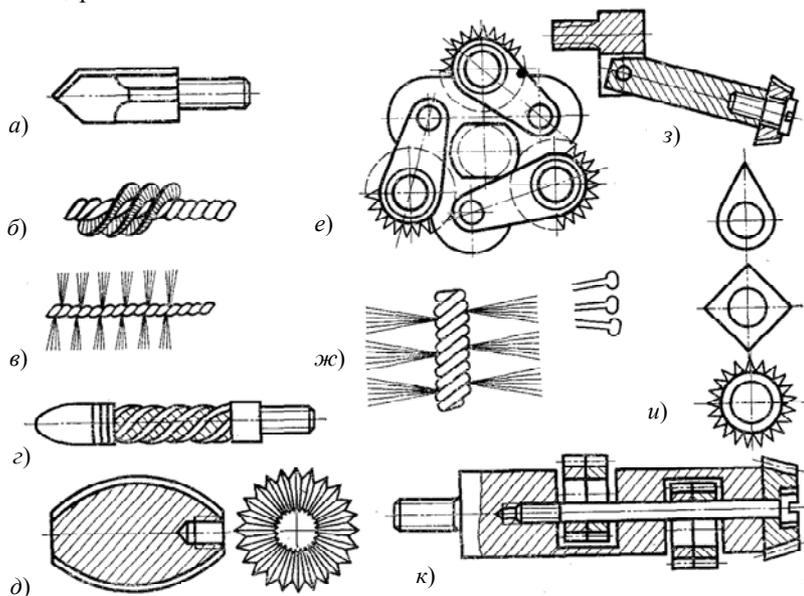


Рис. 60. Инструмент для механической чистки труб

Механический метод сводится к очистке накипи путем соскабливания или отбивания ее специальным инструментом и разными приспособлениями. Инструмент для механической очистки делится на две группы: приспособления, не повреждающие внутренней поверхности очищаемых трубок (рис. 60 а, б, в, г) и инструмент, способный наносить повреждения (д, е, ж, з, и, к).

Очистку труб производят с помощью шарошек, которые приводят в действия от электродвигателя, гидропривода и пневмопривода через гибкий вал или шланг. Каждую трубу в кожехотрубном теплообменнике проходят шарошками сверху вниз и обратно. Во время очистки в трубу подают воду для смывания накипи и охлаждения шарошек головки.

Для очистки теплообменников с трубчатой поверхностью нагрева целесообразно применять приводы с возвратно-поступательными движениями используя тельферы или электролебедки. В этом случае производится очистка одновременно нескольких трубок (рис. 61).

Основным недостатком механического метода очистки труб – возможностью повреждения поверхностного слоя металла, это приводит к более быстрому износу труб. Кроме того, этот метод трудоемкий и не обеспечивает полной очистки от накипи особенно в трудно доступных местах.

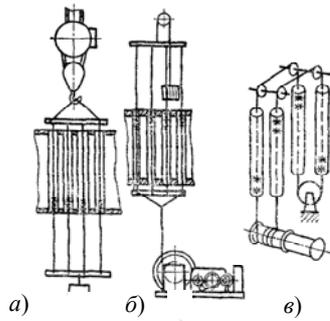


Рис. 61. схема чистки труб с помощью тельфера:
а, б – с использованием рамки; *в* – с оснащением лебедки

Химическая очистка выполняется при очистке и в межтрубном пространстве. При этом методе происходит размягчение осадка на поверхностях нагрева, достигается с помощью концентрированной и каустической соды. Накипь затем растворяется слабым раствором соляной кислоты. После промывают горячей водой и чистят щеткой и металлическими ершами.

Гидравлическая очистка основана на способности струи воды высокой скорости (свыше 50 м/с) удалять накипь. Этот метод используется при удалении рыхлой накипи и шламообразования. Струя воды выходит под большим давлением из сопла, режет и отрывает от стенок отложения очищаемых поверхностей. Время очистки одной трубы равно 10 – 15 с.

Достоинство такого метода – возможность очистки внутренних и наружных поверхностей трубок, а также корпуса непосредственно на месте установки аппарата. Широкий диапазон изменения давления (от 15 до 70 МПа) дает возможность удалять отложения практически любой твердости.

Термическая очистка основана на использовании разности коэффициентов теплового расширения накипи и металла. Поверхность нагрева (освобожденная от жидкости сначала подогревают редуцированным перегретым паром, а затем охлаждают холодной очищенной химическим способом водой). В результате частицы накипи отскакивают от поверхности нагрева и удаляются вручную или промываются. Этот метод применяется в том случае, если будет установлено, что накипь, требующая удаления, при нагреве становится твердой и хрупкой.

В теплообменниках типа «труба в трубе» применяется пневмомеханический способ очистки. Чистка осуществляется зубчатой металлической втулкой-шомполом (рис. 62).

Втулка-шомпол 1 движется от одного конца трубы 4 к другому под напором воздуха давлением 0,5–0,6 МПа. Направление потока воздуха меняется с помощью распределителя воздуха 2. Резиновые прокладки 3 уплотняют места соединений и амортизируют удары шомпола.

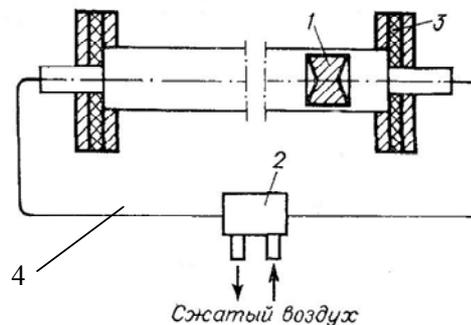


Рис. 62. Схема пневмомеханической очистки труб:
1 – втулка-шомпол; *2* – распределитель воздуха; *3* – прокладка; *4* – труба

Для чистки U-образных трубок применяют гибкий шланг. Очистка трубок с помощью воды и воздуха называется *гидропневматикой*. В загрязненную трубку одновременно подаются вода и сжатый воздух. Сжатый воздух расширяясь, резко увеличивает скорость движения воды, которая начинает перемещаться по трубе последовательными водяными «пробками» интенсивными завихрениями. Совместное движение воды и воздуха быстро разрушают отложения на стенках трубок, очищая их.

Одновременная подача в трубку воды и воздуха осуществляется при помощи водовоздушного пистолета. Воздух под давлением 0,7–0,8 МПа и вода под давлением 0,5–0,6 МПа при соотношении 1:1 подаются с помощью шлангов.

