

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

А.А. Хохлов
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ:**
краткий курс лекций



Димитровград - 2019

УДК 631.3.0

ББК 39.3

Х - 86

Хохлов, А.А. Техническая эксплуатация оборудования предприятий нефтепродуктообеспечения: краткий курс лекций / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 108 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКИУПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Техническая эксплуатация оборудования предприятий нефтепродуктообеспечения: краткий курс лекций предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

1 Общие положения по эксплуатации и ремонту технологического оборудования и технических средств объектов системы нефтепродуктообеспечения

Технологическое оборудование и технические средства объектов системы нефтепродуктообеспечения в зависимости от функционального назначения этих объектов представляют собой резервуары различной вместимости и конструкции, трубопроводные коммуникации, стационарные насосные станции или передвижные средства перекачки, сливноналивные устройства, топливо- и маслораздаточные колонки, подвижные средства заправки, автомобильные средства транспортирования, средства подогрева вязких нефтепродуктов установки для регенерации отработанных нефтяных масел и т.п. Все эти элементы технологического оборудования и технические средства принято в общем виде именовать изделиями.

Изделие - единица технологического оборудования или техническое средство, предназначенные для использования по назначению на объектах системы нефтепродуктообеспечения, т.е. для эксплуатации.

Эксплуатация - стадия жизненного цикла изделия с момента начала его использования по назначению до момента прекращения его использования.

Жизненный цикл изделия - проектирование изделия, его изготовление, испытания, эксплуатация, ремонты, модернизация и т.д. до списания. Эксплуатация изделия включает в себя производственную и техническую эксплуатацию.

Производственная эксплуатация изделия - использование его по назначению, т.е. в производственных целях (при выполнении транспортных нефтескладских, заправочных и других операций с топливом и смазочными материалами на объектах системы нефтепродуктообеспечения).

Техническая эксплуатация изделия – комплекс технических организационных и других мероприятий, выполняемых в процессе использования

изделия по назначению, его хранения или транспортирования, с целью обеспечения готовности изделия к использованию, т.е. поддержания системы в работоспособном состоянии.

Техническая эксплуатация изделия может производиться с использованием следующих стратегий: по наработке (календарному времени или ресурсу); по состоянию; по потребности.

В процессе технической эксплуатации могут одновременно применяться две или три (смешанная техническая эксплуатация) из перечисленных: стратегий.

Техническая эксплуатация по наработке - эксплуатация изделия, при которой объем и периодичность операций по техническому обслуживанию определяются только значением наработки изделия в начале эксплуатации или после ремонта.

Техническая эксплуатация по состоянию - эксплуатация изделия, при которой объем и периодичность контроля технического состояния изделия устанавливают в соответствии с нормативно-технической документацией, а техническое обслуживание проводят в зависимости от технического состояния изделия.

Техническая эксплуатация по потребности - эксплуатация изделия, при которой работы по обслуживанию проводят после отказа каких-либо составных частей изделия, устранение последствий которого сопровождается относительно небольшими потерями.

Прекращение эксплуатации изделия - наступление определенной нормативно-технической или проектно-конструкторской документации предельного состояния изделия, по достижении которого использование его по прямому назначению невозможно и его эксплуатация приостанавливается или заканчивается. Изделие может быть направлено в ремонт, переоборудовано для его использования в целях, отличных от его прямого назначения, или утилизировано со списанием.

Списание - снятие изделия с эксплуатации ввиду невозможности его использования по прямому назначению и непригодности к ремонту с оформлением установленных документов.

Нормативно-техническая документация - комплект документов, регламентирующих последовательность и технологию выполнения операций при эксплуатации и ремонте изделия, в том числе требования к параметрам его технического состояния с указанием их допустимых значений.

Техническое состояние - совокупность подверженных изменению свойств изделия, характеризующих в определенный момент времени их соответствием нормативно-технической документации. Различают три вида технического состояния - исправное, неисправное работоспособное, неисправное и неработоспособное.

Контроль технического состояния - определение вида технического состояния изделия, т.е. получение информации о фактических значениях параметров, характеризующих это состояние.

Исправное состояние (исправность) - состояние изделия, характеризуемое полным соответствием всем требованиям нормативно-технической документации.

Неисправное состояние (неисправность) - состояние изделия, при котором хотя бы один из параметров не соответствует всем требованиям нормативно-технической документации.

Работоспособное состояние (работоспособность) - состояние изделия, при котором значение всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Неработоспособное состояние (неработоспособность) состояние изделия, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Определяющие параметры - параметры изделия, используемые при контроле технического состояния изделия для определения вида этого состояния.

Отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния изделия.

Повреждение - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния изделия при сохранении его работоспособного состояния.

Критерий отказа - признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния изделия, т.е. выход параметра, характеризующего работоспособность изделия, за пределы установленных нормативно-технической документацией значений.

Зная основные понятия и определения, связанные с организацией единой системы эксплуатации и ремонта технологического оборудования и технических средств топливозаправочных комплексов нефтескладов, входящей в состав жизненного цикла этих изделий, можно представить взаимосвязь между отдельными составными частями указанной системы.

Контрольные вопросы:

1. *Что подразумевается под производственной эксплуатацией изделия?*
2. *Какие стратегии используются при технической эксплуатации изделия?*
3. *Чем характеризуется состояние изделия в процессе эксплуатации?*
4. *Когда наступает прекращение эксплуатации изделия?*
5. *Чем регламентируется выполнение операций по ТО и ремонту изделий?*

2 Основы производственной эксплуатации технологического оборудования и технических средств

Производственная эксплуатация изделий - решающий фактор в обеспечении функционирования системы нефтепродуктообеспечения. Для выполнения задач, стоящих перед системой нефтепродуктообеспечения (доставка нефтепродуктов к местам их хранения или потребления, хранение необходимых запасов нефтепродуктов и выдача их потребителям, в том числе заправка техники), технологическое оборудование объектов этой системы и входящие в нее технические средства должны находиться в работоспособном состоянии.

Работоспособное состояние каждого вида изделий, входящих в состав технологического оборудования топливозаправочных комплексов и нефтескладов, характеризуется рядом определяющих факторов.

Производственная эксплуатация резервуаров для хранения нефтепродуктов возможна при выполнении следующих условий:

- герметичность оболочки резервуара, его присоединительных устройств, крышек люков и запорной арматуры, т.е. непроницаемость указанных элементов конструкции резервуара для жидкости и газа;

- исправность дыхательной арматуры, т.е. ее срабатывание (открытие и закрытие) при установленных значениях давления и вакуума с сохранением герметичности в интервале между этими значениями;

- исправность сливноналивных устройств, т.е. обеспечение ими заполнения и опорожнения резервуара с установленной скоростью;

- исправность ограничителя наполнения резервуара, т.е. своевременная сигнализация о достижении предельно допустимого уровня нефтепродукта в резервуаре или автоматическое прекращение его наполнения при достижении этого уровня;

- возможность измерения количества нефтепродукта в резервуаре с помощью встроенных или посторонних устройств с установленной точностью.

Производственная эксплуатация средств перекачки может осуществляться при выполнении следующих условий:

- герметичность корпуса насоса, фланцевых соединений и запорной арматуры;

- герметичность уплотнительных устройств вала насоса в пределах, установленных для данного типа уплотнения;

- соответствие рабочего и максимального давления (напора), развиваемого насосом, установленным значениям;

- соответствие подачи насоса установленному рабочему значению (или диапазону рабочих значений);

- работоспособность привода насоса, т.е. его способность развивать установленную мощность при установленной частоте вращения (конкретные показатели исправности и работоспособности электродвигателей содержаться в Правилах устройства электроустановок, а двигателей внутреннего сгорания - в инструкциях по их эксплуатации);

- работоспособность устройства для передачи мощности от привода к насосу, т.е. способность этого устройства передавать вращающий момент с

установленными значениями коэффициента полезного действия (КПД) и частоты вращения;

- исправность контрольно-измерительных приборов, т.е. обеспечение **установленной** точности их показаний.

Производственная эксплуатация топливо- и маслораздаточных колонок возможна при выполнении следующих условий:

- герметичность корпусных деталей, их соединений и коммуникаций;

- работоспособность запорной, регулирующей и предохранительной арматуры, т.е. срабатывание (открытие и закрытие) обратных клапанов, запорной иглы газоотделителя, запорного и отсечного клапанов раздаточного крана и т.п. в установленные моменты рабочего цикла и герметичность этой арматуры в закрытом состоянии;

- исправность счетно-дозировочного устройства, т.е. его своевременное включение, выключение и погрешность показаний, не превышающая установленного значения;

- производительность заправки с установленным значением;

- работоспособность местного, дистанционного, комбинированного или автоматического устройства управления колонкой, т.е. способность этого устройства своевременно её включать и выключать после выдачи заданного количества нефтепродуктов.

Производственная эксплуатация трубопроводов может осуществляться при выполнении **следующих** условий:

- герметичность труб, фитингов, запорной арматуры и их соединений во всем диапазоне установленных рабочих давлений, а также возможных температур нефтепродукта и окружающего воздуха:

- работоспособность регулирующей и предохранительной арматуры, т.е. её срабатывание (открытие и закрытие) при установленных значениях параметров рабочего процесса и герметичность в закрытом состоянии;

- пропускная способность с установленным значением.

Производственная эксплуатация подвижных средств заправки и транспортировки может осуществляться, если состояние емкостей,

коммуникаций, насосов и раздаточного оборудования этих средств отвечает соответственно условиям эксплуатации резервуаров, трубопроводов, средств перекачки, а также раздаточных устройств топливораздаточных (маслораздаточных) колонок, изложенным в настоящем разделе, а состояние базовых шасси - условиям исправности и работоспособности автотранспортных средств, изложенным в Правилах дорожного движения, Правилах перевозки опасных грузов и инструкциях по эксплуатации соответствующих автомобилей и автомобильных прицепов.

Задачи технической эксплуатации изделия.

Техническое обслуживание - составная часть технической эксплуатации изделий - это комплекс операций по поддержанию работоспособности (исправности) технологического оборудования и технических средств при их использовании по назначению, а также при ожидании такого использования (в процессе хранения и транспортирования изделий).

Техническое обслуживание технологического оборудования и технических средств направлено на решение следующих основных задач:

- сохранение качества нефтепродуктов в процессе нефтескладских, транспортных и заправочных операций;
- сохранение количества и ликвидацию потерь нефтепродуктов в процессе их приема, хранения и выдачи;
- обеспечение минимальных материальных и трудовых затрат при операциях с нефтепродуктами и минимальных сроков проведения этих операций;
- обеспечение требуемой точности измерений количества принимаемых, хранимых и выдаваемых нефтепродуктов;
- обеспечение производственной, пожарной и экологической безопасности при эксплуатации технологического оборудования.

Решение этих задач достигается:

- предупреждением отказов и повреждений изделий, вызываемых процессами изнашивания сборочных единиц и деталей, старения конструкционных материалов, коррозии металлов, образования вредных отложений и т.п.;

- поддержанием эксплуатационных характеристик и параметров изделий в пределах значений, установленных нормативно-технической документацией;
- обеспечением минимального расхода энергетических ресурсов и эксплуатационных материалов;
- продлением фактических сроков службы технологического оборудования и его составных частей.

К основным показателям, характеризующим процесс технического обслуживания, относят:

- периодичность технического обслуживания, т.е. промежуток времени в месяцах эксплуатации, или наработку (в моточасах, литрах перекачанного нефтепродукта, километрах пробега) между двумя последовательно проводимыми техническими обслуживаниями одного вида;
- продолжительность технического обслуживания, т.е. время, необходимое для проведения ТО какого-либо изделия (технические средства или единицы технологического оборудования);
- суммарную продолжительность технического обслуживания, т.е. время, необходимое для проведения технического обслуживания технологического оборудования объекта системы нефтепродуктообеспечения за определенный период эксплуатации;
- трудоемкость технического обслуживания, т.е. трудозатраты (в часах рабочего времени) на проведение одного ТО соответствующего изделия;
- суммарную стоимость технического обслуживания, т.е. затраты на проведение ТО технологического оборудования объектов за определенный период эксплуатации.

Кроме того, для целей планирования ТО, учета их проведения и отчетности по вопросам ТО изделий имеется ряд других показателей, которые являются производными от перечисленных (например, средняя трудоемкость технического обслуживания, удельная трудоемкость и удельная стоимость технического обслуживания, отнесенные к наработке изделия, и т.п.).

Задачи технического диагностирования

Техническое диагностирование - составная часть технической эксплуатации изделий это определение технического состояния изделий без их разборки. Техническое диагностирование применяют в процессе производственной эксплуатации изделия, при его техническом обслуживании, ремонте, а также при хранении изделия.

Задача технического диагностирования изделия в процессе производственной эксплуатации - поддержание его в работоспособном состоянии и предотвращение отказов и неисправностей до момента их возникновения. Эту задачу решает обслуживающий персонал путем органолептического наблюдения за состоянием изделия, контроля его состояния по встроенным приборам и т.п. Органолептические методы включают в себя: визуальный осмотр изделия для выявления признаков негерметичности его элементов (например, подтекания и отпотевания нефтепродукта); прослушивание изделия для определения неисправности движущихся элементов (например, стуков при работе насоса или счетчика); проверку изделия осязанием для нахождения места ненормального нагрева или вибрации и т.п. Благодаря контролю состояния изделия по встроенным приборам можно определить такие параметры, как давление, температуру, частоту вращения вала, уровень нефтепродукта в емкости, производительность перекачки или заправки и т.п.

Задача технического диагностирования изделия при его техническом обслуживании - определение объема ТО при технической эксплуатации по состоянию или выявление отказа при технической эксплуатации по потребности. В этом случае используют как органолептические методы (главным образом внешний осмотр), так и инструментальные методы, которые в зависимости от физического принципа, на котором они основаны, делятся на энергетические, пневмогидравлические, тепловые, виброакустические, оптические и т.п. Каждый метод основан на применении какого-либо физического процесса, который характеризуется изменением определенной физической величины. В основе энергетических процессов лежит сила, мощность; пневмогидравлических -

давление; тепловых - температура; виброакустических - амплитуда колебаний; электрических - сила тока или напряжение и т.д.

С помощью энергетических методов диагностирования определяют мощность, потребляемую насосом; усилие, необходимое для срабатывания дыхательных и предохранительных клапанов и т.д. С помощью пневмогидравлических методов устанавливают напор, развиваемый насосом; герметичность резервуаров и трубопроводов; перепад давления на фильтрах и т.д. С помощью электрических методов находят сопротивление заземляющих устройств; исправность электродвигателей и электрооборудования топливораздаточных колонок и т.д. Виброакустические и тепловые методы применяют главным образом при диагностировании двигателей внутреннего сгорания (ДВС), установленных на мотонасосных установках, передвижных средствах заправки и автомобильных средствах транспортирования нефтепродуктов.

Задача технического диагностирования изделия при его ремонте - определение вида и объема ремонта до его проведения, контроль качества ремонта по его завершении. Методы диагностирования при ремонте аналогичны применяемым при техническом обслуживании.

Задачи ремонта технологического оборудования и технических средств

Ремонт технологического оборудования и технических средств - это комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности изделий, а также входящих в их состав отдельных составных частей.

Ремонт технологического оборудования и технических средств производится для решения тех же задач, что и техническое обслуживание, т.е. для сохранения количества и качества нефтепродуктов при производственной эксплуатации ремонтируемых изделий, обеспечения в процессе эксплуатации минимальных материальных и трудовых затрат, обеспечения безопасных условий эксплуатации изделий.

Эти задачи решают: 1) восстановлением или заменой дефектных агрегатов, сборочных единиц и деталей изделия; 2) проверкой соответствия технического состояния отремонтированного изделия требованиям нормативно-технической документации.

Таким образом, ремонт выполняют в случае выхода из строя отдельных агрегатов, сборочных единиц и деталей изделия. В процессе ремонта пришедшие в неработоспособное состояние составные элементы изделия восстанавливают или заменяют. Обычно периодичность ремонта технологического оборудования объектов системы нефтепродуктообеспечения не зависит от наработки, ремонтные работы проводят по потребности, т.е. по фактическому состоянию изделий.

Для восстановления технологического оборудования топливозаправочных комплексов и нефтескладов применяют два вида ремонта - текущий и капитальный (ТР, КР), а для технических средств, имеющих сложную конструкцию, используют также средний ремонт (СР).

ТР заключается в устранении неисправностей, возникших в процессе производственной эксплуатации изделия, путем замены отдельных деталей, сборочных единиц или приборов.

КР и СР состоит в замене или восстановлении агрегатов изделия с последующим контролем технического состояния изделия и испытаниями на соответствие требованиям нормативно-технической документации. Эти виды ремонта различаются количеством восстанавливаемых агрегатов.

ТР выполняет, как правило, обслуживающий персонал, для СР привлекают специалистов непосредственно на объект КР проводят на специализированных ремонтных предприятиях.

Следует указать, что производственный процесс КР изделий имеет существенные отличия от производственного процесса изготовления этих изделий, так как в первом случае технологическим операциям, практически одинаковым для обоих процессов (комплектование изделия, его сборка, окраска, испытания и т.д.), предшествует ряд специфических технологических операций

(доставка изделия на ремонтное предприятие, его разборка, очистка агрегатов и деталей, их дефектация и т.д.),

В связи с этим трудоемкость КР изделия будет больше трудоемкости его изготовления, хотя общая стоимость ремонта изделия, как правило, значительно ниже, чем изготовление нового аналогичного образца, что связано с широким использованием в ремонтном производстве как годных к дальнейшей эксплуатации, так и восстановленных деталей, сборочных единиц и агрегатов.

Кроме показателей трудоемкости и стоимости ремонта, которые аналогичны соответствующим показателям, характеризующим процесс ТО изделий, при рассмотрении вопросов организации ремонта используют такой показатель, как *межремонтный срок службы изделия*.

В общем виде межремонтный срок службы или межремонтный ресурс изделия - это его наработка после ремонта до момента возникновения состояния, при котором оно подлежит очередному ремонту. Для практических целей за межремонтные сроки принимают среднестатистические показатели, которые служат для планирования материальных и трудовых затрат, снабжения ремонтного производства запасными частями и расходными материалами и т.п.

Производственная эксплуатация изделий - основная стадия жизненного цикла изделия, так как именно в ходе производственной эксплуатации изделия используют по прямому назначению (транспортирование, хранение, перекачка нефтепродуктов, заправка техники и т.п.). Все остальные стадии жизненного цикла изделия призваны обеспечить функционирование по прямому назначению с установленными нормативно-технической документацией параметрами. В ходе производственной эксплуатации технологического оборудования и технических средств непрерывно протекают процессы, влияющие на снижение работоспособности этих изделий (изнашивание подвижных деталей, изменение физико-химических свойств уплотнительных и прокладочных материалов, загрязнение фильтрующих элементов, разгерметизация резервуаров и трубопроводов из-за ослабления крепежных деталей, попадание загрязнений под рабочие органы запорной, предохранительной и регулирующей арматуры, коррозия внутренних и внешних поверхностей изделий и т.д.). Исправное или

работоспособное в данный момент изделие в процессе производственной эксплуатации через какой-то отрезок времени может отказаться, т.е. перейти в неработоспособное состояние. После устранения отказа и восстановления работоспособности изделия отказы могут повториться. Для получения представления о состоянии изделия в произвольный момент эксплуатации необходимо знать, насколько это изделие долговечно и безотказно, а также насколько легко можно обнаружить и устранить отказы при их возникновении. Для решения этих вопросов используют понятие *надежность изделия*.

Надежность - свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность изделия выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения. Теория надежности рассматривает наряду со стадией применения изделия также стадии его ТО, хранения, транспортирования и ремонта, так как надежность - комплексное свойство, состоящее из *безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости*, однако в настоящем разделе свойства и показатели надежности будут рассмотрены на этапе производственной эксплуатации изделий.

Для оценки надежности принят ряд показателей. К ним относятся показатель надежности, единичный показатель надежности, комплексный показатель надежности и др.

Показатель надежности - это количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность изделия.

Единичный показатель надежности - это показатель, характеризующий одно из свойств-составляющих надежность изделия.

Одно из основных свойств надежности - безотказность, т.е. свойство изделия непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение определенного срока эксплуатации (по времени или наработке). Хотя безотказность в той или иной степени свойственна изделию на различных стадиях его жизненного цикла, это свойство надежности рассматривают в основном применительно к использованию изделия по назначению, т.е. при его производственной эксплуатации. Основные показатели безотказности

(вероятность безотказной работы, наработка на отказ, интенсивность отказов и т.п.) могут применять либо по отношению ко всем возможным отказам изделия, либо по отношению к какому-нибудь одному типу отказа с указанием на критерии этого отказа

Вероятность безотказной работы изделия - это вероятность того, что в пределах установленной наработки отказ изделия не возникает.

Вероятность отказа - это вероятность возникновения хотя бы одного отказа в течение установленной наработки изделия, работоспособного в начальный момент работы.

Вероятность безотказной работы изделия и вероятность его отказа связаны зависимостью:

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \frac{n(t)}{N}, \quad (6.1)$$

где $P(t)$ - вероятность безотказной работы за период от 0 до t ; $Q(t)$ - вероятность отказа за период работы от 0 до t ; [здесь t - установленная наработка (мес, мото-ч, л)]; $n(t)$ - число изделия, отказавших за период от 0 до t ; N - число изделий, работоспособных в начальный момент работы.

Средняя наработка до отказа T_i - это математическое ожидание наработки изделия до первого отказа τ_i , т.е. до первого отказа i -го образца изделия. Тогда

$$T_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i. \quad (6.2)$$

В эксплуатационной практике показатели безотказности используются для количественной оценки качества изделий, определения периодичности отказов в процессе производственной эксплуатации изделий, установления периодичности их ТО, определения объема номенклатуры запасных частей для устранения отказов и т.д.

О техническом состоянии любого изделия, эксплуатируемого на объектах системы нефтепродуктообеспечения, можно судить по его эксплуатационным показателям. Эксплуатационные показатели для каждого изделия устанавливаются нормативно-технической документацией. Отклонение рабочих

параметров изделия от содержащихся в нормативно-технической документации требований свидетельствует о наличии того или иного дефекта, т.е. отдельного несоответствия изделия или его составных частей установленным требованиям. О наступлении предельного состояния в процессе эксплуатации изделия можно судить по следующим характерным показателям: снижению мощности, подачи или производительности (пропускной способности) изделия; стукам, вибрации, шуму при работе изделия; снижению напора или увеличению перепада давления, а также выходу за установленные пределы других параметров, определяемых с помощью штатных приборов изделия или при его периодических контрольных осмотрах; увеличению расхода топлива, масла, электроэнергии и т.п.; резкому снижению надежности, т.е. увеличению интенсивности возникновения отказов.

Причиной наступления предельного состояния служит тот факт, что изделия со временем теряют те свойства, которые были заложены в них в процессе проектирования и производства. Важнейшие причины изменения этих свойств - трение поверхностей деталей, усталость и старение конструкционных материалов под воздействием внешних нагрузок и агрессивных сред, образование вредных отложений и т.п. Под воздействием разрушающих факторов происходят процессы, приводящие к изменениям геометрических, прочностных и других характеристик деталей изделия. Наибольшее влияние на эти изменения оказывают следующие процессы: изнашивание; коррозионное поражение металлов; усталостное разрушение; старение материалов; образование вредных отложений; механические повреждения и деформации.

Изнашивание по механизму своего воздействия на соединяемые детали подразделяют на механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное.

Механическое изнашивание возникает в результате механических воздействий в процессе трения скольжения или качения (например, при вращении вала насоса). К разновидностям механического изнашивания относят абразивное, гидроабразивное, эрозионное, усталостное, кавитационное изнашивание.

Абразивное изнашивание происходит при наличии между трущимися поверхностями твердых частиц и наблюдается при высоком содержании

механических загрязнений в нефтепродукте (например, в рабочих органах объемных насосов, запорной и регулирующей арматуры и т.п.).

Гидроабразивное изнашивание происходит в результате воздействия твердых частиц, увлекаемых потоком нефтепродукта (например, в рабочих колесах динамических насосов).

Эрозионное изнашивание происходит в результате воздействия потока нефтепродукта на внутренние поверхности оборудования и может возникнуть при больших скоростях потока в условиях турбулентного режима движения жидкости (например, в фасонных частях трубопроводов, при заполнении емкостей открытой струей и т.п.).

Усталостное изнашивание характерно для трения качения и скольжения в условиях знакопеременных нагрузок с большим удельным давлением (например, в двигателях внутреннего сгорания мотонасосных установок и автомобильных средств заправки).

Кавитационное изнашивание происходит в результате возникновения и исчезновения паровых пузырьков (например, во внутренних полостях центробежных насосов, трубопроводов и т.п.).

Коррозионно-механическое изнашивание происходит при трении поверхностей металлических деталей, вступивших в химическое воздействие со средой (содержащимися в нефтепродукте органическими кислотами, серо- и кислородосодержащими углеводородными соединениями и т.п.). При этом виде изнашивания происходит выкрашивание или *старение* пораженного коррозией слоя металла (например, уплотнения, седла клапанов запорной и регулирующей арматуры).

Электроэрозионное изнашивание возникает в результате воздействия на сопряженные поверхности разрядов электрического тока (например, в деталях электрооборудования технических средств).

После того, как техническое состояние изделия достигнет своего предельного значения, его дальнейшее использование по прямому назначению становится невозможным. Поэтому в процессе производственной эксплуатации

изделий постоянно проводят мероприятия, направленные на поддержание работоспособного состояния этих изделий, которые относят к сфере их технической эксплуатации, включающей в себя систему технических обслуживании изделий.

Коррозионное поражение металлов происходит при воздействии на металл агрессивных химических веществ (химическая коррозия) или при возникновении на его поверхности электрических потенциалов (электрохимическая коррозия).

Усталостное разрушение металлов возникает в результате постепенного накопления повторно-переменных напряжений, приводящих к образованию трещин в детали и последующему ее выходу из строя. Этот вид разрушения вызывается неоднородной структурой металла и усиливается при наличии в детали мест концентрации напряжений. Ему подвержены многие детали, работающие с переменными нагрузками (например, валы насосов, пружины регулирующей арматуры, фланцевые соединения, трубопроводы, зубчатые передачи и т.п.).

Старение материалов возникает в результате изменение их свойств под влиянием времени или при воздействии внешних факторов. Старение металлов проявляется в усилении их хрупкости (например, медные трубки контрольно-измерительных приборов) или снижении пластичности и вязкости (литые чугунные и стальные корпусные детали). Неметаллические материалы -резины, полимеры и т.п. - подвержены деструкции под воздействием кислорода воздуха, влаги, высоких или низких температур и других внешних факторов, что приводит к расслоению и набуханию резины, потере прочности и пластичности полимерами и др.

Образование вредных отложений на внутренних поверхностях изделий приводит к снижению эксплуатационных показателей или выходу их из строя (например, снижение подачи насосов, уменьшение пропускной способности фильтров, отказы счетчиков, контрольно-измерительных приборов и элементов автоматики).

Механические повреждения и деформации связаны с изменением целостности или формы изделия в результате механического воздействия.

Контрольные вопросы:

1. При выполнении каких условий возможна производственная эксплуатация резервуаров, топливораздаточных колонок, перекачивающих станций?
2. При выполнении каких условий возможна производственная эксплуатация подвижных средств заправки и транспортировки нефтепродуктов?
3. Задачи технической эксплуатации изделий?
4. Задачи технического диагностирования и ремонта изделий?
5. Какие показатели используются для оценки надежности изделий?
6. Перечислите и охарактеризуйте причины наступления предельного состояния изделия в процессе эксплуатации?

.3 Техническое обслуживание изделий эксплуатирующихся на объектах системы нефтепродуктообеспечения

Периодичность технического обслуживания

Эффективность использования изделий по прямому назначению в производственных целях характеризуется таким свойством надежности изделия, как безотказность, а эффективность поддержания и восстановления качества изделий характеризуется их долговечностью и ремонтпригодностью.

Долговечность - свойство изделия сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

Основная задача при организации ТО новых образцов технологического оборудования и технических средств - обоснование рациональной периодичности этих операций.

Требуемая периодичность ТО различных сборочных единиц, и агрегатов технологического оборудования и технических средств обусловлена перечнем операций, включаемых в объем работ соответствующего вида ТО. Наибольшее распространение получила **планово-предупредительная система организации технических обслуживаний**, основанная на проведении плановых технических обслуживания через определенные промежутки времени и осуществлении ремонтов по потребности, в зависимости от фактического состояния оборудования. Эта система более экономична, так как число ремонтов в данном случае сокращается. Применение планово-предупредительной системы затрудняется несовершенством некоторых образцов диагностического оборудования и недостаточно надежных методик для экспресс-диагностики, что в ряде случаев не дает возможности в процессе ТО оперативно выявить неисправности оборудования, требующего проведения ремонтных работ. А это приводит к осуществлению ремонта только после отказа соответствующего технического средства или изделия, входящего в состав технологического оборудования объекта.

Несмотря на указанный недостаток такой системы, на объектах нефтепродуктообеспечения в сельском хозяйстве для ТО и ремонта технологического оборудования и технических средств принята планово-предупредительная система, при которой ТО проводят по плану с периодичностью, установленной одним из методов, а ремонт выполняют по мере необходимости при возникновении неисправностей, не позволяющих использовать оборудование по прямому назначению.

Методы определения периодичности

Наиболее распространены следующие методы определения периодичности ТО изделий:

- оценка изменения внешнего вида изделия, его отдельных элементов и применяемых конструкционных материалов;
- обеспечение требований техники безопасности при эксплуатации оборудования;

- использование закономерностей изменения эксплуатационной надежности оборудования и его элементов;

- применение статистических данных; использование технико-экономических показателей.

Периодичность ТО по изменению внешнего вида можно определить применительно к операциям внешнего ухода (очистка, окраска и т.п.), а так по пополнению или замене некоторых смазочных масел, пластичных смазок и т.п., к выполнению отдельных крепежных работ, замене сальниковых и прокладочных материалов. По внешнему виду периодичность ТО можно установить только ориентировочно.

Периодичность ТО, исходя из обеспечения требований техники безопасности, можно установить применительно к запорно-регулирующей арматуре, контрольно-измерительным приборам, средствам пожаротушения, устройствам ограничения наполнения емкостей нефтепродуктом и т.д., а для подвижных средств - к механизмам, обеспечивающим безопасность движения (тормоза, рулевое управление, шины т.п.). Вероятность безотказной работы этих сборочных единиц и систем должна равняться почти единице в течение всего времени пребывания технологического оборудования или технических средств в эксплуатации.

Определение периодичности ТО на основании закономерностей изменения ресурса работы деталей, сборочных единиц и агрегатов изделия является приемлемым, если известны допустимые значения таких параметров, как износ, зазоры, перепад давления на фильтрах и т.п., и одновременно известны закономерности изменения технического состояния отдельных деталей и сборочных единиц, изменения свойств конструкционных и эксплуатационных материалов.

Известно, что изменение технического состояния механизмов при нормальной эксплуатации происходит постепенно и может быть выражено в зависимости от наработки в виде полинома n-й степени:

$$Y = Y_n + a_1 l + a_2 l^2 + a_3 l^3 + \dots + a_n l^n, \quad (6.3)$$

где Y - параметр технического состояния (износ, зазор и т.п.); Y_n - начальная величина параметра при $l = 0$; $a_1, a_2 \dots a_n$ - коэффициенты, определяющие характер и степень изменения параметра в зависимости от l , применяемые по экспериментальным данным; l - наработка (мес, мото-ч, л).

Этот метод может найти широкое применение при наличии достоверных данных о характере изменения показателей надежности отдельных деталей, сборочных единиц, агрегатов изделия, а также конструкционных и эксплуатационных материалов.

Для упрощения расчетов может применяться линейная расчетная зависимость вида

$$Y_{\text{доп}} = Y_n \pm a l, \quad (6.4)$$

где $Y_{\text{доп}}$ - допустимое значение параметра технического состояния; a - коэффициент изменения параметра до достижения им допустимого значения; l - наработка до достижения параметром допустимого значения.

Отсюда

$$l = \frac{Y_{\text{доп}} - Y_n}{a} \quad \text{или} \quad l = \frac{Y_n - Y_{\text{доп}}}{a}, \quad (6.5)$$

в зависимости от того, происходит увеличение или уменьшение параметра в процессе эксплуатации.

Определение периодичности технического обслуживания на основании статистических данных (рис.1) отражает существующее техническое состояние технологического оборудования или технического средства.

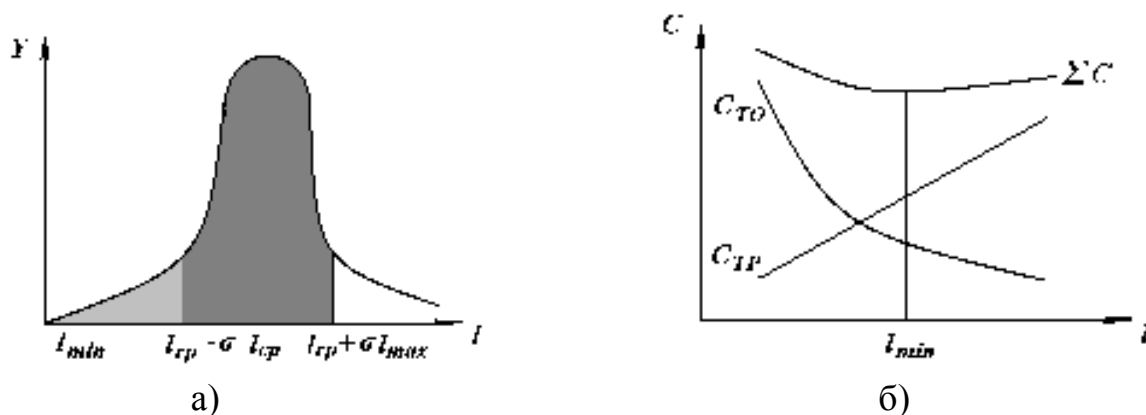


Рисунок 1 - Определение периодичности ТО технологического оборудования: а)с использованием статистических данных; б)по экономическим показателям

Можно допустить, что статистические данные по выходу из строя отдельных деталей, сборочных единиц и агрегатов подчиняются закону нормального распределения, являющегося одним из видов распределения случайной непрерывной величины.

Если по статистическим данным периодичность отказов будет состав. l_{min} ; l_{cp} ; l_{max} ; (минимальная, средняя и максимальная наработка на отказ), а среднее квадратичное отклонение равно σ , то поле рассеяния кривой нормального распределения отказов будет находиться в пределах от l_{min} до l_{max} .

Тогда периодичность проведения технического обслуживания l_{TO} должна удовлетворять неравенству

$$l_{min} < l_{TO} < l_{cp}. \quad (6.6)$$

Периодичность ТО рекомендуют определять по уравнению

$$l_{TO} = l_{cp} - \sigma, \quad (6.7)$$

т.е. периодичность проведения ТО следует принимать равной разности между средней наработкой на отказ и средним квадратичным отклонением σ .

При обосновании периодичности ТО технологического оборудования недостаточно только чисто технических соображений. Вот почему следует учитывать также экономические показатели этих операций. Оптимальную периодичность ТО по экономическим показателям можно определить на основе затрат на ТО и ремонт технологического оборудования и технических средств в процессе их эксплуатации при сохранении необходимых показателей надежности и обеспечения требований безопасности.

Ясно, что при увеличении периодичности ТО расходы на эти операции уменьшаются, а расходы на ремонт соответственно возрастают из-за увеличения объема ремонтных работ. Оптимальная периодичность ТО по экономическим показателям будет соответствовать минимальному значению суммарных затрат на ремонт и техническое обслуживание. При увеличении или уменьшении периодичности ТО повышаются суммарные расходы на ремонт и техническое обслуживание. Однако, наряду с экономическими показателями, учитывающими только минимальные суммарные затраты на ремонт и ТО изделия, следует также учитывать влияние технических показателей, обеспечивающих необходимую

надежность сборочных единиц и агрегатов этого изделия и требования техники безопасности. В то же время установление периодичности ТО, равной предельному состоянию изделия по надежности и требованиям техники безопасности, может вызывать повышение затрат на ремонт и техническое обслуживание.

Поэтому при установлении оптимальной периодичности ТО технологического оборудования и технических средств по технико-экономическим показателям выбирают такую периодичность, которая обеспечивает постоянную исправность изделия при затратах на его обслуживание и ремонт, близких к минимальным, необходимую эксплуатационную надежность и соблюдение требований техники безопасности, т.е.

$$l_{\text{опт.э}} \leq l_{\text{опт.т.э}} \leq l_{\text{пр}}, \quad (6.8)$$

где $l_{\text{опт.э}}$ - оптимальная периодичность ТО, выбранная из экономических соображений; $l_{\text{опт.т.э}}$ - оптимальная периодичность ТО с учетом технико-экономических показателей; $l_{\text{пр}}$ - периодичность ТО, выбранная из предельного состояния сборочных единиц и агрегатов по надежности и соблюдению требований техники безопасности.

Периодичность ТО технологического оборудования и технических средств объектов системы нефтепродуктообеспечения и отдельных образцов этого оборудования выбирают практически, исходя из реальных условий эксплуатации, путем комплексного применения указанных методов.

Объемы ТО различного технологического оборудования и технических средств

Работы по ТО проводят в объемах и с периодичностью, которые регламентируют соответствующими правилами, причем каждый вид ТО включает в себя перечень (номенклатуру) выполняемых операций.

Установлены следующие виды технического обслуживания:

ЕТО - ежедневное (ежесменное) техническое обслуживание (Для проведения ЕТО не требуется использовать специальное оборудование. Этот вид обслуживания выполняет работник объекта);

ТО-1 - первое техническое обслуживание;

ТО-2 - второе техническое обслуживание.

Для выполнения ТО-1 и ТО-2 необходимо специальное оборудование, а выполняющий эти работы персонал (это специально обученные работники топливозаправочных комплексов и нефтескладов или бригады ремонтно-технических предприятий) должен иметь соответствующую подготовку.

Технологическое оборудование и технические средства подготавливают к эксплуатации в осенне-зимних и весенне-летних условиях одновременно с другими сооружениями, устройствами и оборудованием объекта (топливозаправочного комплекса или нефтесклада) и совмещают по срокам с очередным техническим обслуживанием. Периодичность технического обслуживания приведена в таблице 1.

Техническое обслуживание шасси, на котором смонтирован агрегат (автомобиля, автоприцепа), выполняют в сроки, установленные для данного вида подвижного состава.

Таблица 1 Периодичность различных видов технического обслуживания технологического оборудования

Оборудование	ЕТО	ТО-1	ТО-2
Топливораздаточные колонки	Ежедневно в начале и в конце рабочего дня (смены)	После отпуска 200 тыс. л. топлива, но не реже одного раза в 3 месяца	После отпуска 400 тыс.л. топлива но не реже одного раза в 6 мес.
Приёмораздаточные устройства	То же	То же	То же
Маслораздаточные колонки	Ежедневно	Не реже одного раза в 3мес.	Не реже одного раза в 6 мес.
Механизированные заправочные агрегаты* (за исключением автотопливозаправщиков, автотопливомаслозаправщиков)	Один раз в сутки перед выездом	То же	2 раза в год при переходе на осенне-зимний и весеннее – летний
Мотонасосные установки	Один раз в сутки в начале рабочего дня (смены)	То же	Не реже одного раза в 6 мес.

Резервуары с арматурой и коммуникациями	Ежедневно в начале и в конце рабочего дня (смены)	Через каждые 6 мес.	Через каждые 12 мес. Для резервуаров с дизельным топливом и через каждые 24 мес. для резервуаров с другими нефтепродуктами
---	---	---------------------	--

Выполняемые при технических обслуживаниях операции делят на две составные части: контрольную (диагностическую) и исполнительскую.

Контрольная часть обязательна, а исполнительную часть выполняют по потребности. Кроме того, в систему технических обслуживания входит также контрольный осмотр (КО), который проводят с целью проверки технического состояния технологического оборудования и технических средств в процессе их эксплуатации. КО выполняют перед началом работы. Он служит диагностической частью ежедневного технического обслуживания, а также во время перерывов в работе и по ее окончании. КО оборудования проводит персонал, эксплуатирующее соответствующее техническое средство или объект в целом (оператор топливозаправочного пункта, сливщик-наливщик нефтесклада, моторист мотонасосной установки, водитель автотопливозаправщика и т.п.).

При проведении КО выполняют, как правило, следующие операции:

- осмотр технологического оборудования, очистка его от пыли, снега, проливов нефтепродуктов;

- протирка стекол контрольно-измерительных приборов и смотровых приспособлений (индикаторов потока и т.п.);

- проверка герметичности всех соединений трубопроводов и арматуры;

- проверка плотности закрытия запорной арматуры;

- проверка исправности узлов заземления;

- проверка наличия топлива в баке, уровня масла в смазочной системе двигателя, уровня жидкости в системе охлаждения и т.п. (для технических средств, имеющих двигатель внутреннего сгорания (мотонасосные установки, механизированные заправочные агрегаты, транспортные автомобильные цистерны и т.д.).

Трудоемкость ТО

Для производства работ по техническому обслуживанию технологического оборудования топливозаправочных комплексов и нефтескладов (особенно в случае привлечения специализированных ремонтных предприятий) следует знать приблизительно трудоемкость этих операций. Эти данные, полученные опытным путем, приведены в таблице 2.

Годовой объем работ, необходимых для технического обслуживания оборудования в часах рабочего времени,

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{ТО1i} t_{ТО1i} + K_{ТО2i} t_{ТО2i})}{t_{\text{раб}} K_{\text{исп}}}, \quad (6.9)$$

где n - число марок технологического оборудования на объекте; $K_{ТО1i}$ и $K_{ТО2i}$ - число ТО-1 и ТО-2 оборудования i -й марки в течение года; $t_{ТО1i}$ и $t_{ТО2i}$ - трудоемкость ТО-1 и ТО-2 оборудования i -й марки в часах рабочего времени; $t_{\text{раб}}$ - продолжительность рабочего дня, ч; $K_{\text{исп}}$ - коэффициент использования рабочего времени.

Расстояние, км	10	20	30	40	50	60	70	80
Коэффициент использования	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78	0,75	0,70

Таблица 2 Примерная трудоемкость технического обслуживания технологического оборудования, в часах рабочего времени

Оборудование	ТО-1	ТО-2
Топливораздаточные колонки	4,0... 4,5	5,3... 5,8
Маслораздаточные колонки	3,0	3,3
Приемораздаточные устройства	5,2	5,4
Мотонасосные установки	4,0	5,3
Механизированные заправочные агрегаты	4,3	5,6
Резервуары с арматурой вместимостью, м ³ :		
5	4,9	9,9
10	5,0	10,0
25	5,5	10,5

Коэффициент использования рабочего времени применяют в случае проведения технических обслуживания рабочими ремонтного предприятия, и учитывает время нахождения рабочих в пути между этим предприятием и обслуживаемым объектом. Рассмотрим примерные значения этого коэффициента в зависимости от расстояния между ремонтным предприятием и объектом.

Технология проведения ТО

При проведении некоторых операций по техническому обслуживанию технологического оборудования необходимы соответствующие приборы, приспособления и установки.

Герметичность емкостей, трубопроводов, дыхательной и запорной арматуры проверяют путем их опрессовки (рис. 2).

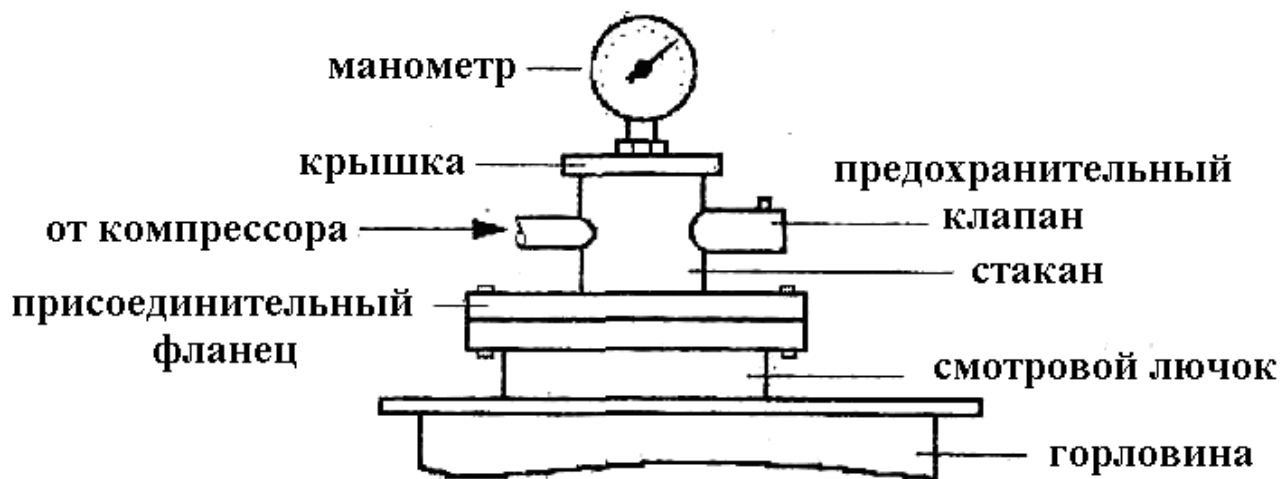


Рисунок 2 - Приспособление для пневматической опрессовки резервуаров и цистерн.

Опрессовка оборудования заключается в создании внутри испытуемого образца избыточного давления, значение которого определяется технической характеристикой этого образца. Резервуары, цистерны и другие ёмкости подвергаются обычно пневматической опрессовке т.е. избыточное давление в них создается путем подачи сжатого воздуха с помощью компрессора. Трубопроводы и установленная на них запорная арматура могут подвергаться как пневматической, так и гидравлической опрессовке. причем в качестве

опрессовочной жидкости может применяться перекачиваемый по трубопроводу нефтепродукт или вода.

Использование нефтепродукта для опрессовки трубопровода при проведении технических обслуживания предпочтительнее, так как использование воды связано с дополнительной операцией при сушке трубопровода после его опорожнения, а пневматическая опрессовка менее безопасна.

Независимо от вида опрессовки, методика испытаний на герметичность проверяемого оборудования заключается в выдержке его под давлением в течение определенного времени. Если при этом давление не падает, то оборудование считается выдержавшим испытания.

Герметичность клапанов давления и вакуума дыхательных клапанов проверяют с помощью манометра, а подачу контролируют с помощью мерной емкости и секундомера. При работе насоса на номинальном режиме измеряют давление в его напорном патрубке и время заполнения мерника. Эту операцию повторяют, как правило, 3 раза. Если отклонение полученных значений от паспортных данных находится в пределах, допустимых эксплуатационно-технической документацией, то насос считается выдержавшим испытания.

Герметичность клапанов давления и вакуума дыхательных клапанов и определение давления их открытия проверяют на специальной установке (рис. 2).

Испытуемый клапан устанавливают на стакан, после чего вентиль давления открываются, а вентиль вакуума закрывается. С помощью ручного насоса в стакане создается избыточное давление воздуха, и посредством мановакуумметра фиксируется его значение в момент открытия клапана давления. Затем вентиль давления закрывается, а вентиль вакуума и сливной кран открываются. В бачке по мере вытекания из него воды создается разрежение, и мановакууметром фиксируется его значение в момент открытия клапана вакуума.

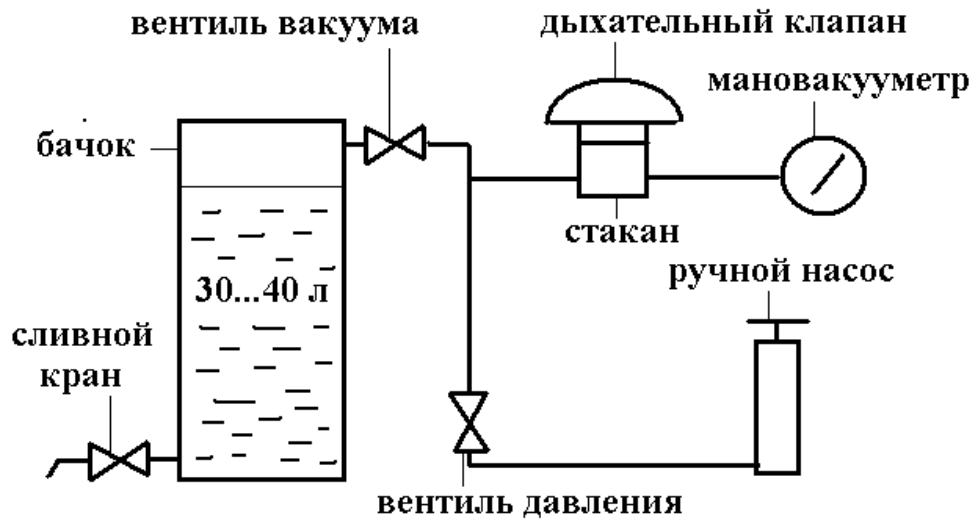


Рисунок 3 - Схема установки для испытаний дыхательных клапанов

Каждая операция повторяется, как правило, 3 раза. Если отклонение полученных значений давления и вакуума от паспортных данных находится в допустимых пределах, то кран считается выдержавшим испытания. В противном случае его регулируют путем подбора массы механических клапанов, изменения натяжения пружин пружинных клапанов.

Ограничитель уровня регулируют путем заполнения емкости, на которой он установлен, нефтепродуктом. В момент срабатывания ограничителя уровня фиксируется степень заполнения емкости, которая должна составлять 90.. .95 % ее полного объема, и при необходимости производится соответствующая регулировка.

Огневой предохранитель, внутренняя полость электродвигателя и другие сборочные единицы, которые при механической очистке могут получить повреждения, очищают от пыли и грязи путем продувки сжатым воздухом от компрессора, который подается к очищаемой полости через рукав, оснащенный специальной насадкой.

Остальные сборочные единицы и детали (сетки дыхательных и приемных устройств, внутренняя полость насоса, внутренние полости стыковочных узлов и т.п.) промывают керосином или водными растворами моющих средств с последующей сушкой.

Погрешность счетно-дозировочного устройства топливо- или маслораздаточной колонки проверяют с помощью образцового мерника. После выдачи определенного объема нефтепродукта в мерник определяют

соответствие заданной дозы выдачи и показаний счетчика реально выданному нефтепродукту. Эту операцию повторяют не менее 3 раз. При несовпадении показаний счетчика и объема нефтепродукта в мернике на значение, превышающее допустимое согласно паспортным данным колонки, последняя подлежит ремонту.