Гидропневматическая очистка трубок позволяет уменьшить время очистки по сравнению с механической в 8 – 10 раз, значительно реже подвергать очистке теплообменники, повысить производительность труда.

13. РЕМОНТ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

Характер ремонтных работ определяется конструкцией поверхности нагрева. Ремонт трубчатой поверхности складывается из следующих операций:

- 1) осмотр поверхности нагрева;

- 2) изъятия, требующие замены труб;
- 3) подготовка новых труб и трубной решетки;
- 4) установки и развальцовки труб;
- 5) испытания.

Ремонт теплообменников типа «труба в трубе» состоит из следующих операций:

- 1) осмотр поверхности нагрева;
- 2) замена прокладок;
- 3) частичный ремонт труб;
- 4) испытания.

Ремонт пластинчатых теплообменников в основном сводится к замене дефектных пластин резиновых прокладок.

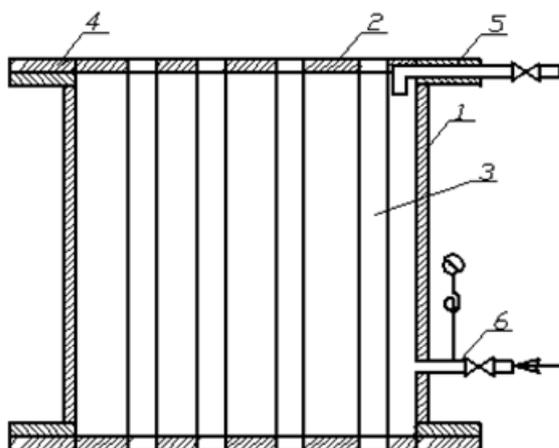


Рис. 63. Схема опрессовки теплообменника

Наибольшее распространение получили теплообменники с трубчатой поверхностью нагрева, ремонт которой рассматривается наиболее подробно.

Осмотр поверхности нагрева производится после очистки аппарата от накипи во время гидравлического испытания под давлением 0,3 – 0,5 МПа.

При опрессовке аппарата проверяется состояние трубной решетки, плотность развальцованных трубок в трубной решетке, фланцевых соединений, сварных швов, т.е. проверяют герметичность труб в трубной решетке (рис. 63).

При ремонте трубного пучка допускается установка пробок на дефектные трубки до 15 % в каждом потоке пучка. При выходе из строя более 15 % трубок заменяются полностью.

Применение бывших в употреблении трубок допускается, если они потеряли вследствие износа не более 30 % первоначального веса. Изъятие труб, требующих замены, не следует проводить с помощью специального зубила, что вызывает порчу поверхности очка в трубной доске. Следует обжимать концы труб винтовым приспособлением в виде клещей, совершенно не портящем очков. Усилие обжима возникает при закручивании гайки.

Для замены неисправных труб находят применение специальная головка с резцом, приводом для которого служит вальцовочная турбина или электродрель (рис. 64).

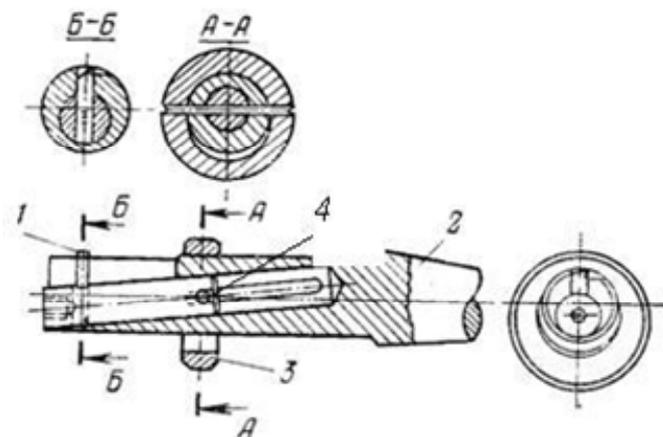


Рис. 64. Схема режущей головки для теплообменных труб

Небольшой резец 1 устанавливают в прорезь барабана рабочей частью вверх так, что своей нижней скошенной торцевой поверхностью он садится на поверхность подающего конуса, который связан с барабаном скользящим штифтом 4. На барабан насажена фиксирующая упорная шайба 3, которой он прижимается к трубной решетке и фиксирует положение резца у того места, где труба должна быть отрезана. Вращая подающий

конус (а с ним и барабан с резцом), легким осевым нажимом на него постепенно выдвигают наружу резец, обеспечивая его поперечную подачу.

Оставшиеся в гнездах трубных решеток концы труб зубилом или бородком сплющивают или выбивают. Сменяемую трубу с помощью выточенной, по ее наружному диаметру оправки извлекают через одну из решеток и вместо нее вставляют новую, концы которой развальцовывают в трубных решетках или приваривают к ним.

Труднее менять трубу с приваренными концами. Для этого вручную или пневматическим молотком срезают шов, а иногда механически обрабатывают гнездо в решетке.

На практике изношенные трубы заменяют новыми очень редко; их обычно заглушают с двух концов металлическими (например, стальными) пробками, имеющими небольшую конусность (3 – 5°). Пробки забивают туго, чтобы они надежно противостояли максимальному давлению в трубах.

14. УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ АППАРАТУРЫ

Цель дефектации – выявление пороков (утолщение стенок, трещин, местных искажений формы и др.). Остаточная толщина стенки проверяется засверлением отверстий $\varnothing 3-4$ мм в местах наибольшего износа и измеряется толщина с помощью штангенциркуля, глубиномера с точностью 0,05 – 0,1 мм. Затем в отверстиях нарезают резьбу, вворачивают пробки и расчеканивают их снаружи. Иногда отверстия заваривают.

Все засверловки отмечают в эскизах, прилагаемых к паспортам аппаратов (рис. 65).

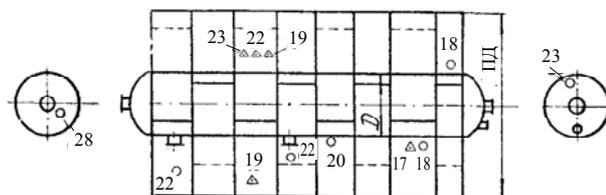


Рис. 65. Эскиз засверловки аппарата:

О – засверловка в мае 2002 г.;

Δ – засверловка в мае 2005 г. ($\delta_{\text{стенки}} = 22$ мм, $\delta_{\text{днища}} = 28$ мм)

В настоящее время толщину стенки на крупных заводах меряют ультразвуковыми приборами. После замера толщины стенки ведут осмотр для выявления трещины, пористости сварных швов, свищей, вмятин и т.д.