Наиболее сложной операцией, требующей применения специального оборудования и наличия соответствующих навыков у обслуживающего персонала, считают очистку резервуаров и цистерн.

Применяют разнообразные методы очистки резервуаров и других емкостей для нефтепродуктов, которые условно можно разделить на пять видов: ручные, механизированные, химические, химико-механические и биологические.

Ручные способы очистки используют простейшие приспособления (лопаты, скребки, масла, обтирочные материалы). Такие работы продолжительны во времени, связаны с большими материальными и трудовыми затратами, требуют усиленных мер защиты обслуживающего персонала. Наиболее распространена следующая последовательность работ при ручной очистке резервуара:

- пропарка емкости;
- промывка внутренней поверхности горячей водой из брандспойта при давлении 0,2... 0,3 МПа и температуре 30... 50 °С;
- откачка промывочной воды с отмытыми отложениями;
- удаление остатков вручную;
- протирка внутренних поверхностей.

При относительно низкой температуре и небольшом давлении струи остатки нефтепродукта, особенно высоковязкие, отмываются не полностью; увеличить давление воды и ее температуру не представляется возможным, так как это вызовет повышение температуры и влажности воздуха, а также содержание токсичных газов в очищаемой емкости, что резко ухудшает условия труда находящихся в этой емкости рабочих. Неполная промывка водой ведет к увеличению ручных операций, к которым относят удаление остатков из емкости вручную и протирку ее внутренних поверхностей. Однако ручная очистка резервуаров получила довольно широкое

распространение на небольших нефтескладах из-за простоты выполняемых операций, не требующих применения сложного оборудования.

Механизированные способы очистки включают в себя: механические (скребки, щетки и другие приспособления с электроприводом), и гидромеханические (моечные машины - гидромониторы, осуществляющие размыв отложений струями горячей или холодной воды, которая вместе с отмытыми загрязнениями откачивается из емкости насосами).

Моечные машины равномерно промывают струями воды внутреннюю поверхность резервуара без участия человека, что дает возможность повысить температуру воды до 80 °С и давление до 1 МПа. Поэтому гидромеханические способы очистки получили достаточно широкое распространение, хотя они имеют определенные недостатки: большой расход энергии для подогрева и подачи воды; недостаточно качественная очистка поверхностей емкостей при наличии высоковязких и твердых отложений; необходимость сброса большого количества воды в очистные сооружения, многие из которых работают недостаточно эффективно.

Чисто механические методы обычно применяют только при очистке вертикальных резервуаров большой вместимости и, как правило, не используют при очистке горизонтальных резервуаров.

Химические способы очистки основаны на использовании растворяющего действия некоторых химических препаратов по отношению к отложениям в резервуарах. Для этой цели применяют органические растворители и хлоропроизводные углеводородов. Химическая очистка довольно эффективна при повышенной температуре и интенсивном перемешивании растворителя в емкости, однако при нагреве органические растворители интенсивно испаряются; кроме того, они имеют довольно высокую стоимость, пожароопасны, токсичны и имеют избирательное воздействие на отложения, растворяя главным образом асфальтобитумные вещества. Поэтому органические растворители применяют ограниченно.

Хлорорганические растворители негорючи, обладают высокой растворяющей способностью ко всем нефтяным отложениям, однако, они

способны вызвать коррозию некоторых цветных металлов, разрушающе действуют на лакокрасочные защитные покрытия и уплотнительные материалы, а в определенных условиях способны выделять ядовитый газ - фосген. Из-за перечисленных недостатков применение хлорорганических растворителей ограничено. Для удаления нефтяных отложений химическим методом применяют также щелочные растворы, которые, взаимодействуя с содержащимися в осадке органическими кислотами, образуют мыла, эмульгирующие осадки в резервуаре. Наиболее распространенный реагент этого класса - раствор каустической соды. Щелочные растворы эффективны при удалении масляных компонентов, но слабо взаимодействуют с осадками, образующимися при хранении светлых нефтепродуктов. Образованные ими эмульсии трудноразрушимы с удаляемыми нефтяными осадками.

В связи с перечисленными причинами, химические методы очистки резервуаров и цистерн не нашли широкого применения на объектах Системы нефтепродуктообеспечения.

Химико-механические способы очистки на практике предпочтение отдают сочетанию механизированных (гидромеханических) и химических методов очистки. Преимущества: достаточно высокая эффективность и возможность сократить число технологических операций (предварительная водная промывка и пропаривание резервуара, вентиляция внутреннего пространства и т.п.). Однако использование этих методов требует определенных затрат на гидромеханическое оборудование и химические реагенты.

Наиболее эффективен из химико-механических методов очистки - эмульсионный, в основе которого лежит применение моющих препаратов на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ). Сущность этого метода заключается в одновременном гидромеханическом, тепловом и физико-химическом воздействии на отложения в резервуаре: нагретый раствор под давлением подается на промываемую поверхность с помощью моечных машин; здесь под действием ПАВ отложения отмываются, диспергируются и, образуя с моющим раствором легкоподвижную эмульсию, удаляются из резервуара. Образовавшиеся эмульсии после удаления из резервуара быстро разрушаются, расслаиваясь в отстойнике на

слой нефтепродукта, который всплывает, слой моющего раствора, пригодный к повторному использованию, и тяжелые частицы загрязнений, которые осаждаются на дно отстойника.

Биологические способы очистки основаны на использовании микроорганизмов, способных разрушать нефтепродукты и образованные на их основе химические соединения, находящиеся в различном агрегатном состоянии - жидком, полужидком (пластичном) и твердом. Процесс биологической утилизации нефтяных отложений происходит за счет усвоения микроорганизмами углеводов нефтяного происхождения и носит окислительный характер. При полном биологическом окислении конечные продукты - углекислый газ и вода, а при неполном окислении происходит рост биомассы.

Биологические методы очистки резервуаров еще недостаточно разработаны. Их недостаток - необходимость проведения дебактеризации после окончания процесса очистки и удаления из него биомассы. В противном случае оставшиеся в резервуаре микроорганизмы могут вызвать поражение залитого свежего нефтепродукта.

Контрольные вопросы:

- 1. Какими свойствами характеризуется эффективность использования изделия в производственных целях?*
- 2. Перечислите и охарактеризуйте методы определения периодичности ТО изделий?*
- 3. Перечислите виды ТО?*
- 4. Как определяется трудоемкость операций ТО?*
- 5. Перечислите операции проводимые при ТО?*
- 6. Как проверяется герметичность дыхательных клапанов?*
- 7. Как проверяется герметичность резервуаров и сосудов?*
- 8. Какие используются способы очистки резервуаров?*

4 Обеспечение безопасности при эксплуатации объектов системы нефтепродуктообеспечения

Экологическая безопасность автозаправочных процессов и систем определяется следующими источниками загрязнений:

- испарениями автоэксплуатационных материалов;
- утечками, разливами и сливами автоэксплуатационных материалов;
- отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания;
- бытовыми и хозяйственными отходами.

Испарение нефтепродуктов происходит вследствие «больших и малых дыханий» резервуаров и цистерн, заполнения топливных баков, утечек, разлива и слива.

Причинами утечек автоэксплуатационных материалов являются:

- переполнение резервуаров при сливе нефтепродуктов из автоцистерн;
- разъединение соединений в технологических обвязках и поломки в напорно-всасывающих трубопроводах резервуаров;
- переполнение топливных баков при заправке автомобилей;
- аварии на трубопроводах и обвязках колонок в результате старения металла;
- неисправности раздаточных кранов и повреждения напорных рукавов;
- неисправность сливо-наливных устройств резервуаров и дыхательных клапанов, разгерметизация люков резервуаров;
- износ оборудования по мере выработки нормативного ресурса;
- недостаточный уровень технической подготовки и дисциплины обслуживающего персонала;
- недостаточный надзор за соблюдением правил эксплуатации НС и оборудования.

Степень загрязнения нефтепродуктами в каждом конкретном случае зависит от совершенства технологических процессов на НС, свойств топлив, условий хранения, приема и заправки.

Загрязнение почвы и водоемов возможно сточными, ливневыми и талыми водами, содержащими нефтепродукты. Загрязненные воды фильтруются через толщу грунтов и достигают уровня грунтовых вод, где происходит их накопление и растекание по водоносному горизонту.

Факторы влияющие на пожарную безопасность.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», жидкости, способные гореть, делят на:

- легко воспламеняющиеся (ЛВЖ), имеющие температуру вспышки не выше 61 °С в закрытом тигле или 65 °С в открытом тигле;
- горючие (ГЖ) имеющие температуру вспышки выше 61 °С в закрытом тигле или 66 °С в открытом тигле.

В соответствии с международными рекомендациями ЛВЖ делят на три разряда:

- I разряд - особо опасные, с температурой вспышки минус 18 °С в закрытом тигле, или минус 13 °С и ниже в открытом тигле;
- II разряд - постоянно опасные, с температурой вспышки от минус 18 °С до плюс 23 °С в закрытом тигле, или выше минус 13 до плюс 27 °С в открытом тигле;
- III разряд - опасные при повышенной температуре, с температурой вспышки выше 23 °С до 66 °С в открытом тигле.

По этой классификации автомобильные бензины относят к I разряду особо опасных легко воспламеняющихся жидкостей; дизельные топлива - к горючим жидкостям, способным самостоятельно гореть после удаления источника зажигания.

Характеристики взрыво- и пожароопасных свойств:

- температура вспышки;
- температура воспламенения;
- температура самовоспламенения;
- область воспламенения газов или паров(температурные (ТПВ) и концентрационные пределы взрываемости (КПВ)).

Температура вспышки - температура вещества, при которой над поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхнуть в воздухе от источника зажигания, однако скорость образования паров или газов недостаточна для длительного горения. В зависимости от способа определения различают температуру вспышки *в закрытом тигле* и температуру вспышки *в открытом тигле*.

Температура воспламенения - температура, при которой жидкость (горючее вещество - ГВ), нагреваемая в стандартных условиях, загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 секунд. Эта температура на несколько градусов превышает температуру вспышки.

Температура самовоспламенения - температура, при которой вещество в стандартных условиях может воспламеняться без открытого пламени (более тяжелые углеводороды дизельного топлива самовоспламеняются при более низкой температуре, чем легкие термически стойкие углеводороды бензина).

Область воспламенения газов (паров) в воздухе характеризуется границами, в пределах которых смесь газа (паров) с воздухом способна воспламеняться от внешнего источника зажигания с последующим распространением пламени.

Границы области воспламенения выражаются концентрациями горючего вещества в смеси с воздухом: 1) в объемных процентах - концентрационные пределы воспламенения; 2) температурой - температурные пределы воспламенения.

Нижний концентрационный предел взрываемости горючих газов - *наименьшая* концентрация вещества в воздухе при атмосферном давлении, при которой смесь способна воспламеняться от внешнего источника зажигания с последующим распространением пламени на весь объем смеси, сопровождающимся взрывом.

Верхний концентрационный предел взрываемости горючих газов - *наибольшая* концентрация вещества при которой смесь теряет свою способность воспламеняться от внешнего источника зажигания.

В зависимости от значений нижних пределов производства подразделяются на две категории:

А- где применяются вещества, нижний предел взрываемости которых $< 10 \%$

Б- где применяются вещества, нижний предел взрываемости которых $> 10 \%$.

Автомобильные заправочные станции относятся к категории А.

Взрыво- пожароопасные свойства товарных нефтепродуктов зависят от химического и углеводородного состава продуктов, что связано с химическим составом сырья и технологией производства.

Возникновение пожаров и взрывов на АЗС зависит от многих обстоятельств, связанных со свойствами нефтепродуктов, организацией производства и внешних условий.

Основные причины пожаров и взрывов:

- применение открытого огня при ремонтах и осмотрах технологического оборудования;
- использование негерметичных осветительных приборов и арматуры;
- неисправность электропроводки;
- грозовые разряды;
- самовозгорание горючих веществ;
- электризуемость топлива.

Особую опасность в эксплуатации резервуаров, трубопроводов, и заправочных колонок представляет электризация топлива, которая может вызвать пожар.

В условиях эксплуатации НС топливо электризуется при:

- прокачке по рукавам и трубопроводам;
- прохождении через фильтры;
- ударе струи о твердую поверхность;
- разбрызгивании в воздухе при падении с высоты;
- контакте с шелковыми, шерстяными и синтетическими тканями.

Наэлектризованные частицы топлива отдают свои заряды поверхности цистерны или резервуара, и, если последние не заземлены, на их поверхности может накопиться статическое электричество напряжением в несколько тысяч вольт. Это опасно в пожарном отношении, так как напряжение в 300...500 В

уже может вызвать искру, температура которой способна воспламенить смесь паров топлива с воздухом.

Электризуемость зависит от содержания в топливе воды, продуктов окисления, механических примесей, присадок, наличия электрических и магнитных полей. Растворенная вода способствует электризации, а эмульсионная вода - препятствует. Влияние воды объясняется ее высокой адсорбционной способностью, а примесей (солей) - способностью проводить заряды.

Для предупреждения возникновения пожара от разряда статического электричества необходимо:

- надежно заземлять автоцистерны, трубопроводы и резервуары при сливе-наливе топлива;
- исключать заправку техники открытой струей и разбрызгивание топлива;
- не прерывать струю топлива при заправке,
- предупреждать образование паровоздушных горючих смесей.

Факторы влияющие на токсическую безопасность.

В автозаправочных процессах и системах применяются автоэксплуатационные материалы, которые являются вредными - ядовитыми веществами с различной степенью опасности для человека.

Ядами называются токсические вещества, которые, проникая в небольших дозах в организм человека, вызывают в клетках ткани химические изменения и болезненные явления (отравления). Яды по характеру своего действия делятся на:

- яды местного действия; в этом случае поражается только тот участок тела, на который они попали; такими действиями обладают кислоты, щелочи, хромовые соединения и прочие, вызывающие раздражение слизистых оболочек носа, гортани, бронхов и глаз;
- яды общего действия, проникающие в кровь; примером может служить окись углерода, которая вытесняет кислород из оксигемоглобина, образуя карбоксигемоглобин, т.е. такое соединение, которое не позволяет крови разносить кислород по организму человека, вследствие чего наступает кислородное голодание.

Наибольшую опасность из всех промышленных ядов представляют яды, обладающие канцерогенным действием, способные вызывать злокачественные опухоли.

Степень отравления зависит от химической структуры вещества, физического состояния человека в момент воздействия на организм, дисперсности, растворимости, концентрации, путей проникновения в организм, температуры производственной среды, индивидуальной чувствительности человека к действию яда, продолжительности воздействия и других факторов.

Отравления, вызванные действием токсических веществ, могут быть острые и хронические.

Острые отравления возникают при внезапном поступлении в организм больших доз токсического вещества.

Хронические отравления развиваются постепенно вследствие длительного воздействия токсических веществ малых концентраций и характеризуются стойкостью вызванных изменений в организме.

Все токсические вещества по биологическому действию их на организм человека условно делят на пять групп:

- 1) вызывающие прижигающие действия;
- 2) действующие на органы дыхания;
- 3) действующие на кровь;
- 4) действующие на нервную систему;
- 5) ферментные и обменные (протоплазматические яды).

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм все вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- первый - чрезвычайно опасные;
- второй - высокоопасные;
- третий - умеренно опасные;
- четвертый - малоопасные.

Норма содержания вредного вещества для каждого класса опасности установлена этим же стандартом.

К вредным веществам относят топливо, смазочные масла и специальные жидкости, которые при контакте с организмом человека, в случае нарушения правил техники безопасности, могут вызвать отравления, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

Бензины относят к 4 классу малоопасных вредных веществ. Этилированные бензины содержат в своем составе высокоопасное вредное вещество - тетраэтилсвинец. Автомобильные бензины раздражают слизистую оболочку и кожу человека. При работе с бензином следует применять индивидуальные средства защиты согласно типовым нормам.

Дизельное топливо относят к малотоксичным веществам 4 класса. Предельно допустимая концентрация паров топлива в воздухе рабочей зоны 300 мг/м³.

Минеральные масла представляют угрозу для здоровья человека в тех случаях, когда в них содержатся легкие углеводороды (бензин, бензол) или когда возможно образование масляного тумана (при нагревании, распыливании). Систематический контакт с маслом может вызвать острое или хроническое заболевание кожи тела.

Токсические свойства масел усиливаются с повышением их температуры кипения, кислотности, с увеличением в их составе ароматических углеводородов, смол и сернистых соединений, функциональных присадок, обладающих токсическими свойствами.

Мероприятия обеспечивающие экологическую безопасность

Объекты нефтепродуктообеспечения при их нормальной эксплуатации не принадлежат к основным загрязнителям природной среды, однако, они являются объектами повышенной экологической опасности, т.к. повсеместно нефтепродукты хранятся или транспортируются в больших количествах. Охрана окружающей природной среды является одной из основных задач системы промышленной безопасности нефтепродуктообеспечения.

С целью уменьшения опасности загрязнения окружающей среды нефтепродуктами при проектировании, размещении, строительстве и эксплуатации АЗС и нефтескладов предусмотрены соответствующие природоохранные мероприятия, основой которых являются федеральные законы: «Об охране окружающей среды» №7-ФЗ от 19 января 2002 г.; «Об отходах производства и

потребления», 1998 г.; и другие. Экологические требования отражены также в «Правилах технической эксплуатации автозаправочных станций», Министерство энергетики, 2001 г. и «Рекомендациях по контролю качества нефтепродуктов на автозаправочных станциях», 1997 г.

В условиях работы АЗС и нефтескладов возможно проведение ряда мероприятий, направленных на снижение потерь нефтепродуктов от испарения:

первое – улучшение метеорологических условий хранения: это обеспечивается

а) снижением температуры нагрева нефтепродуктов за счет рациональной окраски средств хранения и устройства навесов; так например, при окраске резервуара в серебристый цвет за год теряется от испарения бензина – 0,83 %, а при черной окраске 1,24 %

б) снижением перепада температур охлаждения резервуаров за счет заглубления среднегодовые выбросы бензинов при "больших дыханиях" составляют 0,5-0,6 кг/м³, а при «малых дыханиях» в 1 м³ паровоздушной смеси содержится до 2,5 кг бензина

второе – улучшение режимов работы средств хранения;

а) налив нефтепродуктов закрытой струей при низких температурах (утром и вечером); так если в автомобиль-цистерну заливать бензин открытой струей, то с каждым кубометром воздуха выходящем из цистерны в атмосферу будет уходить 2...3 кг бензина, а если закрытой струей, то не более 1 кг;

б) слив нефтепродуктов при повышенных температурах (днем);

в) хранение нефтепродуктов в полностью залитых резервуарах; так по данным ГОСНИТИ потери бензина от испарения в резервуарах, заполненных на 20 % в 32 раза больше, чем в резервуарах заполненных на 90%.

г) использование для хранения нефтепродуктов резервуаров и тары наибольшей емкости;

д) герметичность средств хранения и транспортирования через отверстие 1см² может в течение 1 ч теряться в виде паров до 1,5 кг нефтепродукта.

е) при операциях слива и налива применение оборудования для улавливания и рекуперации паров нефтепродукта (применение автоматических раздаточных

кранов АКС-38-Б и АКС-38-Р и АСУ (абсорбционная система улавливания и рекуперации паров бензина).

третье – устранение потерь в результате проведения качественного ТО

а) устранение неплотностей в местах соединений труб, рукавов, задвижек и вентилей (при утечке со скоростью две капли в секунду потери составляют 1350 кг в год);

б) ликвидация потерь от неполноты слива (достигается исправностью технологического оборудования);

в) уменьшение потерь от смешивания нефтепродуктов (это связано с нарушением правил обращения с нефтепродуктами)

четвертое – очистка сточных вод. Основным показателем работы очистных сооружений является качество очистки, которое характеризуется: концентрацией нефтепродуктов в воде не $>0,05$ мг/л, взвешенных частиц не $> 10,5$ мг/л. Для очистки применяются установки «Мойдодыр-1», «Модуль-ЭКО», УБК-1М и другие.

Мероприятия обеспечивающие пожарную безопасность.

Требования пожарной безопасности определены следующими документами:

- ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- НПБ 111-98 Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности и другие.

Пожарная и опасность загазованности промышленной территории, на которой хранятся нефтепродукты, связана с образованием зон с концентрацией предельных углеводородов, достигающей нижнего концентрационного предела воспламенения как при возможной аварии, так и при нормальном (регламентном) режиме работы технологического оборудования.

Для обеспечения пожарной безопасности на нефтескладах и АЗС необходимо применять следующие мероприятия:

- 1) Строгое соблюдение правил и норм пожарной безопасности;
- 2) Применение технологий обеспечивающих наименьшие потери нефтепродуктов при их транспортировании, сливе, хранении и выдаче;

3) Обеспечение исправности технологического оборудования (это связано со своевременным и качественным плановым проведением внешнего осмотра и технического обслуживания оборудования);

4) Применение современных систем пожарной сигнализации (для оперативного обнаружения очага возгорания, устанавливаются в помещениях) для этого используют:

а) тепловые извещатели (срабатывают при достижении порогового значения температуры, например: ИП-101-2 +60°C, МАК-1 +60±3 или +70±3°C);

б) дымовые извещатели (срабатывают при обнаружении дыма, например: ИП212-5, ИП 212-7 и др. бывают: точечные (радиоизотопные и опτικο-электронные) и линейные (ИК-луч);

в) световые извещатели (срабатывают на инфракрасное или ультрафиолетовое излучение открытого пламени, например: ИП 329-2)

5) Оснащение по установленным нормам средствами пожаротушения:

а) первичные средства пожаротушения: огнетушители, пожарные краны, асбестовое полотно, ящики с песком и пожарный щит.

Пенные (ОХП-10) и углекислотные (ОУ-8) огнетушители предназначены для тушения горения различных материалов, за исключением электроустановок.

Порошковые (ОП-10, ОП-100) в том числе электроустановок до 1000 В.

б) стационарные автоматические установки пожаротушения (в помещениях);

в) наружный противопожарный водопровод (не менее двух гидрантов) или водоем (емкостью не менее 100 м³ на расстоянии не более 200 м).

б) Обеспечение защиты от статического электричества:

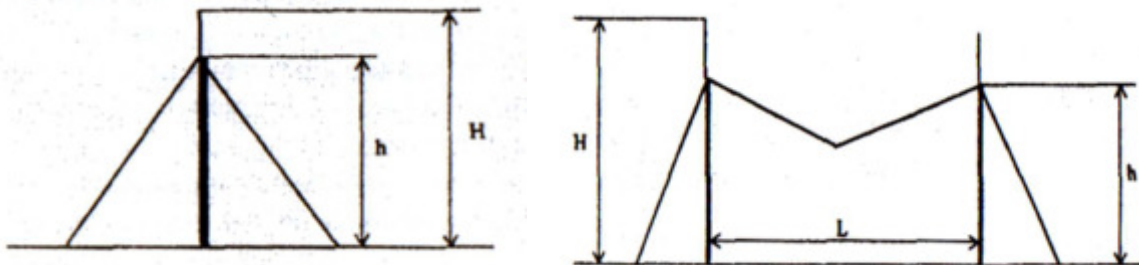
а) заземление всего технологического оборудования и автоцистерны, в том числе и рукавов. (Сопротивление заземляющего устройства не выше 100 Ом);

б) проведение слива и налива автоцистерны со скоростью нефтепродукта по трубам не более 3,5 м/с, при которой электризация жидкости не достигает уровня, достаточного для возникновения опасного искрообразования,

в) применение специальных нейтрализаторов статического электричества в жидкости;

г) применение конструктивных решений, снижающих параметры электрических полей в отсеках автоцистерны, в резервуара и трубопроводных коммуникациях.

7) Обеспечение молниезащиты: Защита от прямых ударов молний роводится в соответствии с требованиями «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87»



а) одиночный стержневой

б) двойной стержневой молниеотводы

H – высота стержневого молниеотвода ($H=11,5$ м), h – высота конуса зоны защиты $h=0,85 \cdot H$

Рисунок 3 – Схема молниеотвода

Если L больше $6H$, то молниеотводы следует рассматривать как одиночные.

Мероприятия обеспечивающие токсическую безопасность

Чтобы избежать отравления ядовитыми веществами, содержащимися в автоэксплуатационных материалах (бензин, диз. топливо, масла и др. технические жидкости) необходимо применять меры профилактики:

1) В помещениях, где ведутся работы с повышенными концентрациями паров моторных топлив, необходимо оборудовать приточно-вытяжные вентиляции;

2) Работы связанные с автоэксплуатационными материалами должны выполняться в спецодежде: прорезиненные перчатки, резиновые сапоги, комбинезон и т.д..

2) Работы по очистке резервуаров и цистерн от грязи и отложений должны выполняться в шланговых противогазах (ПШ-1, ПШ-2) и специальной защитной одежде;

3) Все работающие в атмосфере с большими концентрациями паров бензина обязаны проходить предварительный и периодический медицинский осмотр.

Особую осторожность необходимо применять при работе с этилированным бензином (тетраэтилсвинец-добавляется для повышения антидетонационных свойств бензина):

- все бочки, цистерны, с этилированным бензином подписываются «Этилированный бензин – яд»;
- этилированный бензин применять только как топливо для двигателей: ни в коем случае не мыть руки, детали машин, не чистить одежду и т.д.;
- в случае пролива этилированного бензина немедленно вытереть облитое место сухой ветошью, а затем смоченной в керосине;
- при попадании этилированного бензина на кожу немедленно вытереть ветошью смоченной в керосине, затем обмыть теплой водой с мылом;

Меры профилактики при работе с дизельным топливом такие же, как и при обращении с бензином.

Для предупреждения отравления этиленгликолем и этиленгликолевыми охлаждающими жидкостями необходимо строго соблюдать следующие правила:

- 1) К работе с этиленгликолевыми охлаждающими жидкостями допускать только лиц, ознакомленных с их свойствами;
- 2) На таре, где хранятся эти жидкости, делать надпись «Яд»;
- 3) Вести строгий контроль за расходом жидкости;
- 4) После работы с жидкостями, особенно перед приемом пищи, для предупреждения попадания этиленгликолевых смесей внутрь мыть руки с мылом;
- 5) Систематически проводить разъяснительную работу о токсичности антифриза и следить за соблюдением правил безопасности труда.

Контрольные вопросы:

1. *Источники загрязнения при проведении процессов заправки?*
2. *Перечислите причины утечек нефтепродуктов.*
3. *Какие факторы влияют на пожарную безопасность нефтескладов?*
4. *Что является причинами пожаров и взрывов нефтескладов?*
5. *Какие факторы влияют на токсическую безопасность при проведении заправочных операций?*

6. *Какие мероприятия позволяют обеспечить экологическую безопасность системы нефтепродуктообеспечения?*

7. *Какие мероприятия позволяют обеспечить экологическую, пожарную безопасность системы нефтепродуктообеспечения?*

8. *Какие мероприятия позволяют обеспечить токсическую безопасность системы нефтепродуктообеспечения?*

5 Основы ремонта изделий, эксплуатирующихся на объектах системы нефтепродуктообеспечения

Общие положения при ремонте технологического оборудования и технических средств

1. Возникновение неисправностей изделий

Воздействие на изделие или его составные части различных факторов приводит к изменению рабочих характеристик технологического оборудования и технических средств. Со временем эти изменения возрастают, становятся существенными и вызывают возникновение дефектов. Дефекты в зависимости от их значимости способствуют появлению повреждений (неисправностей) или отказов. Повреждения приводят к неисправному состоянию изделия при сохранении его работоспособного состояния, а при отказе наступает неработоспособное состояние.

Повреждение - это событие, заключающееся в нарушении исправного состояния изделия при сохранении его работоспособного состояния.

Отказ - это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния изделия.

Важно в случае возникновения отказа выявить причины его появления, что позволяет совершенствовать конструкцию изделий, оптимизировать условия их эксплуатации, уточнять объемы и сроки по техническому обслуживанию и т.д.

По причине возникновения отказы могут быть конструкционные, производственные, эксплуатационные и деградационные.

Конструкционный отказ - отказ, связанный с недостатками конструкции изделия или нарушением правил его проектирования.

Производственный отказ - отказ, возникающий из-за несовершенства процесса изготовления или ремонта изделия, а также нарушения технологии этого процесса.

Эксплуатационный отказ - отказ, возникающий из-за нарушения правил или условий эксплуатации изделия.

Деградационный отказ - отказ, обусловленный естественными процессами изнашивания, старения, коррозии и усталости при соблюдении всех правил и норм проектирования, изготовления и эксплуатации изделия. *Процессы, вызывающие деградационные отказы, рассмотрены в предыдущем курсе лекций.*

2. Виды ремонта

Повреждения и отказы технологического оборудования и технических средств устраняют ремонтом.

Ремонт - это комплекс мероприятий по восстановлению исправности или работоспособности изделий или их составных частей. В зависимости от характера отказов и повреждений, трудоемкости работ по их устранению и требуемой степени, восстановления ресурса работы изделия устанавливают различные виды ремонта.

Для технологического оборудования объектов системы нефтепродуктообеспечения и для сборочных единиц технических средств, эксплуатирующихся на этих объектах, применяют два вида ремонта – текущий и капитальный, а для технических средств транспортировки, заправки и перекачки - три вида ремонта - текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт выполняют для восстановления исправности или работоспособности изделия и его составных частей. Такой ремонт заключается в замене или восстановлении отдельных деталей и сборочных единиц (не более одной основной сборочной единицы). Его проводят при технических обслуживаниях непосредственно обслуживающий персонал с привлечением, в случае необходимости, ремонтных рабочих.

Средний ремонт служит для восстановления исправности или работоспособности и частичного восстановления ресурса работы изделия и состоит в замене или восстановлении от двух до половины основных сборочных единиц,

находящихся на техническом средстве, с обязательным контролем технического состояния остальных сборочных единиц. Средний ремонт выполняют обычно с помощью стационарных или передвижных ремонтных мастерских с привлечением обслуживающего персонала технического средства.

Капитальный ремонт предназначен для восстановления исправности и полного (или близкого к полному) ресурса работы изделия с заменой или восстановлением всех или большинства его сборочных единиц и с последующими испытаниями изделия на соответствие требованиям нормативно-технической документации. Капитальный ремонт выполняют на специализированных ремонтных предприятиях или, при ремонте стационарного технологического оборудования - специализированными ремонтными бригадами непосредственно на объекте.

Кроме перечисленных видов ремонта, для изделий, находящихся на длительном хранении может проводиться *регламентированный ремонт*, который заключается в проверке технического состояния этих изделий и замене сборочных единиц и деталей, срок службы которых меньше срока службы технического средства до его списания.

3. Показатели надежности при ремонте изделий

Важное свойство надежности изделия - его *ремонтпригодность*, заключающаяся в приспособленности изделия к восстановлению его работоспособного состояния путем ремонта.

Известно, что некоторые изделия, их части или детали не являются ремонтпригодными, т.е. после отказа не подлежат восстановлению и в случае отказа их заменяют на новые. К деталям, не подлежащим ремонту, относят, например, сигнальные и осветительные электролампы, платы микропроцессорных устройств, некоторые радиотехнические изделия и т.п.

В то же время, большинство изделий, сборочных единиц и деталей, используемых в системе нефтепродуктообеспечения, после утраты работоспособности поступают в ремонт. Ремонтпригодность оценивают по вероятности восстановления, среднему времени восстановления, средней трудоемкости восстановления и др.

Вероятность восстановления изделия - вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния изделия не превысит заданное значение. По статистическим данным вероятность восстановления определяется из выражения:

$$P(t_B) = \frac{n(t_B)}{N_B}, \quad (6.10)$$

где $n(t_B)$ - число изделий, время восстановления которых не превысило, заданного значения; N_B - число восстановленных изделий.

Среднее время восстановления - математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния изделия после отказа, т.е. по статистическим данным определяют из выражения

$$T_c = \frac{1}{N_B} \sum_{i=1}^{i=N_B} \tau_{Bi} \quad (6.11)$$

где τ_{Bi} , - время на восстановление i -го изделия, ч.

Средняя трудоемкость восстановления - математическое ожидание трудоемкости восстановления изделия после отказа, т.е. по статистическим данным вычисляют по формуле

$$T_t = \frac{1}{N_B} \sum_{i=1}^{i=N_B} S_{ti}, \quad (5.12)$$

где S_{ti} - трудозатраты на восстановление i -го изделия после отказа в часах рабочего времени.

В понятие ремонтпригодности наряду с контролепригодностью (приспособленностью изделия к постоянному контролю его основных рабочих параметров), приспособленностью к диагностированию и т.д. включают иногда такое свойство, как *обслуживаемость*, т.е. приспособленность изделия к техническому обслуживанию. Хотя это свойство реализуется не на стадии ремонта, а во время технической эксплуатации изделия, его оценивают по тем же показателям, что и ремонтпригодность, т.е. по формулам (6.10...6.12).

Контрольные вопросы:

1. Перечислите и охарактеризуйте виды отказов изделий?
2. Какие виды ремонта используются для восстановления изделий?

3. Какие показатели надежности используются при ремонте изделий?

4. Что такое ремонтпригодность?

6 Методы и технологические процессы ремонта изделий

Методы и технологические процессы ремонта

Наиболее полный вид ремонта - капитальный ремонт, остальные виды ремонта - его частные случаи. В зависимости от типа ремонтного производства на специализированном предприятии (массовое, единичное и т.п.) ремонт технологического оборудования и технических средств может быть организован одним из приведенных далее методов.

Поточный метод характеризуется специализацией рабочих мест и последовательным выполнением ремонтных операций. Изделия, их сборочные единицы и детали передаются от одного специализированного рабочего места к другому сразу после выполнения очередной технологической операции. Поточный метод обеспечивает высокую производительность труда и качество ремонта за счет высокой квалификаций специалистов, выполняющих одну технологическую операцию, однако этот метод применим при большом объеме ремонта однотипных изделий. Его, например, используют на ремонтных предприятиях при ремонте бочек.

Метод специализированных постов, или бригадно-узловой, характеризуется специализацией исполнителей по технологическому или предметному признаку. При технологической специализации бригада выполняет комплекс определенных операций, например, разборку или сборку изделия. При предметной специализации бригада ремонтирует отдельные сборочные единицы изделия, например, насосы, счетчики, фильтры и т.п. При подетальной специализации бригада восстанавливает детали определенной номенклатуры, например, корпусные детали, валы, тонкостенные оболочки и т.п. Метод специализированных постов применяют при мелкосерийном производстве, и он служит основным на ремонтных предприятиях системы нефтепродуктообеспечения.

Метод универсальных постов, или тупиковый, характеризуется выполнением работ на одном рабочем месте одной бригадой. При этом эффективность использования оборудования невысока, а квалификация специалистов должна быть высокой, так как им приходится выполнять различные технологические операции. Этот метод применяют на ремонтных предприятиях при единичном производстве, а также при проведении ремонтных работ непосредственно на объекте.

По характеру производственных операций ремонт может проводиться агрегатным, индивидуальным или смешанным методом.

Агрегатный, или обезличенный метод ремонта, состоит в том, что неисправные сборочные единицы и детали заменяют новыми или ранее отремонтированными (из оборотного фонда). При агрегатном методе ремонта можно значительно сокращать продолжительность ремонта, но требуется наличие оборотного фонда.

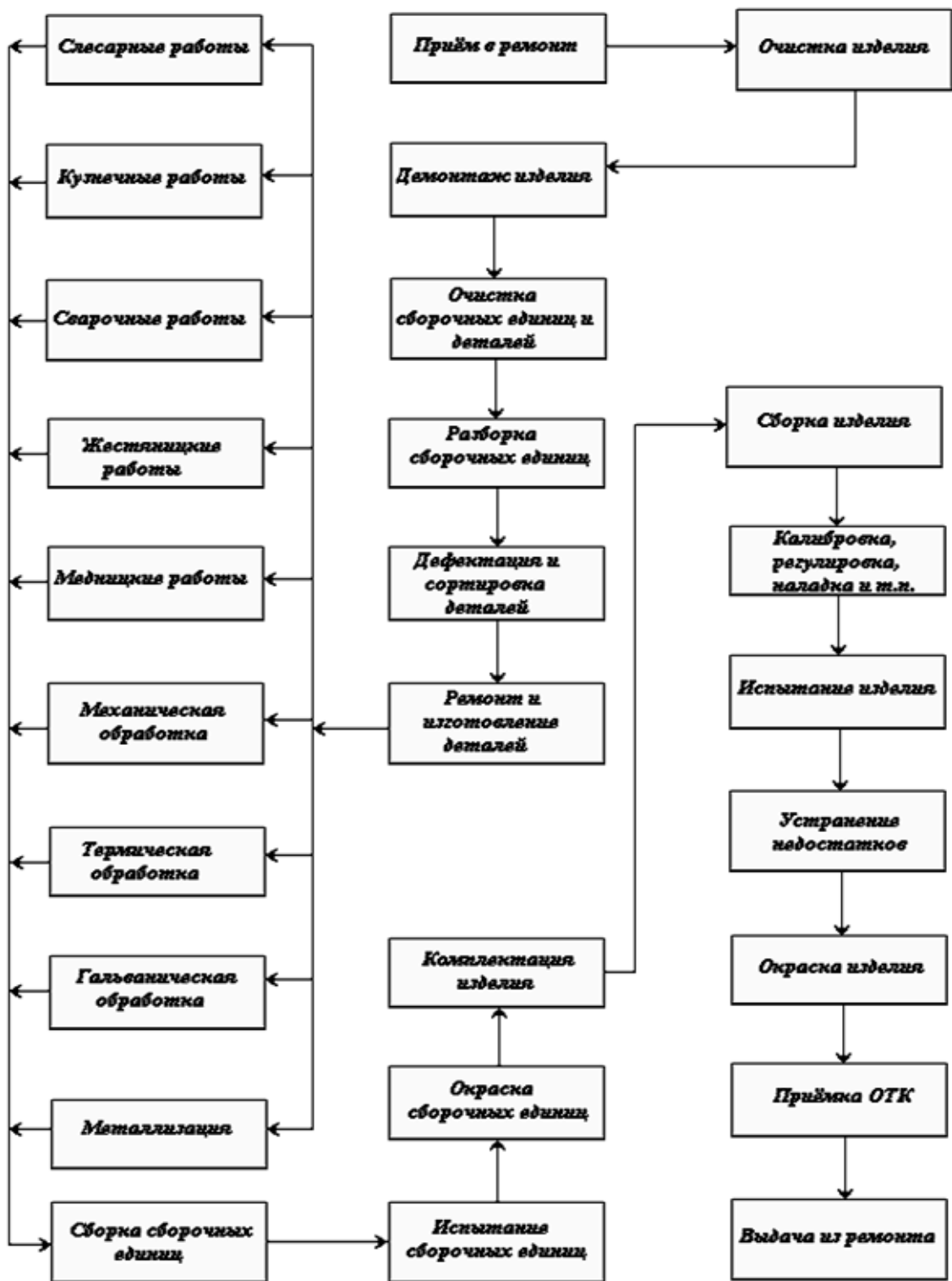


Рисунок 4 - Схема технологического процесса капитального ремонта изделий системы нефтепродуктообеспечения.

Индивидуальный метод ремонта заключается в восстановлении неисправных сборочных единиц и деталей изделия и последующей установке их на то же изделие. Продолжительность ремонта значительно больше, чем при агрегатном методе.

Смешанный метод представляет собой сочетание агрегатного и индивидуального методов и состоит в том, что часть сборочных единиц и деталей восстанавливают индивидуальным методом, а другие заменяют новыми или ранее отремонтированными.

Отдельные технологические операции по изменению состояния изделия составляют в совокупности технологический процесс (рис. 5) ремонта этого изделия.

Технологические операции при приёме изделий в ремонт

1. Общие положения

Прием технологического оборудования и технических средств в ремонт проводят в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Изделия принимают в ремонт, как правило, в укомплектованном виде. Допускается отсутствие заглушек, колпачков, крепежных резьбовых деталей, прокладок и т.п. Комплектность изделия отражается в акте его приемки в ремонт.

После приемки изделия в ремонт проводят его наружную очистку, а при необходимости - пропаривание и другие операции по обеспечению чистоты изделия и удаления из него взрыво- и пожароопасных компонентов нефтепродуктов.

2. Демонтаж и разборка

Изделие и его сборочные единицы демонтируют и разбирают на специальных рабочих местах, гарантирующих сохранность деталей и предупреждение их повреждения.

Несмотря на разнообразие изделий, эксплуатирующихся на объектах системы нефтеобеспечения, и сборочных единиц этой системы, разборочные операции носят типовой характер, и включают в себя развинчивание резьбовых соединений и распрессовку деталей, имеющих посадку с натягом.

Все детали разобранного изделия могут быть обезличены, кроме деталей, обработанных совместно при изготовлении изделия или его сборочной единицы. К таким деталям относят, например, корпус насоса с крышкой и проставкой, ведущую и ведомую конические шестерни, плунжерные и червячные пары,

рабочие органы шестеренных и винтовых насосов (обоймы и шестерни или винты) и т.п.

Сборочные единицы, детали которых соединены сваркой, клёпкой или посадкой с натягом, разбирают только в случае необходимости, например, при невозможности без разборки обеспечить высокое качество очистки или для замены каких-либо деталей, входящих в неразъемное соединение.

Цель разборки - расчленение изделия и его сборочных единиц на составные части, чтобы обеспечить возможность дефектации и ремонта отдельных деталей. В зависимости от вида ремонта разборка может быть полной или частичной

Необходимость той или иной степени разборки должна быть обоснована, так как в процессе разборки отдельные детали могут быть повреждены и потребуют ремонта или замены. Кроме того, в процессе разборки может быть нарушено взаимное расположение деталей и сборочных единиц, что потребует сложных регулировочных работ. Основанием для разборки может служить:

- дефектность одной или нескольких деталей соединения, требующих восстановления или замены;
- невозможность без разборки соединения провести дефектацию деталей и сборочных единиц, для которых характерно возникновение при эксплуатации недопустимых дефектов.

Процессы демонтажа и разборки часто бывают сложными и трудоемкими, что обусловлено рядом факторов:

- элементы изделий перед ремонтом часто имеют коррозионные повреждения и трудноразрушаемые отложения в плоскостях разъемов, деформации и повреждения соединённых поверхностей, неисправность крепежных деталей (обрыв болтов и шпилек, неисправности резьбы, смятие граней болтов и гаек, разработка шлицев валов и т.п.);
- отдельные сборочные единицы имеют значительные габаритные размеры и массу, при их размещении на изделии не возможно использовать грузоподъемные механизмы;
- из-за большого разнообразия конструкции изделий, эксплуатирующихся на объектах системы нефтепродуктообеспечения, затруднительно оснастить ремонтные

предприятия специальными приспособлениями для разборки всех агрегатов, сборочных единиц и деталей, что вынуждает применять малопроизводительные способы разборки с использованием универсального оборудования и инструментов.

В процессе разборки обычно соблюдают определенную последовательность. Вначале снимают те детали и сборочные единицы, которые могут быть легко повреждены. Затем демонтируют отдельные сборочные единицы, которые в дальнейшем разбирают на специализированных рабочих местах (верстаках, столах и т.п.).

Для большинства изделий в процессе разборки преобладают работы, связанные с разъединением разнообразных резьбовых изделий. Тугую резьбу рекомендуется смачивать керосином в течение 10... 15 мин или нагревать охватывающую деталь. При повреждении или закрасивании свободного конца резьбы целесообразно пройти его плашкой. Для вывинчивания шпилек применяют эксцентриковые ключи, захватывающие шпильку за ненарезанную часть, или две гайки. Оборванную шпильку можно высверлить, но после этого приходится нарезать резьбу большего диаметра или устанавливать ввёртыш.

Соединения с натягом выпрессовывают с помощью винтовых съемников и винтовых или гидравлических прессов. Для облегчения выпрессовки охватывающую деталь соединения можно подогреть, поместить в нагретое масло.

2. Методы очистки

Очистка сборочных единиц и деталей изделия заключается в удалении загрязнений с наружных и внутренних поверхностей до такого уровня чистоты, при котором остатки загрязнений не препятствуют проведению процессов разборки, дефектации и восстановлению этих сборочных единиц и деталей.

Для удаления загрязнений с очищенной поверхности используют механические и физико-химические методы очистки,

Механические методы удаления загрязнений основаны на приложении к загрязненной поверхности нормальных и тангенциальных сил, которые возникают при воздействии на эту поверхность жидкостных, гидроабразивных и воздушноабразивных струй или ручного и механического инструмента.

Физико-химические методы очистки заключаются в удалении или преобразовании загрязнений путем их растворения, эмульгирования, суспензирования и других физико-химических процессов.

Механические и физико-химические методы очистки могут использоваться самостоятельно или в различных сочетаниях.

Водоструйную очистку применяют для удаления с наружных поверхностей изделий пыли, грязи и маслянисто-грязевых отложений при содержании в них не более 35 % нефтепродуктов. Сила удара струи, H ,

$$P = m_0 v_0 (1 - \cos \alpha) = \rho \omega_0 v_0^2 (1 - \cos \alpha) \quad (6.13)$$

где m_0 - секундная масса жидкости, кг/с; v_0 - скорость истечения воды из сопла, м/с; α - угол отражения струи от точки встречи с поверхностью, рад.; ρ - плотность жидкости, кг/м³; ω_0 - живое сечение струи, набегающей на поверхность, м².

Скорость истечения, м/с, можно определить из выражения

$$v_0 = \psi \sqrt{2gH} \quad (6.14)$$

где ψ - коэффициент скорости, зависящий от формы отверстия и типа насадки ($\psi = 0,475 \dots 0,9$); H - напор, м.

Из выражения (6.13) видно, что скорость струи, а, следовательно, и сила ее удара зависят от напора. Скорость истечения жидкости из сопла связана также с расходом жидкости через насадку выражением

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{v_0}{\rho}, \quad (5.15)$$

где d - диаметр насадок, м; Q - расход жидкости, кг/с.

Таким образом увеличить силу удара струи можно, уменьшая размер сопла, увеличивая напор подаваемой жидкости или ее расход. Обычно наиболее эффективны тонкоструйные высоконапорные моечные устройства, однако уменьшение диаметра сопла менее 2,5 мм нецелесообразно.

Гидроабразивный способ отличается от водоструйной очистки тем, что в струю воды вводят абразивные вещества - кварцевый песок с размером частиц 0,8..

1 мм, в качестве основного энергоносителя применяют сжатый воздух, который обеспечивает высокую скорость абразивосодержащей жидкости.

Установки для гидроабразивной очистки механических поверхностей по способу подачи рабочей смеси делят на пневмоэжекторные (эжектирование смеси воздухом), монжюсные (выдавливание смеси из бака воздухом), насосные (перекачка смеси насосом с подачей воздуха к струйному устройству) и с отдельной подачей (подача абразива воздухом и смешивание его с водой в струйном устройстве). Широкому распространению гидроабразивного способа очистки препятствуют высокие эксплуатационные затраты при его применении.

Воздушноабразивная очистка состоит в обработке очищаемых поверхностей воздушной струей, содержащей кварцевый песок или металлическую дробь.

Пескоструйная очистка - весьма эффективный способ удаления с поверхности металла продуктов коррозии и подготовки её к окраске. Очищаемая поверхность приобретает равномерную шероховатость, способствующую лучшей адгезии лакокрасочных материалов. Для пескоструйной очистки обычно используют песок трех видов: крупный (диаметр зерна 1 ...2 мм), средний (0,6...0,8 мм) и мелкий (0,2...0,4 мм).

Ввиду вредного воздействия кварцевой пыли на организм человека целесообразно взамен песка использовать металлическую дробь. Обычно для очистки мелких деталей используют чугунную или стальную дробь с диаметром частиц 0,6...0,9 мм, для деталей средних размеров - 0,9... 1,6 и для тяжелых деталей - 1,6...4,5 мм. Дробеструйная очистка более дорогая по сравнению с пескоструйной, так как стоимость дроби в 40 и более раз больше стоимости песка, а расход дроби меньше расхода песка только в 4...10 раз. Кроме того, дробеструйная очистка непригодна для деталей из цветных металлов, так как проникающие в поверхностный слой железосодержащие частицы становятся центрами электрохимической коррозии.

Очистку ручным инструментом проводят с помощью различных скребков, щеток и т.п. Это наиболее простой, но наименее производительный способ

очистки. Его применяют для очистки таких деталей, для которых другие способы очистки неэффективны.



Рисунок 5 - Классификация факторов, влияющих на моющее действие

Очистка механизированным инструментом заключается в использовании для удаления загрязнений круглых щеток с приводом от электродвигателя, выполненного в виде жесткого или гибкого вала. В зависимости от назначения щетки выполняют проволочными (из стали, латуни и т.д.), волосяными, полимерными или травяными. Для очистки углублений на поверхности деталей используют торцевые щетки.

Физико-химические способы очистки основаны на применении специальных веществ, которые можно разделить на четыре класса: щелочные моющие вещества, синтетические моющие вещества, органические растворители и растворяюще-эмульгирующие средства.

Применение щелочных растворов (дешевой и недефицитной каустической соды) основано на свойстве щелочи при взаимодействии с нефтяными

углеводородами образовывать мыла, которые воздействуют на другие загрязнения, эмульгируя и способствуя их отмыванию от очищаемой поверхности. Однако моющее действие щелочных растворов недостаточно эффективно, а сами растворы токсичны и агрессивны по отношению к деталям из цветных металлов, поэтому применение щелочных растворов ограничено.

Синтетические моющие средства - многокомпонентные смеси, в состав которых входят поверхностно-активные вещества, электролиты и некоторые другие соединения. Механизм действия синтетических моющих веществ можно условно разделить на три стадии;

- смачивание моющим средством загрязнений и поверхности металла;
- эмульгирование и сомобилизация загрязнений в растворе;
- удаление загрязнений из зоны очистки.

Очистку органическими растворителями применяют для удаления асфальтосмолистых соединений. К числу органических растворителей относят керосин, уайт-спирит, спирты, бензин и т.д.

Эти вещества пожароопасны. В качестве растворителей применяют также хлорорганические соединения (трихлорэтилен, четыреххлористый углерод), которые вызывают сильную коррозию алюминиевых сплавов, а при взаимодействии с парами воды в присутствии открытого пламени образуют ядовитое вещество - фосген.