Все замеченные дефекты фиксируют на развертках. Форма и протяженность видимых трещин выявляется пробой керосином. То есть участок смачивают керосином 2–3 раза через 1/2 часа, протирается насухо и покрывают меловой краской (9 частей мела и 1 часть малярного клея в воде). Через 2 – 4 часа поверхность обстукивается с обратной стороны. Контуры трещин при этом выступают в виде тонких жилок или пятен. Концы трещин фиксируются засверлением отверстий $\varnothing 15 - 20$ мм (чтобы не увеличивались при заварке).

Существует магнитный способ выявления трещин – для обнаружения мельчайших (волосовых) пороков. Диагностика, магнитный поток создается электрическим током, проходящим по проводнику вблизи проверяемой поверхности металла. Силовые линии поля замкнуты, и магнитный поток направлен перпендикулярно направлению создаваемого его потока.

Для целей намагничивания ток пропускают либо прямо через металл, либо через специальный проводник. В местах трещин магнитная проницаемость падает и магнитный поток в значительной мере огибает такие нарушения сплошности, уплотняясь по периферии трещины. Дефект обнаруживается визуально с помощью магнитного порошка. Уплотнение порошка будет заметным, если трещина перпендикулярна вектору магнитного потока. Поэтому если направление трещины неизвестно, то проверка проницаемости проводится при двух перпендикулярных направлениях магнитного потока (рис. 66, а, б).

При порошковом методе ток ($V = 6 - 12$ В) и ($I = 1000 - 1500$ А) проводится непосредственно к двум крайним точкам испытываемого участка, причем для указанных параметров тока длина участка не должна превышать 250 мм.

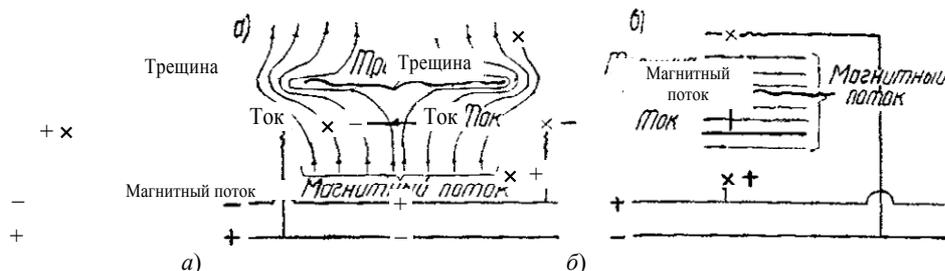


Рис. 66. Магнитный способ выявления трещин:

а – правильный выбор мест подвода тока; б – неправильный

15. РЕМОНТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЦЕЛОСТНОСТИ И ФОРМЫ СВАРНЫХ ШВОВ В АППАРАТАХ

Различают три типа трещин.

1. Несквозные, неглубокие (глубина не более 0,4) толщины сечения.
2. Сквозные узкие трещины.
3. Сквозные широкие трещины с расхождением кромок более чем на 15 мм.

Все трещины, а также поры, свищи устраняются сваркой. В алюминиевых, медных, никелевых, свинцовых аппаратах их паяют.

Сварка трещин первого рода

Трещины разделяют под сварку односторонней вырубкой на максимальную глубину со снятием кромок под углом $50 - 60^\circ$. Длинные трещины заваривают для снижения термического эффекта участками, одноступенчатым швом (рис. 67).

Сварка трещин второго рода

Трещины разделяют на всю толщину вырубкой зубилом либо прорезкой газом (без наклепа): v -швов при $\delta \leq 12 - 15$ мм; x -швов при $\delta > 12 - 15$ мм (рис. 68).

Трещины с $L < 100$ мм – заваривают за один проход одноступенчатым методом и с многослойным наложением швов.

Сварка трещин третьего рода

Газом вырезают участок поверхности металла вместе с трещиной, а в вырез ввариваются заплата (чтобы избежать больших термических напряжений). Длина вырезанного куска $50 - 100$ мм больше длины трещины, ширина не менее 250 мм. Заплата доваривается заподлицо с основным металлом, т.е. она должна иметь ту же форму, что и у ремонтируемой поверхности. Площадь одной заплата не должна превышать $1/3 F$ листа аппарата в месте ремонта. Заварка трещин всех трех типов в ответственной аппаратуре регулируется правилами Госгортехнадзора по сварке аппаратов при $P > 0,7$ атм (рис. 69).

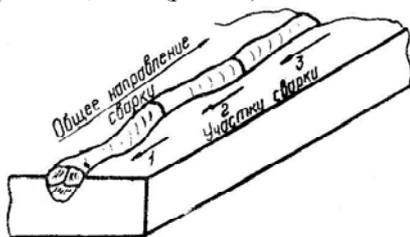


Рис. 67. Схема трещин первого рода

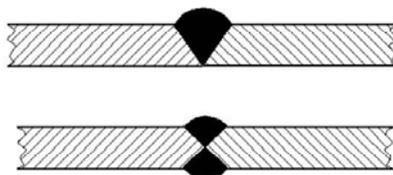


Рис. 68. Схема швов второго рода

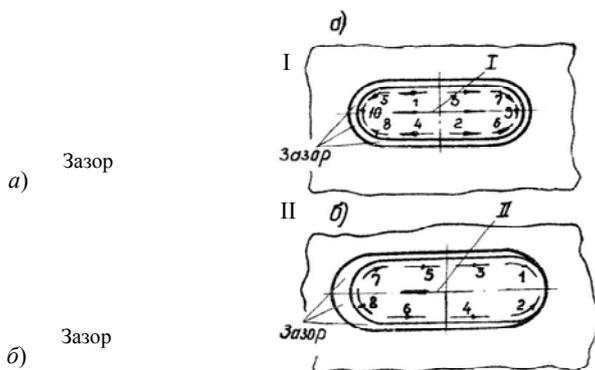


Рис. 69. Схема заварки трещин заплатой:

a – симметричная: I – общее направление сварки от центра к краям;

б – сдвинутая: II – общее направление сварки к зазору

16. РЕМОНТ ВМЯТИН И ВЫПУЧИН

Вмятины от внешнего давления, выпучины от внутреннего давления. Их проверяют на отсутствие трещины, а затем проводят правку в горячем состоянии с местным подогревом до $850 - 900$ °С. Нагрев производят на жаровне или газовой горелкой. Правка прекращается при температуре 600 °С (во избежание синеломкости). Прав-

ка производится с помощью домкрата, струбцины и болтов или ударным воздействием. Дефекты с крутой кривизной вырезают и вваривают заплату (рис. 70).

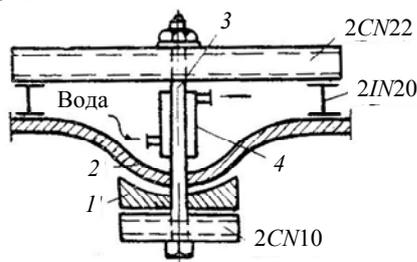


Рис. 70. Схема ремонта выпучины нагревом:

1 – обжимка; 2 – выпучина; 3 – болт; 4 – рубашка водяного охлаждения болта

17. СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ

После ремонта теплообменник подвергают опрессовке при снятых крышках, затем крышки навешивают и закрепляют. Собранный аппарат подвергают окончательной опрессовке водой. Сначала опрессовывают на контрольное давление межтрубное пространство (корпус) при заглушенных штуцерах на крышках. Затем опрессовывают трубное пространство, как указывается в паспорте аппарата. При отсутствии в паспорте этих данных корпус аппарата (межтрубное пространство) испытывают как емкость, а трубное пространство – на удвоенное рабочее давление. Отсутствие течи через спускные фланцевые соединения свидетельствует о надежной плотности и прочности. После снятия заглушек аппарат сдают в эксплуатацию.

18. РЕМОНТ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ

В процессе эксплуатации печи возникают неисправности в топочной камере и газоходах, пекарной камере, конвейере и его приводе и вспомогательных устройств. Для устранения неисправностей печь останавливают на текущий или капитальный ремонт.

Перед ремонтом печь останавливают и охлаждают, в течение 2–3 суток, для чего после остановки открывают топочную дверцу и прочистные лючки газоходов. В некоторых случаях (в особенности при авариях) для ускорения охлаждения печи применяют переносные вентиляторы. При ремонте топочной камеры заменяют изношенную футеровку и перекалдывают своды и стены топочного фронта.

Приступая к разборке кладки, сначала снимают навесную гарнитуру, топочные дверцы и раму, а затем начинают разборку кладки. Разборку выполняют так, чтобы была обеспечена сохранность неремонтируемых частей кладки и исключена возможность обвалов и выпадения отдельных кирпичей. Кладку разбирают с обязательным сохранением старого пригодного кирпича.

После расчистки разобранной кладки приступают к кладке поврежденных участков. Выложив внутренние стенки камеры, делают своды и восстанавливают наружную стенку. Затем устанавливают топочную раму и навешивают топочную и поддувные дверцы. При необходимости устанавливают новые топочные рамы и двери.

Ремонт газоходов сводится к устранению завалов, причиной которых обычно бывают выгорание кирпичей. Для ликвидации завала выбирают кладку в ближайших к газоходу участках и через образовавшиеся отверстия удаляют вывалившиеся кирпичи, куски сухого раствора и сажу. После очистки газохода заделывают поврежденные места и закрывают вскрытые места в кладке. В печах с дымогарными трубами очищают дымогарные коробки и трубы, проверяют уплотнения в стыках и при необходимости дымогарные трубы заменяют новыми.

При ремонте пекарной камеры в первую очередь снимают с конвейера люльки, а при необходимости вытаскивают и конвейерные цепи. Затем очищают от накипи, масла и грязи направляющие, после чего направляющие, поддерживающие их кронштейны и болтовые соединения тщательно осматривают. При обнаружении на направляющих выбоин или уступов их устраняют путем размещения подкладок под направляющие.

Ремонт цепей конвейеров сводится к замене пришедших в негодность соединительных пальцев, втулок, роликов и щечек. У люлек проверяют штыри, шплинты, кронштейны, поперечные планки и места сварки. Погнутые люльки подвергают правке с последующей проверкой на кондукторе. Параллельно с ремонтом конвейера проверяют регулятор скорости, редуктор, приводную и натяжную станцию. При этом в зависимости от вида ремонта разбирают, промывают и измеряют трущиеся части, снимают валы, проверяют их в центрах на токарных станках и зачищают шейки. При капитальном ремонте заменяют регулятор скорости и редуктор.

Ремонт вспомогательных устройств печи сводится к замене изношенных тросов, блоков и перегоревших шиберов. Одновременно производят очистку и проверку труб, подводящих к топке воздух и влагу, при необходимости полностью заменяют изношенные воздухопроводы и трубопроводы.

Ремонт теплоутилизационных установок заключается во внешней и внутренней очистке поверхностей нагрева, проверке вентиля, кранов и патрубков.

После ремонта необходима просушка печи. Разогрев из холодного состояния до рабочей температуры производится осторожно, увеличивая температуру постепенно. На полный разогрев печи требуется 14 – 16 часов. Отремонтированная печь должна отвечать техническим условиям, установленным для монтажа новых печей. При ремонте печей должны строго соблюдаться все установленные правила техники безопасности.

19. РЕМОНТ ФАРШЕМШАЛКИ

При разборке машины снимают облицовочные листы станины, приводные ремни, блок шкива и шестерню, червячный сектор, картер, кулачковый вал месильного корыта, левую и правую тумбы станицы. Облицовочные листы подвергают рихтовке, заваривают трещины и зачищают сварные швы, при необходимости заменяют ось, кулачковый вал и втулку месильного корыта, протачивают поверхность конусов, ремонтируют крышку корыта. В корыто устанавливают два месильных винта на четырех конусах, на правую боковину – подшипники, на корыто – крышку с кулачковым валом, осью и втулкой, сальники набивают.

При ремонте картера производят его полную разборку, промывку деталей, замену шпонок, пальцев, втулок и прокладок, набивают сальники. Технология капитального ремонта приводов винтов и опрокидывания включает разборку блока шкива и редуктора на детали, промывку их, замену изношенных деталей (втулок, шпонок, болтов, шпилек, прокладок), наплавку электросваркой выработанных шеек вала под уплотнительными кольцами и сборку блока шкивов и редуктора.

Общая сборка фаршемешалки предусматривает установку на станину правой и левой тумб, червячного сектора месильного корыта, редуктора, привода опрокидывания, картера с шестерней и облицовочных листов станины. Затем регулируют зацепление червячной передачи и натяжение приводных ремней. В редуктор и картер заливают масло. Отремонтированную фаршемешалку испытывают на холостом ходу и под нагрузкой, устраняя при этом выявленные дефекты.