Применение органических растворителей в ремонтном производстве ограничивается их избирательностью по отношению к различным загрязнениям, пожароопасностью и токсичностью большинства из них, сравнительно высокой стоимостью.

Растворяюще-эмульгирующие средства - это многокомпонентные составы на основе растворителей, которые получили более широкое распространение. Для удаления асфальтосмолистых отложений применяют растворяюще-эмульгирующие средства, на основе нефтяных углеводородов с добавлением поверхностно-активных веществ (смачивателей, эмульгаторов и т.п.). Эти средства пожароопасны. Для удаления асфальтосмолистых отложений и старых лакокрасочных покрытий используют растворяюще-эмульгирующие средства на основе хлорированных

углеводородов с добавкой смачивателей, эмульгаторов, стабилизаторов и т.п. Эти средства непожароопасны, но токсичны. Поэтому, хотя скорость очистки деталей от загрязнений в растворяюще-эмульгирующих средствах в 8... 10 раз выше, чем при использовании водных растворов синтетических моющих средств, указанные свойства наряду со значительной стоимостью ограничивают применение растворяюще-эмульгирующих средств.

Кроме перечисленных способов используют также *термический* (путем нагрева загрязнений до температуры, при которой они сгорают или теряют связь с очищаемой поверхностью), *электрохимический* (путем обработки деталей в электролитической ванне, главным образом перед нанесением гальванических покрытий) и некоторые другие (например, применение пароструйных установок высокого давления для наружной очистки изделий) способы очистки деталей.

Дефектация деталей

Общие положения

После очистки детали дефектуют для определения их качественного состояния и сортируют на годные к дальнейшему использованию, требующие восстановления и негодные, дефекты или износы которых не подлежат восстановлению.

К *годным* относят детали, дефекты или износы которых находятся в допустимых пределах и не препятствуют их дальнейшему использованию. Эти детали направляют на комплектацию изделия после ремонта.

К *требующим ремонта* относят детали, дефекты или износы которых имеют предельные значения или превышают допустимые нормы, что делает невозможным их установку в соответствующие соединения. Эти детали направляют на восстановление.

К *негодным* относят детали, ремонт которых невозможен или нерационален. Эти детали направляют в утиль.

Отнесение деталей к группе негодных является условным и зависит от возможностей ремонтного предприятия (наличия оборудования и квалификации персонала), ресурса восстановленной детали (он должен быть не менее 80 % ресурса новой детали), себестоимости ремонта детали (она должна быть

не выше стоимости новой детали), расходов на эксплуатацию восстановленной детали (они должны быть не выше расходов на эксплуатацию новой детали).

2. Виды дефектов и измерительный инструмент для его определения

К дефектам (детали не соответствуют требованиям нормативно-технической документации) относят: изменения размеров и геометрической формы рабочих поверхностей; нарушение точности взаимного расположения соединенных деталей; механические и коррозионные повреждения; изменение физико-механических свойств материала деталей.

Дефекты могут быть *явными*, которые могут быть обнаружены в результате наружного осмотра (визуального и обмером с помощью инструментов, в отдельных случаях - с применением приспособлений), и *скрытыми*, требующими использования специальных методов контроля.

В результате наружного осмотра могут быть обнаружены следующие дефекты:

- механические повреждения (трещины, вмятины, пробоины, царапины, задиры, ослабление заклепок и т.п.);
- коррозионное разрушение поверхностного слоя;
- некоторые виды износа (например, питтинг);
- перегрев деталей (наличие цветов побежалости);
- отслоение защитных и декоративных покрытий.

Поверхности, находящиеся вне прямой видимости, осматривают с помощью зеркал, для осмотра внутренних полостей через узкие отверстия применяются эндоскопы.

В процессе осмотра используют вспомогательные средства, например, простукивание молотком для выявления плотности посадки штифтов и наличия малозаметных трещин.

При обмере деталей выделяют дефекты двух видов: износ и деформацию. Износ практически никогда не бывает равномерным и приводит к отклонениям от правильной геометрической формы (для цилиндрических деталей это эллипсность, конусность, бочкообразность), которые выявляют замером в нескольких поясах и во взаимно перпендикулярных плоскостях. Размерный контроль в значительной

степени зависит от выбора измерительного инструмента. В процессе дефектации на ремонтных предприятиях применяют следующий измерительный инструмент:

- штриховые (измерительные линейки, складные метры, рулетки) с точностью отсчета 0,5 мм);
- кронциркули и нутромеры с точностью отсчета 0,5 мм;
- раздвижные с линейным нониусом (штангенциркули, штангенглубиномеры, рейсмусы, зубомеры и т.д.) с точностью отсчета от 0,1 до 0,02 мм;
- микрометрические (микрометры, микрометрические нутромеры и т.д.) с точностью отсчета 0,01 мм;
- рычажно-механические (миниметры, индикаторные нутромеры, рычажные скобы и т.д.) с точностью отсчета от 0,01 до 0,001 мм;
- одномерные линейные (калибры, шаблоны, резьбомеры, щупы и т.д.), точность которых зависит от класса точности и колеблется в значительных пределах,
- для измерения углов и конусов (угольники, угломеры, угловые калибры и т.д.), точность которых тоже зависит от точности их изготовления;
- для контроля прямолинейности и плоскостности (лекальные линейки, поверочные плиты, призмы, уровни, отвесы, нивелиры и т.д.).

Нужный инструмент выбирают исходя из требования, согласно которому общая погрешность измерений не должна превысить 20 % величины поля допуска на размер.

3. Методы выявления дефектов

Для выявления скрытых дефектов в деталях применяют физические, капиллярные и другие методы. К физическим методам относятся магнитный, ультразвуковой, рентгеновский, люминесцентный.

Метод магнитной дефектоскопии используют для обнаружения поверхностных и расположенных близко к поверхности трещин раковин и других несплошностей в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов. Он основан на изменении величины и направления магнитного потока, проходящего через деталь, в местах имеющих в ней дефектов. Для фиксации этих изменений

применяют магнитный порошок, нанесенный на поверхности детали. Благодаря такому методу можно обнаружить трещины шириной до 0,001 мм.

Ультразвуковой метод обнаружения скрытых дефектов основан на свойстве ультразвука проходить через однородные материалы и отражаться от границы раздела двух сред. В зависимости от способа приема сигнала различают два метода ультразвуковой дефектоскопии - метод просвечивания (теневого) и метод отраженного излучения. Первый метод используют при двухстороннем доступе к детали, и он основан на образовании позади дефекта звуковой тени, вследствие чего ультразвуковые колебания не достигают приемника, установленного с противоположной от излучателя стороны детали. Второй метод позволяет производить дефектацию детали при доступе к ней с одной стороны. Излучатель и приемник находятся по одну сторону детали. Ультразвуковые колебания, отразившись от противоположной стороны детали, возбуждают электрический сигнал. При наличии дефектов появляются дополнительные сигналы, по величине которых и расстоянию от основного сигнала можно определить размеры дефекта.

Рентгеновский метод сводится к просвечиванию деталей и сборочных единиц без их разборки. Проходя через непрозрачные тела, рентгеновские и гамма-лучи теряют интенсивность, а если на пути луча встречается пустота (раковина или трещина), интенсивность излучения снижается на меньшую величину. Это дает возможность увидеть внутреннее строение детали на фотопленке или экране. Рентгеновский и гамма-методы примерно равноценны по разрешающей способности. Преимущество рентгеновского метода - возможность просвечивания деталей различной толщины, недостатки - сложность и громоздкость аппаратуры. Аппаратура для гамма-контроля проста и малогабаритна, его недостатки - длительная экспозиция, малая чувствительность при дефектации тонких деталей, жесткие требования к защите от облучения.

Люминесцентный метод дефектоскопии применяют для выявления поверхностных трещин и пор в деталях, выполненных в основном из немагнитных материалов. Этот метод основан на капиллярном проникновении флюоресцирующей жидкости в трещины и поры. При последующем облучении

поверхности ультрафиолетовыми лучами нанесенный на нее проявляющий порошок, пропитанный жидкостью, будет ярко светиться, обозначая границы трещины. С помощью люминесцентных дефектоскопов можно выявить трещины шириной от 0,01 мм.

Капиллярные методы также используют для обнаружения дефектов, выходящих на поверхность детали. Пустоты материала детали при контроле заполняются жидкостью, наличие которой легко может быть обнаружено. В ремонтном производстве нашли применение *методы керосиновой пробы для деталей и для оболочек*, а также *метод красок*.

Метод керосиновой пробы для деталей заключается в том, что деталь смачивают керосином, после выдержки насухо протирают и покрывают слоем мела, на котором проявляются трещины и другие пустоты. Посредством этого метода можно обнаруживать трещины шириной от 0,05 мм.

Метод керосиновой пробы для оболочек заключается в нанесении на наружную сторону оболочки мелового покрытия и обильном смачивании внутренней ее поверхности керосином. Керосин, проникая через трещины и поры, проявляется на меловой пленке в виде темных пятен.

Метод красок основан на свойстве жидких красящих веществ к взаимной диффузии. Для обнаружения трещин на контролируемую поверхность наносят красящую жидкость (краситель «Судан», растворенный в керосине или бензоле с добавлением других веществ), затем красящую жидкость сливают, а на поверхность наносят проявитель - жидкую суспензию, образующую при высыхании белую пленку (обычно используют меловую суспензию или белую краску на основе цинковых белил). Через несколько минут на проявителе появляется рисунок трещины. Благодаря этому методу можно обнаружить трещины толщиной от 0,005 мм.

При ремонте изделий, эксплуатирующихся в системе нефтепродуктообеспечения, используют следующие методы контроля герметичности: гидростатический, пузырьковый, манометрический, вакуумный, визуальных следов, пробных газов и др.

При гидростатических испытаниях конструктивный элемент заполняется водой и давление в нем повышается до контрольного (1,25... 1,5 значения рабочего давления). При наружном осмотре возможно обнаружение подтеканий и отпотин.

Пузырьковый метод контроля герметичности заключается в создании внутри контролируемого объекта давления газа, после чего сборочные единицы небольших размеров погружаются в жидкость, крупногабаритные конструкции покрываются снаружи мыльным раствором. Признак негерметичности - образование пузырьков в дефектных местах.

Манометрический метод контроля основан на регистрации изменения давления газа или жидкости в контролируемой емкости.

Вакуумный метод контроля сварных швов нашел широкое применение в случаях, когда доступ возможен только с одной стороны конструкции (например, днище вертикального резервуара). На зачищенный шов, смоченный мыльным раствором, устанавливают камеру с крышкой из органического стекла, в которой создается разрежение около 500...600 мм рт.ст. В местах, где через дефекты шва проходит воздух, образуются мыльные пузырьки или пена.

Метод визуальных следов заключается в заполнении контролируемого объема веществом, подтекание которого легко фиксируют при визуальном наблюдении. Индикаторами служат цветные дымы или аммиачные смеси. Последние используют совместно с индикаторной бумагой, накладываемой на контролируемые места (например, сварные швы), или совместно с раствором фенолфталеина, которым опрыскивают контролируемые места.

Метод пробных газов основан на регистрации и измерении подтеканий газов, концентрация которых в атмосфере легко определяется с помощью катарометрических, галоидных или гелиевых течеискателей. При катарометрическом методе, основанном на сравнении теплопроводностей пробного газа, вытекающего через неплотности, и атмосферного воздуха, используют водород, гелий, аргон, диоксид углерода, фреон. При галоидном методе применяют летучие галоидные соединения (входящие, например, в состав фреона), которые в определенных условиях резко увеличивают эмиссию

положительных ионов в специальном устройстве, что фиксируется в виде увеличения силы тока.

В гелевых течеискателях используют масспектрометрический метод разделения газов, что позволяет определить концентрацию ионов гелия в воздухе.

Для определения границ трещин, обнаруженных одним из перечисленных способов, вдоль трещин крейцмейселем прорубают узкую канавку до тех пор, пока будет отделяться двойная стружка, свидетельствующая о наличии трещины. Когда начнет отделяться одинарная стружка, рубку прекращают и в конце трещин делают контрольное сверление. Необходимо тщательно осмотреть внутреннюю поверхность просверленного отверстия и убедиться, что трещина заканчивается. Аналогично определяют другой конец трещины.

Методы восстановления деталей

Изделия и их сборочные единицы, поступающие в ремонт, имеют значительное число деталей, которые могут быть использованы повторно после их восстановления. Себестоимость восстановления деталей составляет 10...50 % стоимости новых, так как значительно снижаются затраты на материал и исключаются затраты на изготовление заготовки (затраты материалов при восстановлении деталей составляют в среднем 3...5 % массы этих деталей). В ряде случаев необходимость восстановления деталей вызвана дефицитом новых запасных частей.

Таблица 3 Методы восстановления деталей

Метод	Область применения
Сварка	Устранение механических повреждений: трещин и пробоин оболочек резервуаров, цистерн и т.п.; отколов корпусных деталей
Наплавка	Нанесение металлических покрытий на изношенные поверхности корпусных деталей и рабочих органов насосов, задвижек, клапанов и т.п.; на цилиндрические поверхности валов, осей и т.п.
Слесарная обработка	Правка погнутых деталей, восстановление резьбы, притирание изношенных поверхностей и т.п.
Механическая обработка	Изготовление и постановка дополнительных деталей для посадочных отверстий, изношенной резьбы и т.п.; обработка под ремонтные размеры цилиндров поршневых насосов, шеек

	валов и т.п.
Применение полимерных материалов	Заделка трещин и пробоин, склеивание деталей, восстановление изношенных поверхностей, герметизация неподвижных соединений
Пластическое деформирование	Устранение прогибов валов и т.п.; восстановление размеров втулок и т.п.; восстановление прочности и износостойкости поверхностей
Металлизация напылением	Наращивание изношенных поверхностей валов и т.п.; устранение трещин, раковин и пор в корпусных деталях; восстановление, внутреннего антикоррозионного покрытия резервуаров, цистерн и т.п.
Нанесение гальванических покрытий	Восстановление изношенных поверхностей хромированием и железнением; защита от коррозии цинкованием, кадмированием, никелированием; улучшение приработок поверхностей трения лужением, меднением и т.д.

Выбор метода восстановления (табл. 3) в каждом случае определяют конструкцией детали, характером ее повреждения, наличием и возможностями оборудования ремонтного предприятия, уровнем подготовки работающих на нем специалистов, достигаемым ресурсом работы восстановленных деталей и затратами при выбранном методе восстановления.

Детали и сборочные единицы, подлежащие ремонту, в зависимости от габаритных размеров, геометрической формы, материала, характера дефектов и методов их восстановления подразделяют на классы, что дает возможность разрабатывать и применять для их восстановления типовые технологические процессы и таким образом сократить объем технической документации, использовать типовое оборудование и оснастку, повысить производительность и качество восстановительных работ, снизить себестоимость ремонта.

Детали подразделяют на корпусные, валы, диски, трубы и тонкостенные оболочки, ремонт сборочных единиц сводится к восстановлению работоспособности соединений.

К корпусным деталям относят корпуса насосов, подшипников, запорно-регулирующей арматуры, картеры редукторов и т.п. Обычно корпусные детали восстанавливают совместно с крышками, если они предусмотрены конструкцией изделия.

Особенность конструкции корпусных деталей - наличие большого числа отверстий, фланцев, привалочных поверхностей, к точности и чистоте обработки

которых, а также к их взаимному расположению предъявляют жесткие требования. В процессе эксплуатации в корпусных деталях появляются механические повреждения: трещины и пробоины; обрыв болтов и шпилек; срез или износ резьбы в отверстиях, коробление привалочных поверхностей; износ посадочных поверхностей под подшипники и втулки; задиры и износ рабочих поверхностей с подвижными посадками (зеркало цилиндров поршневых насосов, обоймы шестеренных и винтовых насосов, гнезда клапанов и т.п.).

Ремонт корпусных деталей начинают со слесарно-механических и сварочных работ; удаления оборванных болтов и шпилек, заварки отверстий с изношенной или сорванной резьбой, заварки трещин и пробоин, приварки вставок и т.п. Трещины, сколы и пробоины корпусных деталей могут заделываться также полимерными клеями, пайкой медью или медно-цинковыми припоями.

Оборванные болты и шпильки удаляют высверливанием. Изношенная или сорванная резьба в отверстиях восстанавливается заваркой отверстия с последующим рассверливанием и нарезанием резьбы номинального размера, или же рассверливанием и нарезанием резьбы увеличенного размера (рис. 4.4). При незначительном повреждении резьбы, когда сорваны одна-две нитки, ее можно править с помощью метчика номинального размера.

Заделку трещин выполняют сваркой, пайкой, заклежкой. Наиболее универсальными при восстановлении деталей считают газовую сварку и ручную электродугую сварку с использованием постоянного и переменного тока, а для восстановления корпусных деталей из алюминиевых сплавов - ручную электродугую или полуавтоматическую сварку в среде аргона. Для сварки нержавеющей сталей чаще всего применяют электродугую сварку в среде аргона или углекислого газа.

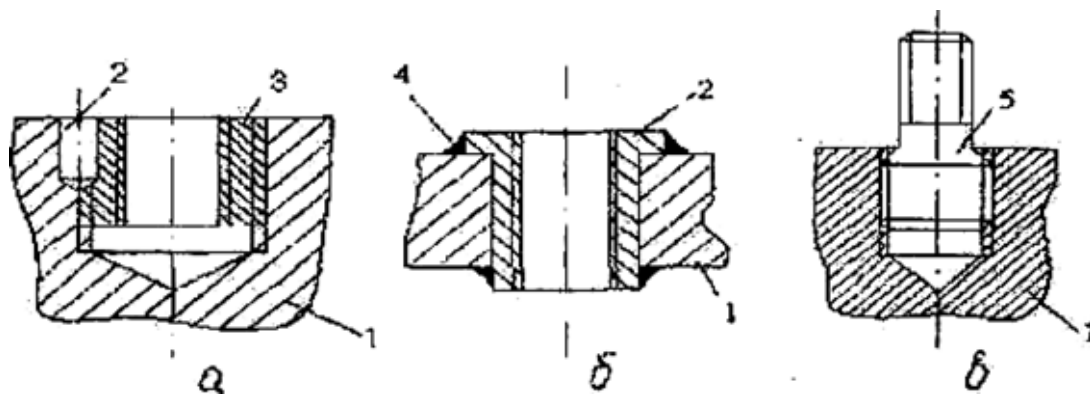


Рисунок 6 - Ремонт резьбы: *а* и *б* - установкой резьбовой и приварной втулки; *в* - нарезанием резьбы увеличенного размера; 1 - корпус; 2 - стопорный штифт или винт; 3 - втулка; 4 - сварной шов; 5 - ступенчатая шпилька

Газовую (ацетиленоxygenную) сварку используют, как правило, для стыковых соединений небольшой толщины. При электродуговой сварке постоянным током обеспечивается более устойчивая электрическая дуга, чем при сварке переменным током, но требуется более сложное оборудование и значительный расход электроэнергии.

При восстановлении стальных корпусных деталей сваркой трещины и отверстия перед заваркой разделяют. При толщине стенки менее 5 мм трещину можно не разделять, при толщине до 1.2 мм и свыше 12 мм проводят соответственно V- и X-образную разделку (рис. 7).

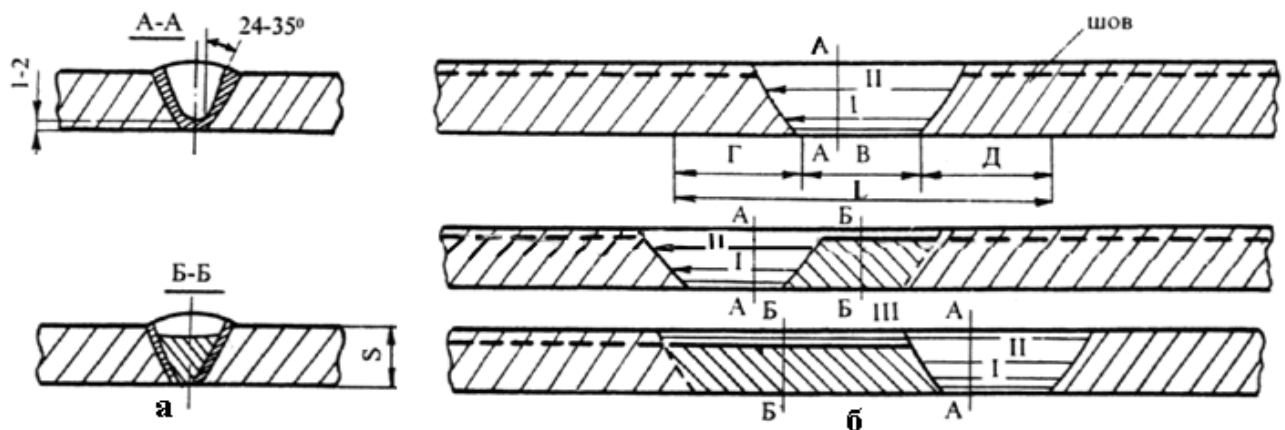


Рисунок 7 - Подготовка трещин (*а*) и отверстия (*б*) к заварке

При восстановлении корпусных деталей из чугуна сваркой трудность заключается в образовании твердого и хрупкого шва, неподдающегося механической обработке, из-за быстрого охлаждения наплавленного металла. При неравномерном нагреве или охлаждении в чугунных деталях возникают большие внутренние напряжения, способствующие образованию трещин. В расплавленном состоянии чугун обладает текучестью, что затрудняет сварочные работы на негоризонтальных поверхностях. Для предотвращения этих явлений перед сваркой чугунные детали можно частично или полностью нагревать, а после сварки медленно охлаждать. Снижение внутренних напряжений в зоне сварки достигают также проковкой шва в горячем состоянии и уменьшением объема наплавленного металла, а для замедления скорости охлаждения сварной шов

засыпается слоем золы или древесного угля и закрывается несколькими слоями асбестовой ткани.

Ручную электродугую сварку применяют при ремонте толстостенных литых чугунных деталей и ведут на высокой скорости обратноступенчатым способом короткими участками длиной 40...50 мм (рис. 8).

Холодную электродугую сварку чугуна (без предварительного нагрева) ведут также обратноступенчатым способом, однако температура нагрева восстанавливаемой детали не должен превышать 80... 100 °С.

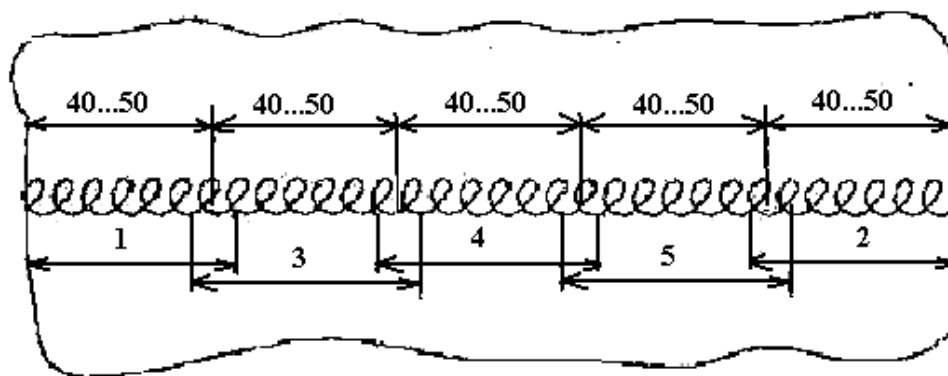


Рисунок 8 - Последовательность наложения швов при сварке чугуна: 1...5 - номера участков

При заделке пробоин в стенках чугунных корпусов с помощью сварки устанавливают стальные заплаты, под которые делают круглый или прямоугольный с закругленными углами вырез. Обычно от краев пробоин расходятся мелкие трещины, поэтому границы выреза отстоят от краев пробоины не менее чем 15 мм. Заплаты делают выпуклыми, чтобы компенсировать тепловые расширения при сварке. При постановке заплаты сварку ведут по участкам, длина каждого из которых не должна превышать 20...30 мм (рис. 9).

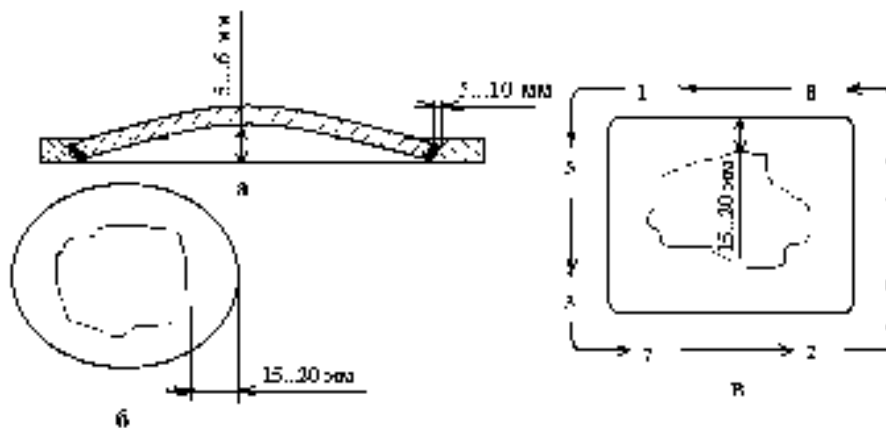


Рисунок 9 - Заделка пробоины в чугунном корпусе стальной заплатой: *а* - схема установки заплаты; *б* и *в* - круглый и прямоугольный вырезы под заплату: (1...8-порядок наложения сварных швов по участкам)

Сварка корпусных деталей из алюминиевых сплавов затрудняется наличием на поверхности детали оксидной пленки, которая осложняет процесс сварки. Вследствие высокой теплопроводности алюминиевых сплавов для их сварки требуется мощные источники теплоты или предварительный подогрев. Вследствие большого коэффициента усадки алюминиевых сплавов (1,8 %) при остывании места сварки возможно образование трещин или коробление.