20. РЕМОНТ КОМПРЕССОРОВ

В процессе ремонта воздушных, аммиачных и фреоновых безкрейцкопфных поршневых компрессоров производят: полную разборку основных сборочных единиц, осмотр их состояния и определяют степень износа деталей; замену изношенных деталей; ремонт цилиндров; ремонт шатунно-поршневой группы; ремонт подшипников и других узлов; сборку, пробный пуск и испытание.

В период разборки промывают и проверяют коленчатый вал, шатуны, поршни, сальники, всасывающие и нагнетательные клапана, а также вкладыши коренных и мотылевых подшипников и шейки вала. Проверку проводят на краску. Степень прилегания каждого вкладыша должна соответствовать восьми пятнам краски на площади 25×25 мм рабочей поверхности вкладыша. Зазор между шейками вала и верхними вкладышами допустим в пределах $0,06 - 0,1$ мм. Осевые зазоры у коренных подшипников должны быть $0,06 - 0,35$ мм. Зазоры можно увеличивать за счет выборки баббита вкладышей. Величина зазора между поршнем и зеркалом цилиндра не должна превышать 10 % размеров, предусмотренных чертежами завода-изготовителя. Зазор между нижними головками шатунов и шейкой коленчатого вала должен быть $0,03 - 0,06$ мм.

Ремонт изношенных цилиндров заключается в придании им нового, ремонтного размера, несколько большего, чем номинальный (первоначальный), и установке поршней соответствующего ремонтного размера. Цилиндры растачивают до свободных размеров, обеспечивающих исчезновение следов износа, а затем доводят шлифовальными головками. При диаметрах цилиндров от 80 до 150 мм припуск на доводку принимают в пределах от $0,02 - 0,1$ мм. Отремонтированные цилиндры должны удовлетворять основным техническим условиям: размеры должны обеспечивать монтажные зазоры между цилиндром и поршнем: овальность и конусность не выше $0,08$ мм на 100 мм диаметра цилиндра; отклонение перпендикулярного направления оси цилиндра по отношению к плоскости фланца не выше $0,07$ мм на 1 м длины цилиндра. Изношенные канавки для поршневых колец обрабатывают по ширине до ремонтного размера. Биение торцов канавок для колец после проточки не должно превышать $0,1$ мм.

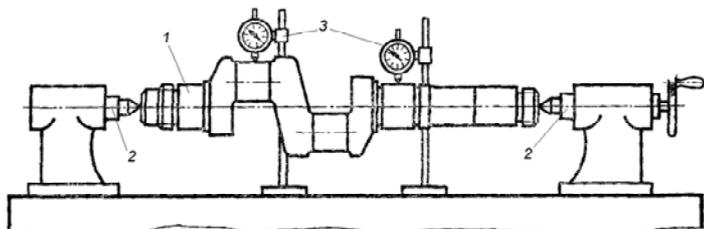


Рис. 71. Схема проверки стоечным индикатором коренных и шатунных шеек вала, установленного в центрах:

1 – коленчатый вал; 2 – центры токарного станка; 3 – индикаторы

Ремонт коленчатых валов ведут при неравномерном износе шатунных и коренных шеек и появление по этой причине овальности и конусности, а также погнутости или скрученности вала. Овальность и конусность шеек измеряют микрометром в трех местах – у галтелей и в середине. Шейки коленчатых валов шлифуют при овальности, превышающей $0,2$ мм, и конусности, превышающей $0,4$ мм. Изгиб вала проверяют на призмах установленных на проверочной плите или центрах токарного станка (рис. 71).

Для этого на коренные шейки помещают измерительный стержень индикатора и поворачивая вал, определяют величину прогиба. Если прогиб превышает $0,3$ мм, вал подлежит правке. Правку коленчатого вала осуществляют в холодном состоянии с помощью винтового или гидравлического прессы. Валы больших размеров, а также с резким перегибом правят с нагревом (нагрев до ковочной температуры).

После окончательного ремонта картер компрессора промывают керосином и заливают чистым маслом. Испытание отремонтированного компрессора проводят в соответствии с указаниями, проведенными в инструкции завода-изготовителя.

21. ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Смонтированное и отремонтированное оборудование для проверки качества ремонта и монтажа подвергаются индивидуальным испытаниям: вхолостую (машины, механизмы и аппараты с приводом); на плотность и прочность (емкости и аппараты).

К началу индивидуальных испытаний должны быть завершены общестроительные работы, выполнены мероприятия, предусмотренные правилами техники безопасности, обеспечена подача электроэнергии, воды, пара, сжатого воздуха, а также закончены работы по устройству канализации и системы защиты (заземление и другие). Индивидуальные испытания оборудования вхолостую проводят по специальному графику с участием представителя заказчика и специализированных ремонтных и монтажных организаций.

Результаты испытания оборудования вхолостую и на плотность и прочность оформляются специальными актами.

21.1. Испытание аппаратов

Основными видами испытаний аппаратов на прочность и плотность являются гидравлическое и пневматическое испытания (рис. 72).

Перед проведением этих испытаний необходимо заглушить все штуцера и люки, не связанные с подсоединением к испытательному насосу. При проведении гидравлического испытания в верхней точке аппарата устанавливают воздушник и манометр, подключают к аппарату трубопроводы подачи и слива воды. Затем аппарат заполняют водой, полностью выпустив воздух, и закрывают воздушник. Второй манометр ставят у насоса для контроля. После этого насосом поднимают давление до рабочего и далее до пробного. Пробное давление выдерживают 10 мин, после чего давление снижают до рабочего, поддерживаемого в течение времени, необходимого для осмотра швов и уплотнительных соединений (табл. 4). При осмотре под рабочим давлением допускается обстукивание сварных и заклепочных швов аппаратов молотком весом от 0,5 до 1,5 кг, в зависимости от толщины стенки.

При гидравлической опрессовке высоких колонных аппаратов следует учитывать величину гидростатического столба опрессовочной воды; поэтому перед опрессовкой по паспорту или расчетом проверяют допустимость гидравлического испытания в рабочем положении. Оно может проводиться, если нагрузка на стенку нижнего пояса аппарата от суммы пробного давления и давления столба жидкости не превышает 0,8 величины предела текучести металла корпуса при температуре опрессовки.

В тех случаях, когда указанные условия не выполняются или возникает опасность перегрузки фундамента аппарата, по разрешению и в присутствии инспектора Госгортехнадзора можно производить опрессовку колонны воздухом или инертным газом.