Детали из алюминиевых сплавов восстанавливают газовой сваркой, электродуговой сваркой постоянным током при обратной полярности или аргонодуговой сваркой. Преимущества последней заключаются в надежной защите зоны сварки от окружающего воздуха, максимальном сохранении химического состава металла в сварочном соединении, концентрированном воздействии дуги, обеспечивающем минимальные температурные напряжения в детали и исключающем необходимость ее предварительного подогрева.

Для восстановления деталей из нержавеющей стали чаще всего применяют электродуговую сварку в среде аргона или углекислого газа. При использовании защитных газов предохраняется выгорание легирующих элементов в зоне шва, структура металла в котором идентична структуре металла детали. После сварочных работ сварные швы и околошовные зоны деталей из нержавеющей сталей подвергают химическому травлению с целью очистки их от оксидов, окалина и цветов побежалости, выявления возможных дефектов шва, и.

повышения его устойчивости против коррозии. Для химического травления применяют раствор из 30 % соляной, 20 % серной, 20 % азотной кислоты и 30 % воды (в единицах массы), который наносят на предварительно обезжиренный сварной шов при температуре 40...50 °С и выдерживают в течение 15...20 мин. Затем протравленные сварные швы зачищают проволочной щеткой и промывают проточной водой.

При заделке трещин пайкой применяют среднеплавкие (медные или медно-цинковые) припои, а пайку проводят с помощью газовых горелок, паяльных ламп или кузнечных горнов. Пайка медно-цинковыми припоями, латунями и чистой медью широко применяют для восстановления плотности чугунных корпусных деталей с трещинами и крупными пробоинами. В качестве флюса при пайке чугунных деталей служит бура или ее смесь с борной кислотой (иногда с добавкой поваренной соли). Кромки трещины подготавливают аналогично подготовке их при газовой сварке (рис. 10).

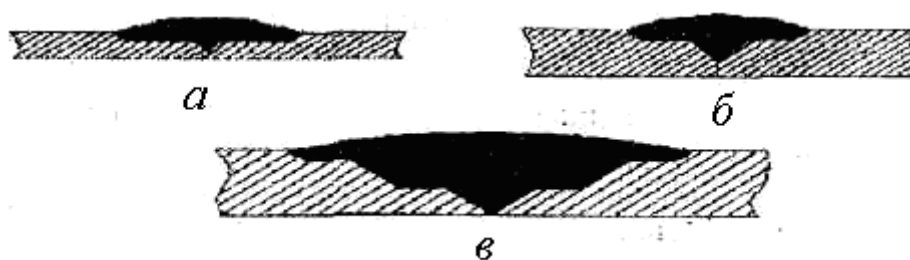


Рисунок 10 - Подготовка кромок и форма поперечного сечения шва при пайке, латунью при толщине детали: *а* - до 5 мм; *б* - от 5 до 15 мм; *в* - свыше 15 мм

Восстановление корпусных деталей полимерными материалами имеет ряд преимуществ, к которым относятся равномерное распределение напряжений в клеевом шве и отсутствие остаточных напряжений и деформаций в детали. Однако полимерные соединения имеют более низкую прочность и меньшую долговечность по сравнению со сварными соединениями. Из полимерных материалов наибольшее распространение получили клеи и клеевые композиции.

Технология ремонта корпусных деталей с помощью полимерных материалов выбирается в зависимости от толщины восстанавливаемой детали и размеров

устраняемого дефекта (трещины или пробоины). Этот метод применим для стальных, чугунных и алюминиевых деталей.

Трещины длиной до 20 мм заделывают путем нанесения эпоксидного состава после снятия по всей ее длине фаски под углом 60...70° на глубину 1... 3 мм, зачистки и обезжиривания поверхности трещины и участка детали на расстоянии 40... 50 мм в каждую сторону от трещины (рис. 11 а).

Трещины длиной 20...50 мм заделывают так же, но после нанесения эпоксидного состава на него укладывают армирующую накладку из стеклоткани, перекрывающую трещину со всех сторон на 20...25 мм. Накладку прикатывают роликом (рис. 11 б), на ее поверхность наносят второй слой эпоксидного состава и укладывают вторую накладку на 10... 15 мм. После прикатки этой накладки роликом наносят наружный слой эпоксидного состава (рис. 11 в).

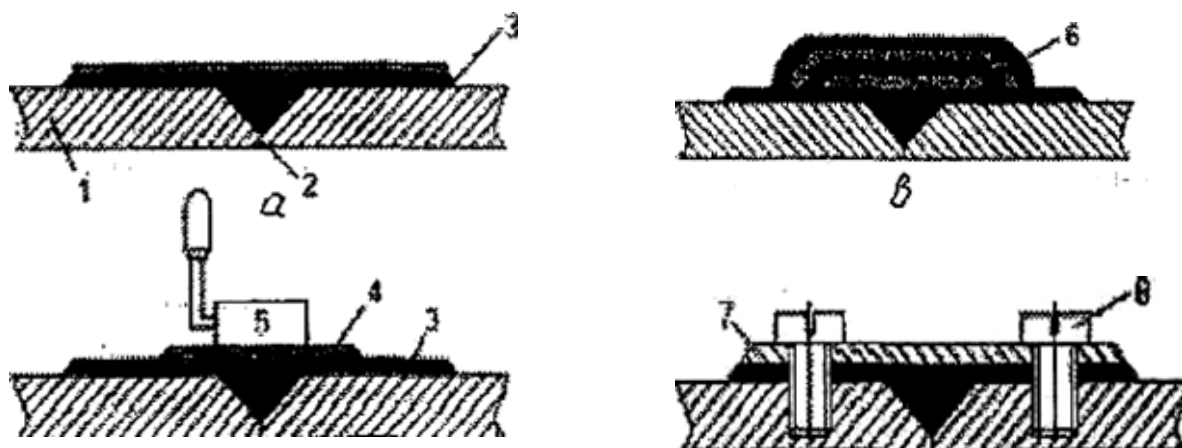


Рисунок 11 - Схема заделки трещин полимерными материалами при длине трещины; а - до 20 мм; б и в - 20... 150 мм; г - более 150 мм; 1 - деталь; 2 - трещина; 3 - полимерный состав; 4 и 6 - накладки из стеклоткани; 5 - ролик; 7 - металлическая накладка; 8 - болт

Для трещин длиной больше 150 мм полимерный состав применяют обычно в сочетании с металлической накладкой из стали толщиной 1,5...2 мм, которую крепят к детали болтами, располагающимися вдоль трещины с шагом 60...80 мм (рис. 11 г).

Пробоины в корпусных деталях также устраняют с помощью эпоксидного состава и металлической накладки, которую устанавливают по периметру пробоины с помощью болтов.

Наряду с преимуществами метод восстановления деталей с помощью полимерных материалов имеет ряд недостатков, которые ограничивают его применение. К ним относят невысокую теплостойкость, более низкую прочность на отрыв и меньшую долговечность по сравнению со сваркой. Довольно часто использование полимерных материалов - временная мера, позволяющая оперативно восстановить работоспособность изделия.

Коробление привалочных поверхностей корпусных деталей устраняют шабрением с проверкой по лекальной линейке или проверочной плите. При значительном короблении перед шабрением применяют шлифовку. Обычно поверхности контакта корпусных деталей должны иметь после проверки на плите не менее 20 пятен на площади 25x25 мм.

Ремонт валов, к которым относят также оси, шпиндели запорной и регулирующей арматуры, штоки, плунжеры, а также другие цилиндрические детали, передающие тангенциальные или радиальные усилия, заключается в восстановлении изношенных поверхностей этих деталей. Изношенные валы могут быть восстановлены наплавкой или металлизацией. С помощью наплавки изношенные части вала восстанавливают ручным или механизированным способом. Наплавку ручным способом проводят путем формирования продольных валиков, ориентированных по оси детали. Для уменьшения деформации детали вследствие термических напряжений валики располагают попарно, диаметрально противоположно один относительно другого (рис. 12а). Соседние валики должны перекрываться на $1/2...1/3$ своей ширины. Ручную электродуговую наплавку проводят с припуском на обработку, равным 2...3 мм на каждую сторону.

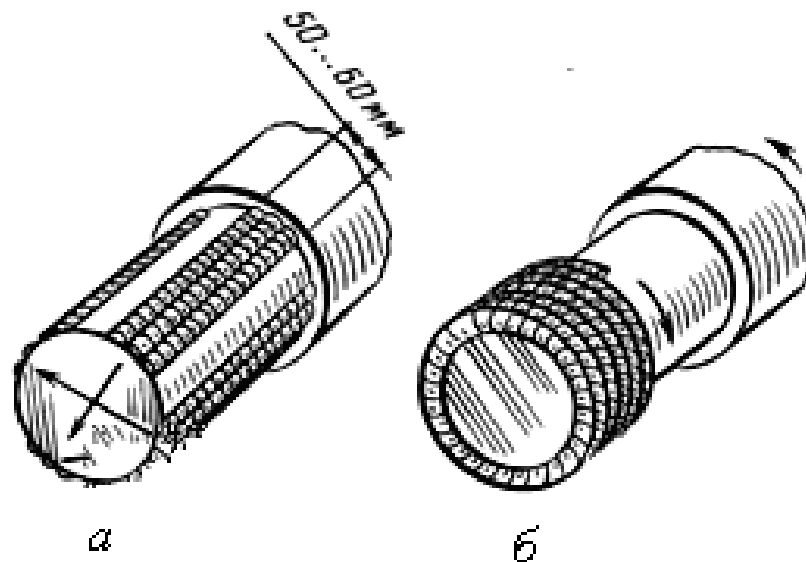


Рисунок 12 - Последовательность наплавки валиков при восстановлении изношенной поверхности вала: *а* — ручным способом; *б* — механизированным способом, 1... 5 - последовательность наплавки.

Наплавку механизированным способом производят с помощью полуавтоматической электродуговой сварки под слоем флюса и с использованием токарного станка (вал закрепляют в центрах станка, а держатель с электродной проволокой - в его суппорте). При этом получается спиральный шов, соседние витки которого перекрываются на $1/2...1/3$ его ширины (рис. 12 б).

Изношенные поверхности валов восстанавливают металлизацией путем нанесения на эти поверхности гальванического покрытия. Наиболее часто применяют железнение, реже - хромирование. Металлизация пригодна для ремонта малоизношенных деталей, так как толщина слоя гальванического покрытия не превышает обычно 3 мм, припуск на токарную обработку 0,1.. .0,3 мм, на обработку шлифованием - до 0,012 мм.

Правку валов применяют при потере ими своей первоначальной формы вследствие деформаций изгиба и скручивания статическим нагружением, в холодном или нагретом состоянии. К валу прикладывается нагрузка или вращающий момент, противоположные по направлению с возникшей деформацией вала.

Наиболее часто правят прогибы валов под прессом в холодном состоянии. Чтобы получить требуемую остаточную деформацию вала, необходимо

приложить к нему усилие, которое создает деформацию, в 10 и более раз превышающее имеющуюся деформацию вала, Это усилие, Н.

$$P = \frac{3fEJl}{a^2b^2}, \quad (6.16)$$

где $f = 10\delta$ - стрела прогиба при правке, мм; [здесь δ - деформация вала до правки, мм]; E - модуль упругости материала, Н/мм²; J - осевой момент инерции, мм⁴; l - длина вала, мм, a и b - расстояния от точки приложения усилия до опор, мм.

Нагрузка прикладывается к валу несколько раз в течение 1,5...2 мин.

При холодной правке в детали возникают внутренние напряжения, изменение которых в процессе дальнейшей эксплуатации приводит к ее повторной деформации. При холодной правке также снижается на 15...20 % усталостная прочность материала. Поэтому вал после холодной правки подвергают термической обработке, нагревая до температуры 400...500 °С и выдерживая при ней 0,5... 1 ч.

Валы, которые при изготовлении закаливались токами высокой частоты, следует нагревать до температуры 180... 200 °С и выдерживать при ней 5 ... 6 ч.

Правку с предварительным нагревом применяют при больших деформациях. Деформированные участки нагревают до температуры 800...900 °С. Усилия, необходимые для правки вала, снижаются, и металл деформируется более равномерно по сечению, однако меняются его структура и механические свойства. Поэтому после правки с нагревом валы часто подвергают термической и механической обработке.

Ремонт дисковых деталей, к которым относят рабочие колеса центробежных и вихревых насосов, рабочие органы запорной арматуры и т.п., сводится к восстановлению изношенных поверхностей этих деталей.

Разрушение металла на отдельных участках поверхности рабочих колес, изготовленных из медных сплавов, устраняют с помощью газовой сварки и наплавки. После наплавки лопатки и диски рабочих колес подвергают слесарной обработке для придания им первоначальной формы и размеров. Рабочие поверхности клапанов и дисков запорной и регулирующей арматуры при необходимости наплавляют твердыми сплавами. При небольшом износе,

короблении этих рабочих органов или появлении на их поверхности неглубоких рисок (глубиной до 0,05 мм) можно ограничиться притиркой их уплотняющих поверхностей.

Восстановление труб заключается в устранении трещин, пробоин и других повреждений с помощью электродуговой или газовой сварки, а также в правке изогнутых труб. Пробоины на тонкостенных трубах заделывают наложением заплат внахлестку. Величина нахлестки должна быть не менее тройной толщины стенки трубы плюс 5 мм, толщина заплата должна быть равна толщине стенки трубы, а радиус закругления углов прямоугольной заплата - пятикратной толщине стенки трубы. Для устранения напряжений в сварных швах при охлаждении заплату предварительно вальцуют. Трещины в трубе заваривают на всю толщину ее стенки, а раковины и выбоины устраняют наложением заплата. Трубы правят статическим нагружением в холодном состоянии, но с меньшей стрелой прогиба, чем при правке валов.

Медные и латунные трубки при наличии в них трещин запаивают соответственно медным и латунным припоем. Помятости трубок устраняют с помощью стальной оправки с закругленным концом. Поврежденную часть трубки предварительно прогревают докрасна и охлаждают (медную трубку - в воде, а латунную - на воздухе). Если трубка не поддается выпрямлению, то поврежденную часть вырезают, вставляют новый отрезок и соединяют его с помощью муфт или путем развальцовки (рис. 13). Муфты вырезают из труб большего диаметра, вытачивают или изготавливают сгибанием из листового материала.

К тонкостенным оболочкам относят резервуары, цистерны подвижных средств заправки и транспортирования нефтепродуктов, тару, а также баки различного назначения, корпуса фильтров и т.п. Основные неисправности - вмятины, пробоины, трещины и раковины вследствие коррозии.

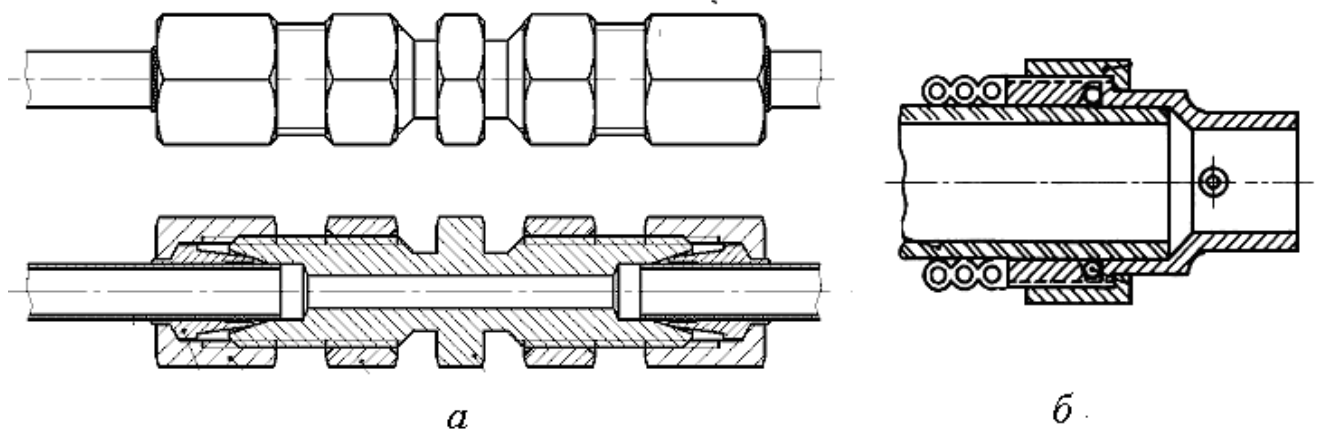


Рисунок 13 - Ремонт медных и латунных трубок: *a* - с помощью муфты; *б* - путем развальцовки.

Вмятины на поверхности резервуаров и цистерн устраняют путем правки кувалдой или молотком, предварительно нагретого сварочной горелкой металла. Нагревают небольшими участками докрасна. Правят от краев вмятины к ее середине (рис. 14) Устранять вмятины можно также путем вытяжки с помощью домкратов.

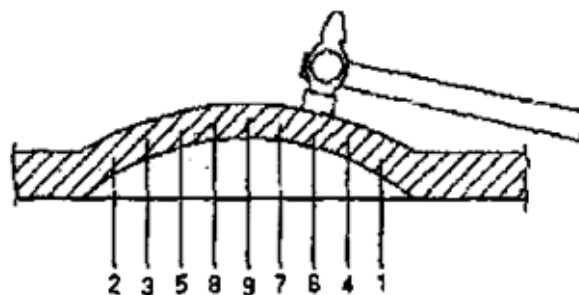


Рисунок 14 - Ручная правка вмятин на тонкостенных оболочках: 1...9 - последовательность правки

Пробоины устраняют установкой заплат посредством сварки. При накладке заплата поврежденное место вырезают газовой сваркой так, чтобы образовавшееся отверстие не имело углов, на расстоянии 10...20 мм от края пробоины, если трещины вокруг нее отсутствуют. Заплату изготавливают из листовой стали с толщиной, равной толщине оболочки. Размеры заплата должны обеспечивать перекрытие отверстия на 50 мм с каждой стороны. Пробоины диаметром до 25 мм с гладкими краями при отсутствии трещин по кромкам устраняют постановкой заклепок и стержней с обваркой швом высотой 5 мм. При расположении мелких пробоин группами вырезают весь поврежденный участок, и ставят общую заплату (рис. 15). Аналогично устанавливают заплата на прокорродировавшие участки

оболочки. Эти же участки можно ремонтировать наплавкой в один слой или в два слоя с поперечным расположением сварных валиков.

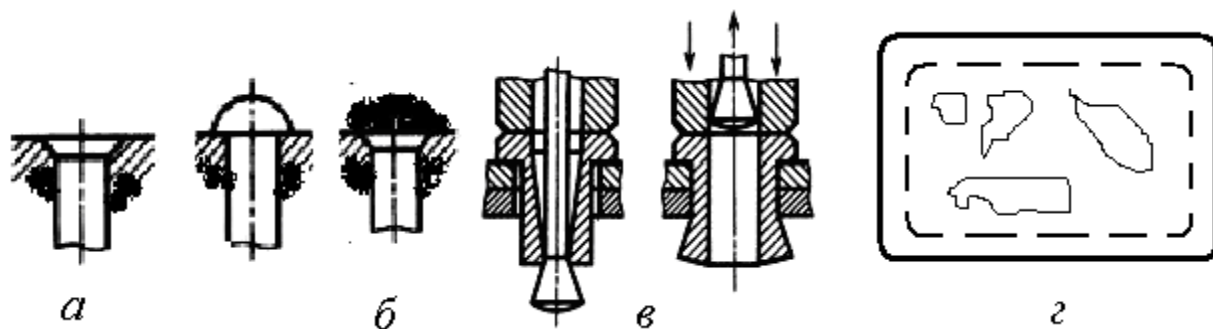


Рисунок 15 - Способы устранения мелких пробоин; *a* - заклепкой с обваркой; *б* - стержнем; *в* - заклепкой с расклепкой; *г* - заплатой на группу пробоин

Трещины на оболочках заваривают после зачистки и разделки кромок с вырубкой металла по всей длине трещины. При длине трещины более 300 мм сварку ведут по участкам обратноступенчатым способом с длиной каждого участка 150...200 мм. Для увеличения прочности металла допускается после заварки трещины устанавливать усиливающие накладки толщиной 5...6 мм. Предварительно сварной шов в местах их прилегания зачищают заподлицо с основным металлом. При этом накладки плотно прижимаются, прихватываются в нескольких местах сваркой, после чего полностью обвариваются. Не рекомендуется устранять трещины путем приваривания сплошных заплат, перекрывающих всю трещину.

Для устранения отставания или неплотности сварных швов, которыми горловина приварена к обечайке, поврежденное место необходимо удалить и заварить вновь, а затем поставить накладки толщиной 5...6 мм (рис. 15а). Не допускается зачеканка поврежденных участков сварных швов.

Негодные части обечайки и днища резервуара или цистерны вырезают и заменяют новыми. Размер новых листов должны соответствовать вырезанным частям с учетом постановки новых листов внахлестку или встык. При параллельном расположении старого и нового швов расстояние между ними должно быть не менее 100 мм. Шов на днище не должен совпадать со швом на обечайке; расстояние между ними по боковой поверхности должно быть не менее 100 мм. Заготовленную новую часть пригоняют на место удаленной и прихватывают через

150...200 мм прихватами длиной 50 мм, Сварку при замене части обечайки или днища производят обратноступенчатым способом (рис. 16 б).

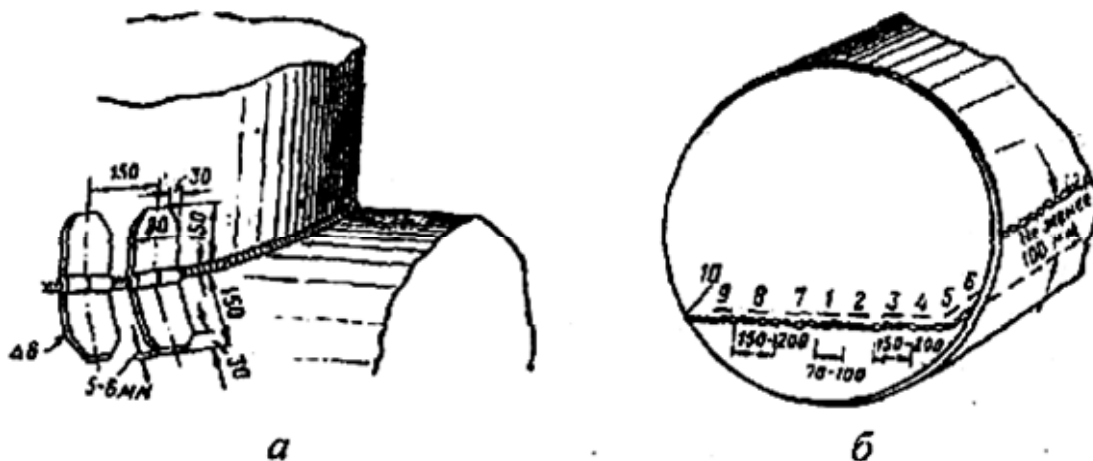


Рисунок 16 - Ремонт резервуаров и цистерн: а - горловины; б - обечайки и днища; 1... 10 - последовательность сварки обратноступенчатым способом

Для заделки пробоин и трещин в тонкостенных оболочках применяют также полимерные клеи и клеевые композиции.

Методы восстановления сборочных единиц технических средств и технологического оборудования.

Ремонт изделий и их сборочных единиц наиболее часто сводится к восстановлению работоспособности соединений. В первую очередь восстанавливают посадки (зазоры и натяги) путем восстановления геометрической формы и физико-механических свойств поверхностей деталей.

Существуют различные методы восстановления первоначальной посадки (рис. 17).



Рисунок 17 - Методы восстановления посадки

Метод восстановления посадки без изменения размеров деталей путем регулировки зазора или натяга применяют для легкодоступных соединений. Он сводится к перемещению одной или нескольких деталей с помощью предназначенных для этого устройств, в результате чего соединение становится работоспособным, но искажение геометрической формы деталей сохраняется. В зависимости от конструкции соединения зазор или натяг регулируют с использованием резьбовых соединений (например, при затяжке подшипников), удаления или постановки прокладок (например, при регулировке зазоров между вихревым колесом и корпусом насоса) и т.п.

При замене изношенной детали или перестановке ее в другую рабочую позицию, как и при регулировке, не полностью восстанавливается работоспособность соединения, так как новая деталь или неизношенная поверхность старой детали работает в соединении с имеющей износ деталью. Такое частичное восстановление соединения целесообразно, если его ресурс достаточен для работы до очередного ремонта.