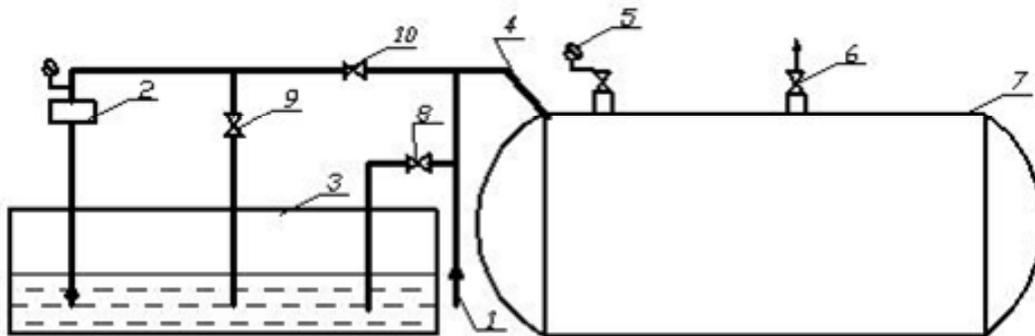


Рис. 72. Схема испытания гидравлическим способом аппарата на прочность:

1 – трубопровод от водопровода; 2 – насос; 3 – бак для насоса;
4 – трубопровод для заполнения аппарата водой; 5 – манометр с 3-х ходовым краном; 6 – воздушник; 7 – испытательный аппарат; 8 – вентиль для заполнения бака водой; 9 – вентиль для снижения давления в аппарате; 10 – запорный вентиль

4. Пробные давления при гидравлическом испытании сварных аппаратов

Рабочие параметры аппарата	Давление пробное при гидравлическом испытании, $P_{пр}$, кгс/см ²
Рабочее давление (P_p) от 0,7 до 5 кгс/см ²	$1,5 P_p$, но менее 2
Рабочее давление 5 кгс/см ² и выше	$1,25 P_p$, но менее $P_p + 3$
Температура стенки аппарата выше 400 °С	$1,5 P_p$
Давление рабочее 0,7 кгс/см ²	$P_p + 1$ (возможность такого испытания должно проверяться расчетом)
Давление остаточное (вакуум)	$2 P_p$
Атмосферное давление	Проверяется наливом или смачи-

Примечание: Если при заполнении аппарата водой при гидравлическом испытании в аппарате остается воздух, категорически запрещается испытание, так как при разрывах стенки корпуса аппарата возникает опасность травмирования персонала. При установлении рабочего или пробного давления стрелка манометра не должна отклоняться. Если она медленно, но настойчиво отклоняется от установленного, это говорит о том, что в аппарате остался воздух при заполнении его водой.

5. Время выдержки при испытании аппаратов керосином

Толщина шва, мм	Положение шва	
	нижнее	горизонтальное и верхнее
		Время выдержки, мин
До 4	20	30
Более 4	25	35
10 и более	30	40

При испытании сварных швов аппаратов, работающих под атмосферным давлением, смачиваем сварные швы керосином, время выдержки при испытании приведено в табл. 5.

Следят за появлением пятен на смазанной мелом обратной (обычно внешней) стороны шва.

После окончания опрессовки гидравлическим способом, прежде чем сливать воду из аппарата, необходимо открыть воздушный кран. Этим самым предохраняем аппарат от деформации корпуса, в связи с созданием внутри аппарата разрежения.

Наиболее опасны пневматические испытания, так как в случае нарушения целостности стенки аппарата возможно образование воздушной ударной волны. Следует иметь в виду, что пневматические испытания на прочность нельзя проводить в действующих цехах, на эстакадах и в каналах, где уложены трубопроводы, находящиеся в работе.

Пневматические испытания наиболее удобно проводить, используя центральную систему. Иногда приходится их выполнять с помощью передвижных компрессоров. Компрессор должен иметь ресивер и располагаться от испытываемого оборудования на расстоянии не менее 10 м. Повышение и снижение давления проводится плавно и медленно. После соответствующей выдержки давление понижается до рабочего значения, а испытываемое оборудование подвергается тщательному осмотру (табл. 6). Осмотр и освидетельствование в процессе повышения или понижения давления не допускается. Ликвидация дефектов оборудования осуществляется после снятия давления. Количество людей, занятых на испытании, должно быть минимальным.

Пневматическое испытание производится в тех случаях, когда может быть перегрузка на опоры аппарата или фундаменты и по разрешению и в присутствии инспектора Госгортехнадзора можно производить опрессовку аппарата воздухом или инертным газом. К пневматической опрессовке прибегают также тогда, когда по условиям технологического процесса присутствие воды в аппарате может вызвать аварию при выходе ее на рабочий режим.

Пневматическая опрессовка требует также соблюдение особых мер предосторожности. В частности перед опрессовкой воздухом необходимо убедиться в полном отсутствии в аппарате взрыво- и пожароопасных жидкостей, паров, газов. Для этого аппарат предварительно продувают инертным газом или водяным паром. Аппарат, находящийся под давлением воздуха, обстукивать нельзя; сварные швы обстукивают до начала опрессовки. В момент повышения давления стоять вблизи аппарата запрещено.

Вакуумные колонны подвергают гидравлическому испытанию на пробное давление 0,2 МПа или пневматическому испытанию на давление 0,11 МПа. Аппараты, работающие при атмосферном давлении, как правило, подвергают испытанию путем заливкой водой. При отрицательной температуре, т.е. окружающей среды, гидравлические испытания аппаратов производят, применяя подогрев воды паром или специальные водные растворы, имеющие низкую температуру замерзания. Обычно для этих целей применяют растворы хлористого кальция или хлористого натрия (поваренной соли). После проведения испытания указанными растворами аппарат должен быть промыт теплой водой.

6. Режим пневматического испытания

Создаваемое давление, кгс/см ²	Продолжительность подъема давления, мин	Выдержка на данной ступени давления, мин
0 – 1	15	10
1 – 10	30	10
10 – 20	30	10
20 – 50	40	15
50 – 100	50	15

21.2. Обкатка машин и механизмов

Обкатка машин, механизмов и аппаратов с мешалками проводят в соответствии с указанием проекта, технических условий или указаний соответствующих глав СНиП. Продолжительность испытания проводимых механизмов должна соответствовать представленной в табл. 7.

Индивидуальные испытания машин и механизмов вхолостую проводят по специальному графику с участием представителя заказчика и специализированных ремонтных и монтажных организаций. Результаты испытания оборудования оформляются специальными актами.