Посадки с изменением начальных размеров восстанавливают путем увеличения или уменьшения размеров соединенных деталей. Путем увеличения

размеров восстанавливают геометрическую форму или состояние поверхности отверстия (расточиванием или хонингованием), что вызывает увеличение его диаметра, а посадочное место вала наращивают и обрабатывают под размер отверстия или устанавливают новый вал увеличенного размера (например, цилиндр поршневого насоса - поршень). Путем уменьшения размеров исправляют геометрическую форму и состояние поверхности вала (обтачиванием, шлифованием), а соединяемое отверстие наращивают или деталь заменяют на новую с уменьшенным отверстием. Посадку с изменением начальных размеров можно восстанавливать также с применением дополнительных деталей колец, втулок, ввертышей, бандажей, гильз и т.п. (рис. 18).

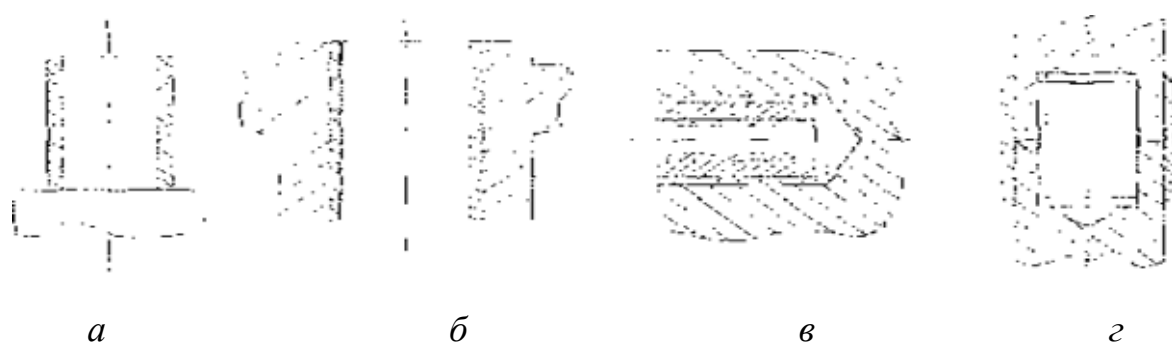


Рисунок 18 - Дополнительные ремонтные детали: а... в - соответственно наружная, внутренняя (гильза) и резьбовая (ввертыш) втулки; г - бандаж

Восстановление соединений постановкой дополнительных деталей - доступный и распространенный метод ремонта. Его сущность заключается в удалении путем механической обработки изношенной или поврежденной части соединенной детали и установке на это место вновь изготовленной дополнительной ремонтной детали, которую затем обрабатывают под номинальный размер. Этим методом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения и резьбовые отверстия в корпусных деталях, опорные шейки валов и т.д. Дополнительные ремонтные детали обычно изготавливают из того же материала, что и восстанавливаемую деталь, и крепят к основной детали напрессовкой или запрессовкой с гарантированным натягом, приваркой, стопорными винтами и штифтами, клеевыми композициями и на резьбе. Несмотря на простоту и доступность этого метода восстановления соединений, его применение не всегда

оправдано экономически из-за значительных расходов на изготовление дополнительных ремонтных деталей.

Восстановление посадок в соединениях методом наращивания изношенных поверхностей соединяемых деталей для получения начальных размеров вала и отверстия и их обработки под номинальный размер методами наплавки, гальванизации и металлизации напылением достаточно подробно рассмотрены в предыдущем разделе. При восстановлении начальных размеров деталей путем использования полимерных материалов применяют нанесение покрытий из порошкообразных полимеров.

Для этого используют различные способы - вихревой, вибрационный, вибровихревой, электростатический, струйный и т.д. Наибольшее распространение получило вибровихревое нанесение покрытий (рис. 19), при котором загруженный в ванну полимерный порошок с размерами частиц 0,12...0,22 мм под одновременным воздействием сжатого газа и электромагнитного вибратора переходит в псевдосжиженное состояние.

При погружении в этот слой восстанавливаемой детали, нагретой до температуры 290 °С, частицы порошка оседают на ней и, расплавляясь, образуют равномерное покрытие. Время выдержки детали в ванне зависит от необходимой толщины покрытия с учетом последующей механической обработки детали, которую проводят после ее термообработки в масле при температуре 110...130 °С в течение 5... 10 мин.

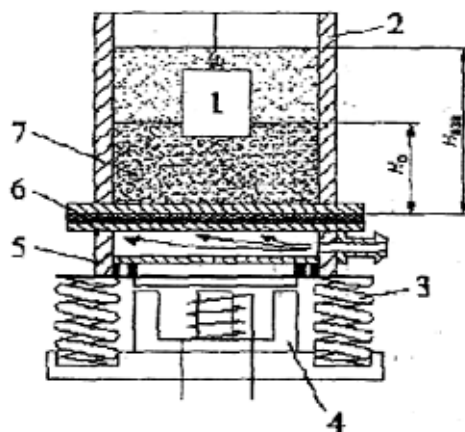


Рисунок 19 - Схема вибровихревой установки: 1 - восстанавливаемая деталь; 2 - ванна; 3 - пружина; 4- вибратор; 5 - пневмокамера; 6 - пористая перегородка; 7 -

полимерный порошок; H_a и $H_{\text{эзв}}$ - высота слоя порошка первоначально и после псевдосжижения

Технологический процесс восстановления деталей пластической деформацией зависит от материала и конструкции изношенной детали, принятого способа ее нагрева и применяемого оборудования. В зависимости от направления действия внешних сил и требуемого перераспределения металла при ремонте используют такие разновидности пластичного деформирования, как осадку, раздачу, обжатие, вытяжку, растяжку, накатку и т.д.

Осадку применяют для уменьшения внутреннего диаметра полых деталей или для увеличения наружного диаметра полых и сплошных деталей. Площадь поперечного сечения детали при этом увеличивается, а ее высота уменьшается. Направление действующей силы при осадке перпендикулярно направлению деформации детали (рис. 20 а, б). Удельное давление, необходимое для деформации детали с помощью осадки, p_c , МПа,

$$p_c = \sigma_t \left(1 + \frac{d}{6l} \right), \quad (6.19)$$

где σ_t - предел текучести металла детали, МПа; d и l - диаметр и длина детали после осадки, мм.

Для увеличения площади поперечного сечения детали не по всей ее длине применяют неполную осадку, которая называется высадкой. В этом случае нагревают только осаживаемую часть детали (например, хвостовик или шейку вала).

Раздачу используют для увеличения наружных размеров полых деталей за счет увеличения их внутренних размеров и некоторого уменьшения толщины стенки. Направление действующей силы при раздаче совпадает с направлением деформации детали (рис. 20 в). Удельное давление при раздаче, МПа,

$$p_p = 1,1\sigma_t \ln \left(\frac{R}{r} \right), \quad (6.20)$$

где R и r - наружный и внутренний радиусы восстанавливаемая детали, мм.

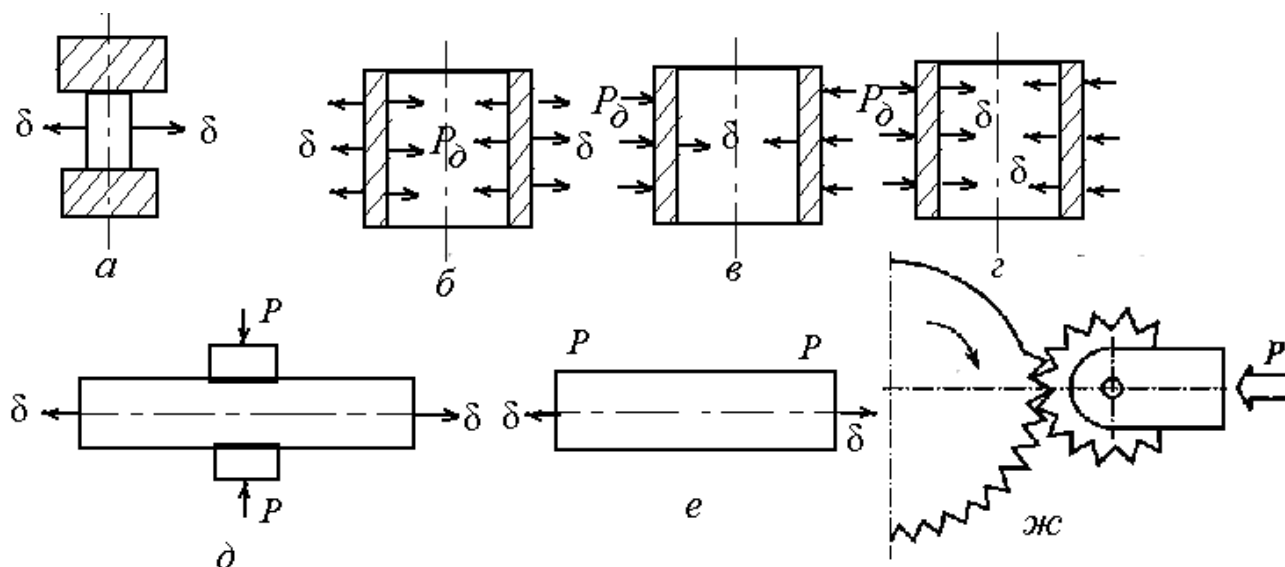


Рисунок 20 - Схемы действия сил при восстановлении деталей пластической деформацией: *a* и *б* - осадка для увеличения наружного и внутреннего диаметра; *в* - раздача; *г*-обжатие; *д* - вытяжка; *е*-растяжка; *ж* - накатка; P - действующая сила, δ - деформация

Обжатие применяют для уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения наружных. Направление действующей силы при раздаче совпадает с направлением деформации детали (рис. 20 г).

Вытяжку используют для увеличения длины детали за счет уменьшения ее поперечного сечения. При вытяжке направление действующей силы перпендикулярно направлению деформации детали (рис. 20д).

Растяжку применяют для увеличения длины детали за счет уменьшения ее поперечного сечения, однако при этом направление действующей силы совпадает с направлением деформации детали (рис. 20е),

Накатка предназначена для увеличения наружного и уменьшения внутреннего диаметра детали на небольшую величину (до 0,2 мм на каждую сторону) путем вытеснения металла отдельных участков рабочей поверхности и образования гребешков, выступающих над поверхностью детали. При накатке (рис. 20ж) направление действующей силы противоположно направлению требуемой деформации. Вместо накатки могут применять кернение.

Обычно осадку, раздачу, обжатие и вытяжку выполняют с помощью пуансона и матрицы, установленных на прессе. При осадке направление деформации определяется размерами этих приспособлений: если зазор имеется между деталью и

матрицей (рис. 21а), то при осадке увеличивается наружный диаметр, а если между деталью и пуансоном, то уменьшается внутренний диаметр (рис. 21 б).

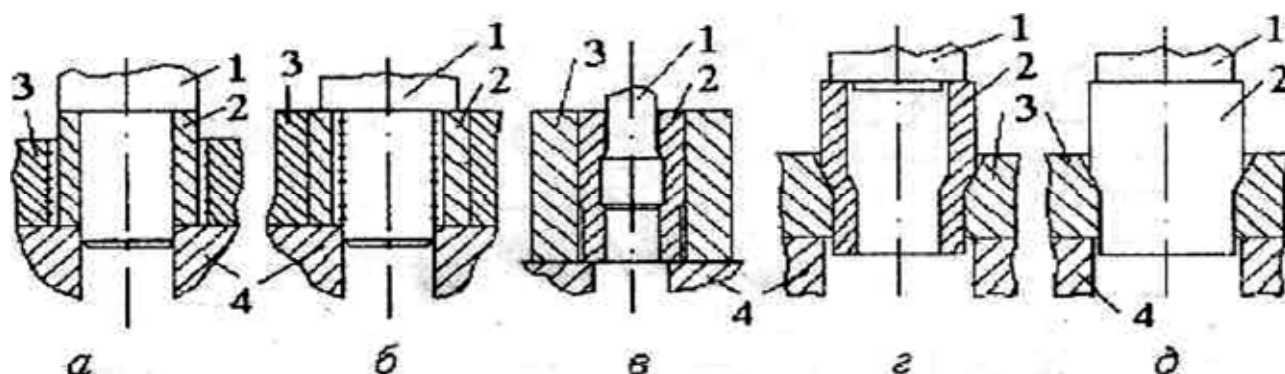


Рисунок 21 - Схемы оборудования для восстановления размеров деталей пластичной деформацией: а и б - осадка с увеличением наружного с уменьшением внутреннего размеров; в - раздача; г - обжатие; д - вытяжка; 1 - пуансон; 2 - деталь; 3 - матрица; 4 - плита

Раздачу обычно выполняют протяжкой через полую деталь пуансона, наружный диаметр рабочей части которого больше внутреннего диаметра детали (рис. 21в), а при обжиме полая деталь протягивается с помощью пуансона через калиброванное отверстие матрицы (рис. 21г). Вытяжку выполняют путем протягивания через калиброванное отверстие матрицы сплошных деталей (рис. 22д).

Процесс пластической деформации основан на использовании пластических свойств металла и его применяют для восстановления деталей, изготовленных из стали, ковкого чугуна, бронзы в холодном или горячем состоянии.

Сборка изделий

1. Основные положения

Под сборкой изделий понимают соединение деталей в пары и сборочные единицы, сборочных единиц и деталей в агрегаты, агрегатов, деталей и сборочных единиц в изделие с соблюдением кинематических схем, посадок и величин размерных цепей. Главное требование при сборке изделий после ремонта - точность сборки, от которой в значительной степени зависит

работоспособность изделия. Точность сборки характеризуется степенью совпадения осей, поверхностей контакта и других элементов соединяющихся деталей с их расположением, заданным на сборочных чертежах и в другой технической документации.

К показателям точности сборки агрегатов и изделий относят: соответствие относительного движения исполнительных поверхностей заданному технической документацией; соответствие величин отклонений геометрической формы конструктивных элементов и расстояний между ними заданным сборочными чертежами; обеспечение заданного относительного вращения деталей по углу и скорости.

2. Пути обеспечения требуемой точности сборки

Пути обеспечения требуемой точности сборки определяют на основе анализа размерных цепей. *Размерной цепью* называют совокупность размеров, образующих замкнутый контур и непосредственно влияющих на работоспособность изделия или агрегата.

На рисунке 22 показана размерная цепь сборки центробежного насоса, но добиться полного совпадения деталей по соединяемым поверхностям практически невозможно, поэтому при анализе размерных цепей приходится учитывать фиктивные размеры в стыках.

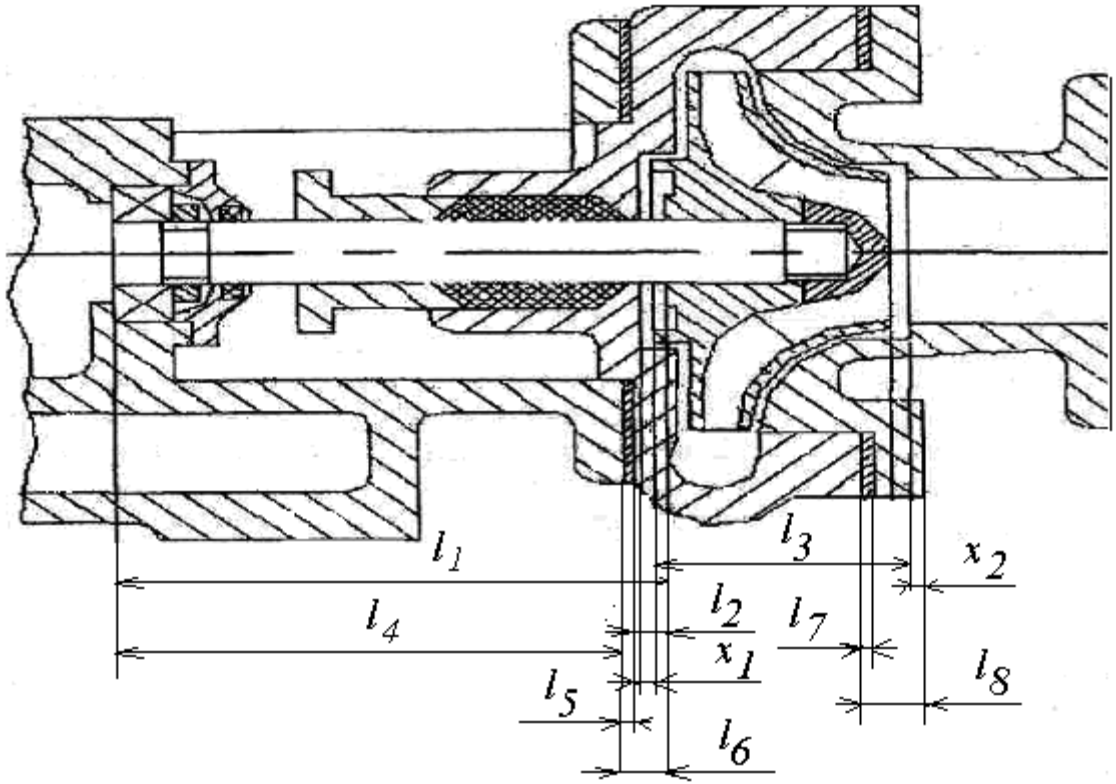


Рисунок 22 - Размерная цепь сборки центробежного насоса

Рассмотрим уравнения размерных цепей сборки центробежного насоса:

$$l_1 + l_2 + l_{1-2} - x_1 = l_{1-4} + l_4 + l_5 + l_{4-5} - l_{5-6} + l_6 \quad (6.21)$$

$$l_1 - l_2 + l_3 + l_{1-2} + x_2 = l_{1-4} + l_4 + l_5 + l_{4-5} + l_{5-6} + l_6 + l_7 + l_{6-7} + l_8 + l_{7-8} \quad (6.22)$$

где $l_1 \dots l_8$ - действительные звенья цепи, м; $l_{1-2}, l_{4-5}, l_{5-6}, l_{6-7}$ и l_{7-8} - фиктивные звенья цепи; x_1 и x_2 - замыкающие звенья цепи, т.е. получаемые в цепи последними.

В размерных цепях сборки центробежного насоса замыкающие звенья - осевые зазоры между рабочим колесом и корпусом насоса.

Размеры замыкающих звеньев определяют из выражений (6.20) и (6.21), т.е.

$$x_1 = l_1 - l_2 + l_{1-2} + l_{1-4} - l_4 - l_5 + l_{4-5} + l_{5-6} - l_6 \quad (6.23)$$

и

$$x_2 = l_4 - l_1 + l_2 - l_3 + l_{1-2} + l_{1-4} + l_4 + l_5 + l_{4-5} + l_6 + l_{5-6} + l_7 + l_{6-7} + l_8 + l_{7-8} \quad (6.24)$$

Размеры фиктивных звеньев принимают со знаком "плюс", так как на размер замыкающего звена влияет только их отклонение от нулевого значения.

Основная задача анализа размерной цепи определение допуска замыкающего звена, равного разности его максимального и минимального значения, т.е.

$$\Delta x = x_{\max} - x_{\min} \quad (6.25)$$

Для звена x_1 эти значения составляют:

$$x_{1\max} = l_{1\max} - l_{2\min} + l_{1-2} + l_{1-4} + l_{4\min} - l_{5\min} + l_{4-5} + l_{5-6} - l_{6\min} \quad (6.26)$$

$$x_{1\min} = l_{1\min} - l_{2\max} - l_{1-2} - l_{1-4} - l_{4\max} - l_{5\max} - l_{4-5} - l_{6\max} \quad (6.27)$$

$$\Delta x_1 = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3 + \Delta l_4 + \Delta l_5 + \Delta l_6 + 2(l_{1-2} + l_{1-4} + l_{4-5} + l_{5-6}) \quad (5.28)$$

где Δl_i - поле допуска i -го звена размерной цепи.

Из анализа выражения (6.28) видно, что погрешность замыкающего звена, определяющего точность сборки, может быть весьма значительной и иногда способна превысить допустимый предел.

Для повышения точности сборки при ремонте агрегатов и изделий применяют следующие организационно-технические мероприятия:

- ужесточение допусков на ремонт деталей;
- применение селективного комплектования соединяемых деталей;
- использование компенсаторов.

Ужесточение допусков состоит в сужении полей допусков у конструктивных элементов, влияющих на точность сборки, т.е. у звеньев размерной цепи. Это требует высокой точности обработки деталей, что в свою очередь, связано с повышением трудоемкости процесса ремонт и увеличением затрат.

Селективное комплектование заключается в разбивке полей допусков соединяемых деталей на несколько одинаковых интервалов; детали сортируют в соответствии с этими интервалами и распределяют по размерным группам (рис. 23)

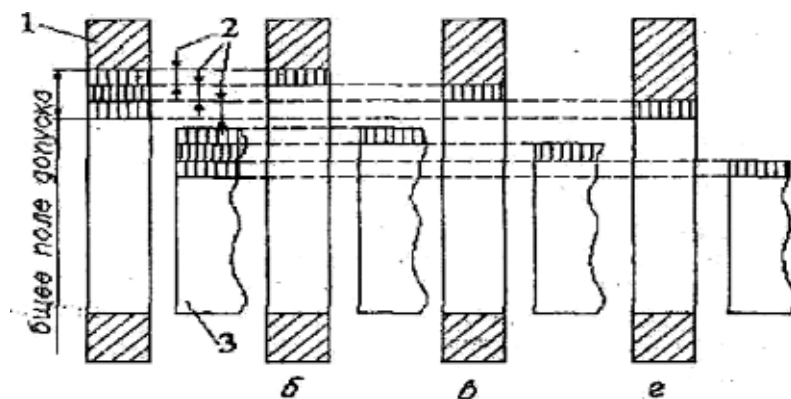


Рисунок 23 - Схема селективного подбора двух соединённых деталей: *а* — разделение полей допусков на интервалы; *б... в* - подбор соединённых деталей по размерным группам; 1 и 3 - охватывающая и охватываемая детали; 2 - интервалы полей допусков

Детали сортируют путем измерений или с помощью специальных приспособлений - калибров (рис. 24).

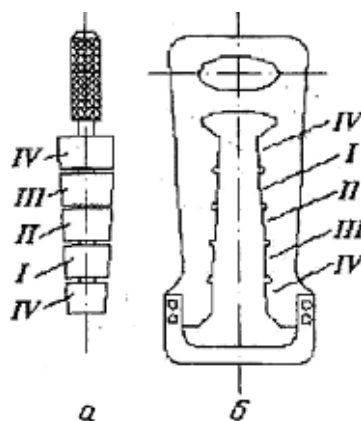


Рисунок 24 - Схемы калибров для сортирования деталей: *а и б* - ступенчатые пробка и скоба; /... III - рабочие размерные группы; IV- размерная группа брака

Селективное комплектование применяют при ремонте значительного количества однотипных изделий, т.е. при серийном ремонтном производстве.

При использовании компенсаторов, т.е. звеньев переменной длины, можно за счет изменения размеров компенсатора или перемены его положения в собираемой сборочной единице установить заданные зазоры или натяги и добиться тем самым требуемой точности взаимного расположения деталей. Компенсаторы могут быть конструктивными и технологическими.

Конструктивные компенсаторы подразделяют на неподвижные (наборы прокладок, промежуточных втулок, шайб, дистанционных колец и т.п.) и подвижные (регулируемые упоры, регулировочные винты, гайки, болты и т.п.).

Технологические компенсаторы - специально предусмотренные припуски на пригонку деталей при сборке. Индивидуальную пригонку выполняют обычно при ремонте единичных изделий.

В размерной цепи сборки центробежного насоса (рис. 24) конструктивными компенсаторами служат звенья l_5 и l_7 - дистанционные кольца, путем подбора которых по толщине можно получить в процессе сборки необходимые размеры замыкающих звеньев - зазоров.

3. Сборка резьбовых соединений

Широкое распространение при сборке изделий получили резьбовые соединения. С помощью резьбовых соединений обеспечивается заданное взаимное расположение деталей и герметичность в соединениях изделия. Резьбовые соединения составляют свыше 70 % всех соединений, имеющих в используемых в системе нефтепродуктообеспечения изделиях, а трудоемкость сборки этих соединений составляет 25...30 % общего объема сборочных работ при ремонте указанных изделий.

Широкое применение резьбовых соединений обусловлено их простотой, надежностью и возможностью многократной сборки и разборки без повреждения соединяемых деталей.

В процессе сборки резьбовых соединений важная задача - обеспечение необходимой затяжки. Для многих ответственных соединений усилие затяжки указывают в эксплуатационно-ремонтной документации и его обеспечивают с помощью тарированных ключей - предельных (включающихся при достижении заданного усилия затяжки) или динамометрических (имеющих стрелочный указатель). При отсутствии указаний об усилии затяжки его значение может быть рассчитано по деформации болта, т.е. болт следует затягивать до тех пор, пока длина его рабочей части не станет больше на удлинение рабочей части болта, м:

$$\lambda_y = P_y \frac{1}{C_\delta}, \quad (6.29)$$

где $P_{ц}$ - потребное усилие предварительной затяжки, Н; $C_{\delta} = S_i E_i / l$ - коэффициент жесткости болта, Па·м; [здесь S_i - площадь поперечного сечения болта, м²; E_i - модуль упругости материала болта, Па; l - рабочая длина болта и пакета соединяемых деталей, м].

Потребное усилие предварительной затяжки определяют с учетом следующих факторов: максимального рабочего усилия, приходящегося на болт; остаточного усилия сжатия пакета деталей, необходимого для сохранения плотности соединения во время действия максимальной рабочей нагрузки, значение которой обычно равно 0,7...1,2 максимального рабочего усилия; жесткости пакета соединяемых деталей и жесткости болта, которые зависят от упругости этих деталей.