При испытании вхолостую вначале каждую машину подвергают пробному пуску, при котором производят наладку и регулирование взаимодействия ее частей и узлов на холостом ходу. Затем машину испытывают с постепенно увеличивающейся нагрузкой, одновременно проверяя соответствие ее фактических характеристик нормам, указанных в паспорте машины, техническим условиям или стандартам.

Перед пробным пуском машины необходимо:

1) проверить правильность взаимного положения и крепления деталей и узлов, составляющих машины, а для автоматов – также действие рабочих органов в соответствии с циклограммой;

2) тщательно очистить и заполнить соответствующей смазкой смазочные устройства и коробки для масла;

3) прокручивать перед пуском легкие и средние машины вручную или специальным валоповоротным механизмом с отсоединенным электродвигателем на один рабочий цикл, чтобы убедиться в отсутствии местных заеданий, касаний движущихся деталей машины между собой и с окружающими предметами; проверить величину местных ходов и узлов, соответствующих возвратно-поступательному движению; для этого покачивают детали в ручную, а в точных механизмах мертвые ходы замеряют специальными инструментами;

7. Продолжительность испытания проводимых механизмов

Тип аппарата	Количество оборотов, мин	Продолжительность испытаний вхолостую, ч	Продолжительность испытаний под нагрузкой, ч
Аппараты с неподвижными корпусами и внутренними вращающимися частями	До 100	2	4
Аппараты с неподвижными корпусами и внутренними вращающимися частями	Более 100	4	8
Аппараты с вращающимися корпусами	До 300	4	8

4) установить и проверить все ограждения, натяжения и предохранительные устройства, нагревательные приборы, реле, автоматические выключатели и т.п.;

5) производить первый пуск машины вхолостую с освобождением ее от всякой нагрузки, предупредив ремонтный и монтажный персонал о пуске машины;

6) производить первоначальный пуск машины короткими включениями и, если во время их обнаружатся существенные недостатки ремонта или монтажа, немедленно ее остановить; пуск машин, имеющих привод с регулированием частоты вращения, следует начинать с наименьшей частоты;

7) для обкатки машин и механизмов необходимо проверить направление вращения электродвигателя, отсоединенного от механизма, и работу электродвигателя проводить в течение 40 – 60 мин вхолостую.

При работе машины или механизма вхолостую выявляют: общий характер работы (спокойный, без толчков, ударов и вибраций); нагрев подшипников, направляющих и других трущихся частей; биение валов, шкивов, зубчатых колес; правильность посадки на валу муфт, шкивов, зубчатых колес, подшипников качения; соответствие направления вращения и числа оборотов по паспортным данным.

Эти основные требования, общие для различных типов машин, могут быть дополнены специальными техническими требованиями, относящимися к данной машине и указанными в технической документации.

После окончания обкатки машину останавливают, вскрывают подшипники и другие трущиеся узлы, а также места с минимальными зазорами между движущимися и неподвижными деталями и проверяют, нет ли следов трения, задиров. Выявленные дефекты устраняют, машину собирают и регулируют, после чего ее не подвергают техническим испытаниям. Для этого машину включают в работу с полной проектной нагрузкой, по достижении которой проверяют основные показатели работы машины: производительность, качество продукции и т.д.

Приемку оборудования из ремонта осуществляют в два этапа – предварительно и окончательно. Предварительно машину (агрегат) после ремонта принимает комиссия в составе представителя ОГМ, механика цеха, представителя ремонтной бригады, выполняющей ремонт, наладчика, обслуживающего данную машину (агрегат) путем осмотра и опробования на холостом ходу. Окончательно машину (агрегат) принимает та же комиссия после испытания под нагрузкой в производственных условиях.

Для каждого вида ремонта установлен испытательный срок работы машины (агрегата) под нагрузкой; текущий ремонт – 8 часов, капитальный – 24 часа.

Приемка оборудования из ремонта оформляется актом приема-сдачи оборудования, который утверждает главный инженер предприятия. Если ремонт выполнен недоброкачественно, ремонтная бригада, выполняющая ремонтные работы, обязана устранить обнаруженные дефекты.

заключение

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Диагностика, ремонт, монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности».

Изложены организация и технология монтажа, наладки и ремонта оборудования. Приведены особенности монтажа, наладки и ремонта основных видов технологического оборудования. Подробно рассмотрены способы предотвращения быстрого износа деталей и узлов, способы восстановления изношенных деталей. Указаны основные требования при прокладке технологического трубопровода и рассмотрены основные способы испытания оборудования после монтажа и ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин, Д.М. Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств / Д.М. Гальперин, Г.В. Миловидов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 399 с.
2. Лазарев, И.А. Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности / И.А. Лазарев. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 224 с.
3. Ермаков, В.И. Ремонт и монтаж химического оборудования : учебное пособие для вузов / В.И. Ермаков, В.С. Шеин. – Л. : Химия, 1981. – 368 с.
4. Гальперин, Д.М. Монтаж и наладка технологического оборудования предприятий пищевой промышленности : справочник / Д.М. Гальперин. – М., 1988. – 320 с.
5. Ермаков, В.И. Технология ремонта химического оборудования / В.И. Ермаков, В.С. Шеин. – Л. : Химия, 1977. – 280 с.
6. Рабинович, Б.Д. Ремонт оборудования спиртовых заводов / Б.Д. Рабинович. – М., 1972. – 119 с.
7. Матвеев, В.В. Примеры расчета такелажной оснастки / В.В. Матвеев. – Л. : Стройиздат, 1979. – 230 с.
8. Иванов, К.А. Организация ремонта технологического оборудования мясокомбинатов / К.А. Иванов. – М. : Агропромиздат, 1991. – 223 с.
9. Никитин, Н.В. Краткий справочник монтажника и ремонтника / Н.В. Никитин, Ю.Ф. Гаршин, С.Х. Меллер. – М. : Энергоиздат, 1983. – 168 с.
10. Гайдомак, К.М. Слесарь по монтажу технологического оборудования химических заводов / К.М. Гайдомак. – М. : Стройиздат, 1968. – 205 с.
11. Фарамазов, С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С.А. Фарамазов. – М. : Химия, 1980. – 312 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I

1. ЗАДАЧИ КУРСА «ДИАГНОСТИКА, МОНТАЖ И РЕМОНТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»	3
2. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ	4
2.1. Общие принципы организации монтажных работ	4
2.2. Способы производства монтажных работ	5
2.3. Подготовка к монтажу	5
2.4. Приемка и хранение оборудования	7
2.5. Документация на оборудование	8
2.6. Методы монтажа оборудования	8
2.7. Перевозка оборудования и монтажных кранов на объект....	11
2.8. Перемещение оборудования и конструкций в пределах строящегося (реконструируемого) предприятия	11
2.9. Грузоподъемные средства для перемещения и монтажа технологического оборудования	15
3. КОНСТРУКЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ	15
3.1. Мачтовые подъемники	15
3.2. Порталы	17
3.3. Шевра	18
3.4. Козловые краны	18
3.5. Треноги	19
3.6. Краны мостовые	20
3.7. Электротельферы	20
4. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ	20
4.1. Такелажные механизмы и приспособления	21
4.2. Стропы	22
4.3. Приспособления для захвата оборудования	23
4.4. Сжимы	24
4.5. Коуши	25
4.6. Рым-болты	25
4.7. Стрелы	26
4.8. Полиспасты	27
4.9. Траверсы	30
4.10. Тали	31
4.11. Домкраты	32
4.12. Якоря	32
4.13. Лебедки	36
5. СТРОПОВКА ОБОРУДОВАНИЯ	39
6. УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ	41
7. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТАХ (ОСНОВАНИЯХ), ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЯХ И НЕПОСРЕДСТВЕННО НА ЧИСТЫХ ПОЛАХ	44
8. МОНТАЖ АППАРАТОВ КОЛОННОГО ТИПА	46
9. СПОСОБЫ МОНТАЖА КОЛОННЫХ АППАРАТОВ	47
10. МОНТАЖ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПЕЧИ	48
11. МОНТАЖ СУШИЛКИ КС-2М	51
12. МОНТАЖ КОМПРЕССОРОВ. ИСПЫТАНИЕ КОМПРЕССОРОВ...	52
13. МОНТАЖ СЕПАРАТОРОВ	54
14. МОНТАЖ ШНЕКОВОГО МАСЛОПРЕССА	55
15. МОНТАЖ ТЕСТОДЕЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ	56
16. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ МОНТАЖЕ	57
17. ДЕТАЛИ ТРУБОПРОВОДОВ И СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ	58
18. ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДА	59
19. КОНСТРУКЦИИ КОМПЕНСАТОРОВ	62
20. РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДА	63
21. КОНСТРУКЦИИ ОПОР ДЛЯ ТРУБОПРОВОДА И ИХ РАСЧЕТ	64
22. ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА	66

Часть II

1. РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ	68
1.1. Организация ремонта оборудования	68
1.2. Общие сведения	68
1.3. Система планово-предупредительного ремонта	68
1.4. Технический уход за оборудованием	69
2. ВИДЫ РЕМОНТА	70
2.1. Текущий ремонт оборудования	70
2.2. Капитальный ремонт	70
2.3. Внеплановый ремонт	71
3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	71
4. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ	71
5. ПРОГРЕССИВНЫЕ СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТА	72
6. ПЛАНИРОВАНИЕ РЕМОНТА	73
7. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ... ..	76
8. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ	77
8.1. Организационно-техническая и материально-техническая подготовка ремонта	77
8.2. Основные ремонтные операции	79
8.3. Механизация ремонтных работ	81
8.4. Дефектация деталей	81
9. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ. ВИДЫ ИЗНОСА	83
10. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ	84
10.1. Качество материала деталей	84
10.2. Качество обработки поверхностей деталей	85
10.3. Смазка	86
10.4. Скорость движения деталей и удельное давление	87
10.5. Нарушение жесткости в неподвижных соединениях	87
10.6. Нарушение посадок	87
10.7. Нарушение взаимоположения деталей в соединениях	88
11. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	88
11.1. Ремонт с установкой добавочных деталей	89
11.2. Ремонт деталей сваркой, наплавкой и пайкой	89
11.3. Ремонт деталей с применением давления	93
12. РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ОБОРУДОВАНИЯ	94
12.1. Ремонт оборудования для измельчения. Костедробилки	94
12.2. Ремонт вальцовых дробилок	95
12.3. Ремонт сепараторов	95
12.4. Ремонт подвесной центрифуги	97
12.5. Ремонт аппаратов для тепловой обработки пищевых продуктов	98
13. РЕМОНТ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ	101
14. УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ НА ПОВЕРХНОСТЯХ АППАРАТУРЫ	103
15. РЕМОНТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЦЕЛОСТНОСТИ И ФОРМЫ СВАРНЫХ ШВОВ В АППАРАТАХ	105
16. РЕМОНТ ВМЯТИН И ВЫПУЧИН	106
17. СБОРКА И ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОЙ АППАРАТУРЫ... ..	107
18. РЕМОНТ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ	107
19. РЕМОНТ ФАРШМЕШАЛКИ	108
20. РЕМОНТ КОМПРЕССОРОВ	109
21. ИСПЫТАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА	110
21.1. Испытание аппаратов	111
21.2. Обкатка машин и механизмов	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	117

Утверждаю

Главный инженер _____
(подпись)

ГРАФИК

текущего ремонта оборудования _____
(наименование предприятия)

Наименование оборудования	Инв. № машины	месяцы											
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1. Тестопрigотовительный агрегат Л4-ХАГ № 1		10/16				16/16					10/16		
2. То же, № 2			10/16				16/16					10/16	
3. То же, № 3				10/16				16/16					16/16
4. Тестоделитель ХДТ № 1		15/96											
5. То же, ХТД № 2			15/96										
6. То же, РМК № 1				15/96									
7. Тестоокруглитель ХТО № 1 и т.д.			5/24						5/24				

Примечание: В числителе обозначается начало текущего ремонта (число месяц), а в знаменателе продолжительность ремонта, ч

Рис. 48 График текущего ремонта оборудования

Утверждаю
Главный инженер _____
(подпись)

ГРАФИК

капитального ремонта оборудования _____
(наименование предприятия)

Наименование оборудования	Инв. № машины	месяцы											
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1. Тестопрigотовительный агрегат Л4-ХАГ № 1						10/5							
2. То же, № 2			10/5							10/5			
3. То же, № 3													
4. Тестоделитель ХДТ № 1					20/10			20/10					
5. То же, ХТД № 2													
6. То же, РМК № 1													
7. Тестоокруглитель ХТО № 1 и т.д.		5/6								20/10			

Примечание: В числителе обозначается начало капитального ремонта (число месяц), а в знаменателе – продолжительность ремонта, дн.

Рис. 49. График капитального ремонта оборудования