Для обеспечения необходимого усилия затяжки заворачивают гайки ключом на определенный угол после навинчивания рукой до упора. Осевое перемещение гайки по болту, при затяжке до потребного усилия предварительной затяжки $P_{ц}$ равно сумме деформаций болта и пакета соединяемых деталей, т.е.

$$\Delta_{ц} = \frac{P_{ц}}{C_{\delta}} + \frac{P_{ц}}{C_{д}}, \quad (6.30)$$

где $C_{д}$ - коэффициент жесткости пакета соединяемых деталей, Па·м.
Здесь

$$C_{д} = \frac{1}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{l_i}{S_i E_i}}, \quad (6.31)$$

где n - число деталей в пакете соединяемых с помощью болта; l_i - толщина i -й детали, м; S_i - площадь контакта i -й детали, м²; E_i - модуль упругости материала i -й детали, Па.

Тогда необходимый для обеспечения заданного усилия предварительной затяжки угол завинчивания гайки, град,

$$\gamma_{ц} = \Delta_{ц} \frac{360}{h} = P_{ц} \frac{360}{h} \left(\frac{1}{C_{\delta}} + \frac{1}{C_{д}} \right), \quad (6.32)$$

где h - шаг резьбы болта, м.

Для менее ответственных резьбовых соединений значение предварительной затяжки болтов ограничивается путем выбора соответствующей длины рычага, т.е. ручки гаечного ключа. Максимальный момент, Нм, создаваемый ключом при затяжке резьбовых соединений, должен быть:

$$M_{\max} \leq 0,1d^3 \sigma_{np}, \quad (6.33)$$

где d - диаметр болта или шпильки, м; σ_{np} - предел прочности материала болта или шпильки, Н/м²,

Большое значение при сборке имеет последовательность затяжки резьбовых соединений, препятствующая деформации фланцев, выдавливанию уплотнительных прокладок и т.п. Рекомендуемая последовательность затяжки показана на рис. 25 соответствующими цифрами.

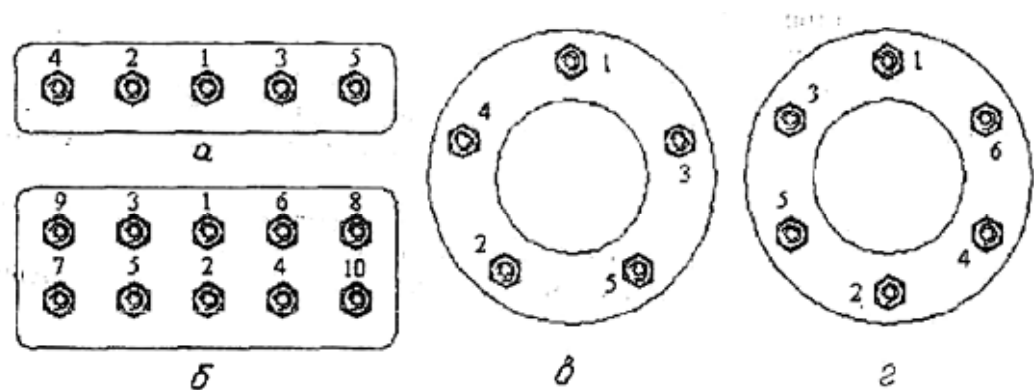


Рисунок 25 -. Последовательность затяжки резьбовых соединений на фланцах: a и b - прямоугольных; v и z - круглых

Вначале все гайки навинчивают рукой до упора, а затем затягивают ключом в один или несколько приемов.

4. Сборка соединений с натягом

Для сборки соединений с натягом применяют холодную запрессовку и термопосадку.

Основные рабочие параметры холодной запрессовки - усилие запрессовки, Н, которое в процессе выполнения этой операции возрастает от нуля до максимального значения, определяемого по формуле

$$P_{\max} = f_3 P_{y0} \pi dz, \quad (6.34)$$

где f_3 - коэффициент трения при запрессовке; P_{y0} - удельное давление на поверхность контакта, Па; d и Z - диаметр и длина соединения, м.

Удельное давление, Па, зависящее от натяга в соединении и жесткости деталей

$$P_{yo} = \frac{1}{d} \cdot \frac{i_D \cdot 10^3}{\frac{C_1 + C_2}{E_1 + E_2}}, \quad (6.35)$$

где i_D - действительный натяг, м; C_1 и C_2 - коэффициенты жесткости материалов соединения; E_1 и E_2 - модули упругости материалов соединения, Па.

Здесь

$$C_1 = \frac{d^2 + d_{BH}^2}{d^2 - d_{BH}^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{D_H^2 + d^2}{D_H^2 - d^2} - \mu_2, \quad (6.36)$$

где d_{BH} - внутренний диаметр охватываемой детали, м (для сплошного вала $d_{BH} = 0$); μ_1 и μ_2 - коэффициенты Пуассона материалов охватываемой и охватывающей деталей, м; D_H - наружный диаметр охватывающей детали, м.

Действительный расчетный натяг в соединении отличается от полученного в результате измерений, так как на поверхностях деталей имеются микронеровности. При измерениях диаметр детали определяют по выступам этих неровностей. Поэтому действительный натяг, м,

$$i_D = i_{изм} - 1,2(H_1 + H_2), \quad (6.37)$$

где $i_{изм}$ - измеренный натяг, м, H_1 и H_2 - средние высоты неровностей на рабочих поверхностях соединяемых деталей, м.

Средние высоты зависят от частоты обработки поверхности и составляют при токарной получистовой обработке 20...40 мкм; токарной чистовой - 6,3...10; токарной тонкой - 3,2; сверлении с развертыванием - 20; сверлении с зенкерованием и развертыванием - 3,2...6,3; шлифовании получистовом - 10...20, чистовом - 3,2...6,3 и тонком - 1,6 мкм.

Коэффициент трения при запрессовке зависит от материалов деталей, удельного давления и чистоты рабочих поверхностей. Пределы изменения коэффициентов трения на стальной вал охватывающих деталей из различных материалов составляют: сталь - 0,054...0,22; чугун - 0,07...0,13; алюминиевый сплав - 0,02...0,06; медный сплав (латунь, бронза) - 0,05...0,1; текстолит - 0,5...0,54.

Для холодной запрессовки используют прессы различных типов: ручные (рычажные), создающие усилие до 1,5 т; механические (винтовые) и пневматические с усилием до 15 т; гидравлические с усилием до 100 т и более.

Термопосадку применяют при сборке деталей с большим натягом, а также когда прессовое оборудование не может создать необходимого усилия.

Тогда во время сборки натяг уменьшается за счет нагрева охватывающей детали или охлаждения охватываемой, детали. Необходимая температура нагрева или охлаждения, град,

$$t_{сб} = t_u \pm \frac{i_{изм}}{\alpha_M d} K_s, \quad (6.38)$$

где t_u - температура деталей до нагрева или охлаждения, град, α_M - коэффициент линейного расширения материала нагреваемой или охлаждаемой детали, 1/град; K_s - коэффициент запаса, компенсирующий частичное изменение температуры детали при установке ($K_s = 1,15...1,3$).

Детали нагревают в масляных ваннах, печах различной конструкции или с помощью индукционных нагревателей.

5. Балансировка изделий с вращающимися частями

Одна из ответственных операций при сборке изделия с вращающимися частями - балансировка ротора. Необходимость балансировки вызвана тем, что помимо рабочих нагрузок на опоры при вращении ротора возникают дополнительные нагрузки, причиной которых служит его неуравновешенность из-за несимметричного размещения массы относительно оси вращения. Неуравновешенность возникает как из-за конструктивных особенностей деталей ротора (наличия несимметричных отверстий, пазов, приливов и т.п.) и их технологических недостатков (наличия пор, раковин, шлаковых включений и т.п.), так и из-за погрешностей, появившихся при ремонте деталей ротора и его сборке на опорах (например, неточной взаимной соосности соединяемых деталей). В результате неуравновешенности ротора возникает перегрузка его опор, вибрация изделия, что приводит к ускоренному изнашиванию и усталостному разрушению деталей. Количественная характеристика неуравновешенности - дисбаланс, равный произведению неуравновешенной массы на ее расстояние от оси вращения.

Цель балансировки - уменьшение дисбалансов путем корректировки неуравновешенных масс ротора. Балансировка может быть статической, моментной и динамической. Для деталей, у которых диаметральные размеры соизмеримы с длиной или значительно превышают ее, проводят обычно только статическую балансировку, задачей которой является устранение статической неуравновешенности (смещение центра масс детали относительно оси ее вращения).

Центробежная сила, кгм/с^2 , действующая на вращающуюся неуравновешенную деталь

$$P_y = mr\omega^2, \quad (6.39)$$

где m - неуравновешенная масса, кг; r - расстояние от центра неуравновешенной массы от оси вращения, м; ω - частота вращения ротора, с^{-1} .

Обычно допустимую статическую неуравновешенность устанавливают из условия, чтобы неуравновешенная масса не превышала 5 % общей массы ротора.

Для статической балансировки деталь устанавливают на горизонтальных призмах (рис 26а) или на роликах (рис. 26 б), с малым сопротивлением трения.

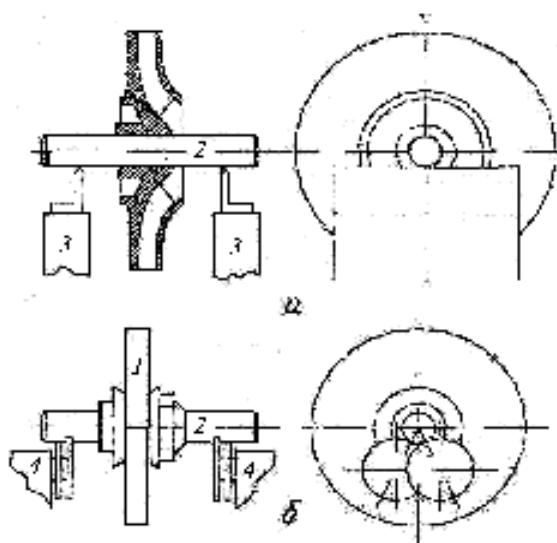


Рисунок 26 - Схемы статической балансировки рабочих колес насосов: а - на параллельных призмах; б - на роликах; 1 - балансируемое колесо; 2 - вал; 3 - призмы; 4 – ролики

Под действием неуравновешенной массы деталь займет определенное положение, при котором эта масса будет находиться в нижней части детали на ее вертикальной оси симметрии. Для балансировки детали необходимо прикрепить к

ней с диаметрально противоположной стороны по отношению к неуравновешенной массе груз, который обеспечивает безразличное равновесие детали (т.е. после поворота детали на любой угол она остается неподвижной). Затем определяют дисбаланс, кгм,

$$M = m_{zp} r_{zp}, \quad (6.40)$$

где m_{zp} - масса груза, кг; r_{zp} - расстояние от места закрепления груза до оси вращения, м.

По дисбалансу можно установить массу металла, кг, которую необходимо удалить с утяжелённой стороны детали (например, высверливанием или опиловкой) или установить на более легкой стороне детали (например, в виде шайб и т.п.), т.е.

$$m' = \frac{M}{r'}, \quad (6.41)$$

где r' - радиус, на котором производится удаление или установка металла, м.

Статическая балансировка на роликах точнее, чем на призмах, так как в первом случае трение между опорами и валом меньше.

Моментная неуравновешенность характерна для деталей значительной длины, у которых после статической балансировки возможно такое размещение масс по длине, при котором во время вращения детали возникает момент пары центробежных сил, который стремится повернуть ось детали на некоторый угол вокруг ее центра тяжести, что вызывает дополнительные нагрузки в самой детали и ее опорах:

$$M_{дн} = F_{цб} L, \quad (6.42)$$

где $M_{дн}$ - динамический момент (момент пары центробежных сил), Н·м; $F_{цб}$ - центробежная возмущающая сила, Н; L - расстояние между плоскостями приложения возмущающих сил, Н.

Моментную неуравновешенность можно выявить только при вращении детали. Обычно моментную неуравновешенность устраняют в ходе динамической балансировки детали на специальных балансировочных стендах: механических (консольного или плавающего типа) или электрических, позволяющих выполнять эту операцию с большей точностью. Принцип их действия заключается в измерении колебаний одной из опор и устранения этих колебаний с помощью

крепления дополнительного груза. Такую же операцию проделывают с другой опорой. Балансировка считается законченной, если при вращении детали колебания опор отсутствуют

Сущность динамического уравнивания детали, осуществляемого путем описанной ранее балансировки, заключается в создании момента, противодействующего моменту возмущающих сил и уравнивающего его (рис. 27).

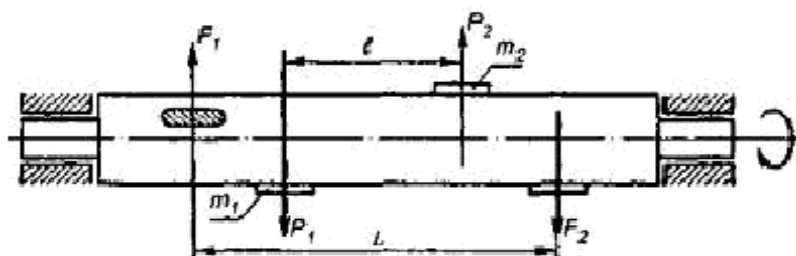


Рисунок 27 - Схема динамического уравнивания детали: F_1 и F_2 - возмущающие силы; P_1 и P_2 - уравнивающие силы; m_1 и m_2 - уравнивающие массы; L и l - плечи возмущающего и уравнивающего моментов

При соединении с помощью муфты двух агрегатов (например, насоса и двигателя) необходимо провести центровку валов двух агрегатов, т.е. регулировку соосности валов. Несоосность валов приводит к появлению вибрации и биений при работе изделия, поэтому при сборке к соосности валов предъявляют жесткие требования (радиальное смещение 0,2...0,6 мм и перекос не более 1°).

Обычно в технической документации вместо радиального и углового смещений устанавливается предельно допустимые радиальное и осевое биение полумуфт (рис. 28).

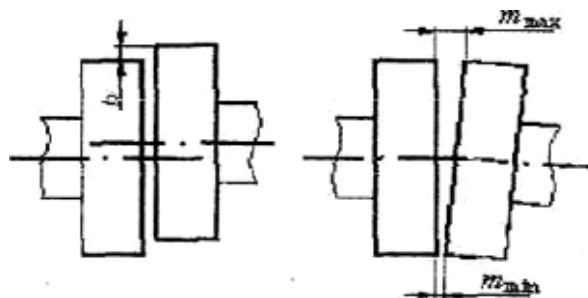


Рисунок 28 - Радиальное (b) и осевое ($m_{\max}-m_{\min}$) биения полумуфт

Для измерения биения служит скоба с индикаторами, которые устанавливаются на полумуфты или щуп. Максимальные биения полумуфт определяют из выражений:

$$a_{\max} = m_{\max} - m_{\min}; b_{\max} = \frac{n_{\max} - n_{\min}}{2}, \quad (6.43)$$

где a_{\max} и b_{\max} - максимальные осевое и радиальное биения, мм; m_{\max} и m_{\min} - максимальное и минимальное значение осевого биения, измеренные щупом или индикатором, мм, n_{\max} и n_{\min} - максимальное и минимальное значения радиального биения, измеренные индикатором, мм.

Точность измерения биений с помощью скобы с индикаторами 0,02...0,05 мм.

Испытания изделий

Испытания технических средств и технического оборудования, используемых в системе нефтепродуктообеспечения, проводят на всех стадиях жизненного цикла этих изделий и служат для оценки качества их изготовления, технического состояния в процессе эксплуатации и качества ремонта, т.е. предназначены для проверки конструктивных и эксплуатационных свойств изделия и соответствия показателей, характеризующих эти свойства, требованиям нормативно-технической документации.

Система испытаний изделий на всех стадиях их жизненного цикла включает в себя следующие виды испытаний:

- предварительную (заводскую), осуществляемую на стадии изготовления опытных образцов изделия (служит для определения его технических характеристик и эксплуатационных параметров, соответствия изделия требованиям нормативно-технической документации и объема корректировки этой документации);

- приемочные, осуществляемые при приемке опытных образцов изделия заказчиком (при выполнении госзаказа - Государственной комиссией), служат для определения возможности серийного производства изделия,

- приемосдаточные, осуществляемые при серийном изготовлении изделий, служат для контроля качества изготовления серийной продукции и определения возможности отправки изделий потребителю;

- периодические, осуществляемые при серийном производстве изделий, служат для контроля стабильности технологического процесса изготовления серийных образцов и возможность продолжения их изготовления по действующей нормативно-технической документации;

- типовые, осуществляемые после внесения изменений в конструкцию или технологию изготовления серийного изделия с целью оценки влияния этих изменений на его технические характеристики и эксплуатационные параметры.

Результаты испытаний считаются положительными, а изделие - выдержавшим испытания, если оно испытано в полном объеме, установленном нормативно-технической документацией для данного вида испытаний, и при этом все его технические характеристики и эксплуатационные параметры соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Испытания технических средств и технологического оборудования после ремонта по объему соответствуют приемосдаточным испытаниям и проводятся с целью контроля качества ремонта изделий (функционирования изделия в соответствии с его назначением, соответствия основных технических характеристик изделия и его эксплуатационных параметров требованиям нормативно-технической документации).

В ходе проведения предварительных или приемочных испытаний могут быть выявлены отдельные несоответствия технических характеристик и эксплуатационных параметров, опытных образцов изделий требованиям нормативно-технической документации. В этих случаях должны быть внесены соответствующие изменения в конструкцию или технологию изготовления изделий с целью приведения значения этих показателей в соответствие с предъявленными при разработке изделия требованиями.

Результаты испытаний считаются положительными, а образец - выдержавшим испытания, если все его технические характеристики и эксплуатационные

параметры полностью соответствуют требованиям нормативно-технической документации.

Ряд методов испытаний является общим для всех образцов технического оборудования и технических средств. Сюда относят методы определения ряда конструктивных показателей, эргономических и технико-экономических характеристик, оценки степени унификации и стандартизации.

Комплектность образца и его соответствие документации проверяется путем внешнего осмотра и сверки наличия составных частей, запасных частей и инструмента паспортным данным, соответствия маркировки и качества отделки требованиям документации.

Масса и геометрические размеры образца определяют с помощью весов и линейных измерительных инструментов.

Эргономические показатели, определяемые с целью оценки приспособленности образца к условиям работы обслуживающего персонала, включают в себя оценку соответствия рабочего места оператора требованиям безопасности, усилий, прилагаемых к органам управления (маховикам, рычагам, рукояткам и т.п.), освещенности рабочего места и контрольно-измерительных приборов, загазованности и температуры на рабочем месте, шумовых и вибрационных характеристик рабочего места, массы снимаемых в процессе эксплуатации и технического обслуживания сборочных единиц и деталей, работоспособности сигнальных и индикаторных устройств. Для оценки эргономических показателей применяют соответствующие приборы и устройства (динамометры, люксметры, газометры, шумометры, виброизмерительная аппаратура, весы и т.п.).

Эксплуатационную технологичность образца, характеризующую его приспособленность к выполнению всех операций по техническому обслуживанию, оценивают удельной трудоемкостью технического обслуживания, коэффициентами технического использования и доступности.

Удельная трудоемкость технического обслуживания образца, чел-ч/м³,

$$T_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} T_{TOi}}{V}, \quad (6.44)$$

где T_{TOi} - трудозатраты на выполнение i -го технического обслуживания, чел/ч; V - объем обработанного за время работы нефтепродукта, m^3 ; m - число технических обслуживания за время работы.

Вместо объема нефтепродукта в знаменателе правой части выражения (5.44) можно использовать такие показатели, как пробег за время работы L , км (для автомобильных средств транспортировки нефтепродуктов), продолжительность производственной эксплуатации τ , мес (для средств хранения нефтепродуктов) и т.п. Соответственно удельная трудоемкость технического обслуживания будет иметь размерность чел·ч/км, чел·ч/мес и т.д.

Коэффициент технического использования

$$K_{ТИ} = \frac{\tau_p}{\tau_p + \sum_{i=1}^m P_{TOi}}, \quad (6.45)$$

где τ_p - Продолжительность непосредственной работы образца, ч; P_{TOi} - простой при выполнении i -го технического обслуживания, ч.

Коэффициент доступности

$$K_{ДОС} = \frac{T_{осн}}{T_{осн} + T_{доп}}, \quad (6.46)$$

где $T_{осн}$ - трудоемкость выполнения операций по непосредственному техническому обслуживанию образца, чел·ч; $T_{доп}$ - трудоемкость выполнения дополнительных работ, чел·ч (демонтаж и монтаж деталей, препятствующих доступу к основному месту работы, вскрытие крышек, снятие облицовки и т.п.).

Показатели эксплуатационной технологичности устанавливают с помощью хронометража.

Уровень стандартизации и унификации образцов, определяют для нахождения количественных показателей использования образце стандартных унифицированных, заимствованных, покупных и оригинальных составных частей и оценки взаимозаменяемости образца с другими техническими средствами и технологическим оборудованием. К оцениваемым показателям относят коэффициенты применяемости и внутрипроектной унификации.

Коэффициент применяемости

$$K_{np} = \frac{n - n_{\delta}}{n}, \quad (6.47)$$

где n - общее число типоразмеров; n_{δ} - число оригинальных типоразмеров, $n_{\delta} = n - n_c - n_y - n_3 - n_n$, [здесь n_c, n_y, n_3, n_n - число соответственно стандартных, унифицированных, заимствованных и покупных типоразмеров].

Коэффициент внутрипроектной унификации, характеризующий отношение повторяющихся составных частей изделия к их общему количеству

$$K_{BY} = \frac{N - n}{n}, \quad (5.48)$$

где N - общее число составных частей изделия.

Метрологическое обеспечение изделий оценивают с целью проверки соответствия степени точности контрольно-измерительных приборов характеристикам образца. Степень метрологического обеспечения образца определяют в процессе испытаний по его эксплуатационным параметрам (гидравлической характеристики, пропускной способности и т.п.). Для параметров, у которых нормирована приведенная погрешность, фактическую относительную погрешность в процентах вычисляют по формуле

$$\gamma_{\phi} = \frac{\gamma_{np} \chi_{\max}}{\chi}, \quad (6.49)$$

где γ_{np} - нормируемая погрешность встроенного средства измерения, соответствующая классу точности прибора, %; χ_{\max} - максимальное значение шкалы прибора. %; χ - максимальное значение измеряемого параметра, заданное в нормативно-технической документации.

Для контролируемых параметров предельно допустимая погрешность измерения. %,

$$\gamma_{д} = \pm R \frac{\Delta \chi}{\chi} 100, \quad (6.60)$$

где R - коэффициент соотношения между допускаемой погрешностью измерения и допустимым отклонением контролируемого параметра (при отсутствии данных о законе распределения $R = 1/3$; $\Delta \chi$ — допуск на параметр.

Экономическую эффективность изделий оценивают показателем, характеризующим затраты на обработку (перекачку, очистку, выдачу и т.д.) 1 м³ продукта и называемым приведенной стоимостью данной операции, руб/м³, для которой предназначено изделие, т.е.

$$C_{np} = \frac{C_{об} + C_э}{V}, \quad (6.61)$$

где $C_{об}$ - стоимость образца, руб.; $C_э$ - эксплуатационные расходы за полный срок службы образца, руб.; V - объем нефтепродукта, обработанного за полный срок службы образца, м³ (определяют в процессе ресурсных испытаний изделия).

По приведенной стоимости операции можно проводить сравнительную экономическую оценку однотипных изделий, предназначенных для выполнения этой операции.

Контрольные вопросы:

1. *Перечислите и охарактеризуйте методы ремонта?*
2. *Укажите технологические операции при приеме изделий в ремонт.*
3. *Какие используются методы очистки изделий?*
4. *Какие средства используются для мойки и очистки изделий?*
5. *Что такое дефектация деталей?*
6. *Какие бывают виды дефектов?*
7. *Какой инструмент используется для определения дефектов изделий?*
8. *Какие методы используются для выявления дефектов?*
9. *Какие методы используются для восстановления деталей?*
10. *Какие методы используют для заделки трещин?*
11. *Как заделываются пробоины в корпусах резервуаров?*
12. *Какие методы используются для восстановления валов?*
13. *Как производится восстановление труб?*
14. *Какова последовательность устранения вмятин на поверхности цистерн и резервуаров?*
15. *Как устраняются отставания и неплотности сварных швов?*
16. *Какие методы используются для восстановления посадки?*
17. *Какими показателями оценивается качество сборки изделий?*

- 18. Что такое размерная цепь и для чего она используется?*
- 19. Особенности сборки резьбовых соединений.*
- 20. Для чего необходима балансировка вращающихся деталей?*
- 21. Как проводится статическая и динамическая балансировка деталей?*
- 22. Какие виды испытаний проводятся в процессе эксплуатации изделий?*
- 23. Какие показатели используются для оценки изделий в процессе испытаний?*
- 24. Для чего проводится метрологическое исследование изделий?*
- 25. По какому показателю оценивается экономическая эффективность изделий?*

Антон Алексеевич Хохлов
Алексей Леонидович Хохлов
Ильмас Рифкатович Салахутдинов

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ:**

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 108с.