



---

---

Министерство образования Республики Беларусь

---

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

---

Институт повышения квалификации и переподготовки

---

Кафедра «Разработка и эксплуатации нефтяных  
месторождений и транспорт нефти»

---

---

**С. В. Козырева**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ  
НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**ПОСОБИЕ**

**по одноименному курсу для слушателей  
специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений»  
заочной формы обучения**

---

---

Гомель 2017

---

---

УДК 622.276.002.5(075.8)  
ББК 33.361я73  
К59

*Рекомендовано кафедрой «Разработка, эксплуатация нефтяных месторождений и транспорт нефти» ГГТУ им. П. О. Сухого (протокол № 2 от 22.09.2017г.)*

Рецензент: зав. отд. строительства скважин БелНИПИнефть *Д. В. Порошин*

**Козырева, С. В.**  
К59 Эксплуатация и ремонт нефтегазопромыслового оборудования : пособие по одному курсу для слушателей специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч. формы обучения / С. В. Козырева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 178 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены общие вопросы эксплуатации оборудования, связанные с эффективностью его использования и поддержанием надежности. Изложены основы диагностирования технического состояния оборудования, организации его технического обслуживания и ремонта, технологические процессы ремонта оборудования, способы восстановления сопряжений и поверхностей деталей, технологические методы, применяемые для восстановления поверхностей и неразъемных соединений ремонтируемых деталей. Рассмотрена специфика технической эксплуатации оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи.

**УДК 622.276.002.5(075.8)**  
**ББК 33.361я73**

© Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовая отрасль представляет высокомеханизированное производство. Оборудование, используемое для бурения скважин, добычи, сбора и подготовки нефти и газа, в значительной мере определяет научно-технический прогресс в нефтегазовой отрасли, широкое внедрение прогрессивных форм организации труда, эффективность капитальных вложений и качество выполняемых работ.

Непрерывный процесс оснащения предприятий нефтегазодобывающих обществ новым энергонасыщенным оборудованием все более сложной конструкции и необходимость обеспечения высокого уровня технической готовности и экономичности его работы обуславливают резкое увеличение объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту. Все это повышает требования к состоянию всех звеньев эксплуатационной службы и требует коренного улучшения организационных форм использования оборудования по назначению, его технического обслуживания и ремонта, а также совершенствования подготовки специалистов, занимающихся этими вопросами.

Эксплуатацию оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи следует рассматривать как систему управления показателями качества, обеспечивающими эффективное использование техники, поддержание ее в работоспособном состоянии с наименьшими затратами.

При написании пособия ставились следующие задачи:

- изложить вопросы эксплуатации оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи как специальной инженерной дисциплины широкого профиля, завершающей формирование горного инженера нефтегазовой отрасли в вузе;
- дать системное представление о широком круге вопросов, составляющих предмет дисциплины «Эксплуатация и ремонт нефтегазопромыслового оборудования»;
- ориентировать слушателя на главные вопросы комплексной и многосторонней проблемы эксплуатации оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи;
- систематизировать основные методы и средства теории эксплуатации оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи.

## ТЕМА 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Согласно ГОСТ 25866 эксплуатация - стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество. При этом под изделием понимается любой вид техники. Процесс эксплуатации включает в общем случае использование изделия по назначению, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт.

Эксплуатация подразделяется на две составляющие: использование машин по назначению и техническую эксплуатацию.

*Использование по назначению* - это применение продукции (машины) для целей, предусмотренных техническими условиями и инструкциями, утвержденными поставщиком.

*Техническая эксплуатация* включает транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт машины.

*Система эксплуатации* - совокупность машин, средств эксплуатации, исполнителей и документации, устанавливающей правила и порядок их взаимодействия, необходимая и достаточная для выполнения поставленных задач.

*Условия эксплуатации* - совокупность факторов, действующих на машину при ее эксплуатации.

*Ввод в эксплуатацию* - событие, фиксирующее готовность машины к использованию по назначению и документально оформленное в установленном порядке. Для специальных видов техники к вводу в эксплуатацию также относят подготовительные работы, контроль, приемку и закрепление машины за эксплуатирующим подразделением.

*Начало эксплуатации* - момент ввода машины в эксплуатацию.

*Ожидание использования по назначению* - нахождение машины в состоянии готовности к использованию по назначению, предусмотренное в нормативно-технической документации.

*Хранение при эксплуатации* (хранение) - содержание неиспользуемой по назначению машины в заданном состоянии в отведенном для ее размещения месте с обеспечением сохранности в течение заданного срока.

*Транспортирование при эксплуатации* (транспортирование) - перемещение машины в заданном состоянии с применением при необходимости транспортных и грузоподъемных средств,

начинающееся с погрузки и кончающееся разгрузкой на месте назначения.

*Ремонт* – это комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния объекта, а также восстановлению ресурса объекта или его составных частей.

*Техническое обслуживание* - это комплекс операций, или операция, по поддержанию работоспособного или исправного состояния объекта при использовании по назначению, ожидании, хранении и транспортировании.

*Технологическое обслуживание* - комплекс операций по подготовке машины к использованию по назначению, хранению, транспортированию и приведению ее в исходное состояние после этих процессов, не связанных с поддержанием надежности изделия.

*Нормальная эксплуатация* - эксплуатация машины в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

*Подконтрольная эксплуатация* - эксплуатация с целью получения дополнительной информации.

*Лидерная эксплуатация* - нормальная эксплуатация заданного числа машин, выделенных для более интенсивного расходования ресурса по сравнению с остальным парком.

*Реальная эксплуатация* - эксплуатация в сложившихся в эксплуатирующей организации условиях

*Снятие с эксплуатации* - событие, фиксирующее невозможность или нецелесообразность дальнейшего использования по назначению или ремонта машины и документально оформленное в установленном порядке.

*Конец эксплуатации* - момент снятия с эксплуатации.

*Технический сервис* - целенаправленная деятельность юридических и физических лиц, не являющихся потребителями машин, по обеспечению эффективной и безопасной их эксплуатации. Это означает, что некая коммерческая структура, обладающая статусом физического или юридического лица и не являющаяся потребителем (владельцем) техники, может на основании договора самостоятельно или совместно с ним проводить за определенную плату предпродажную подготовку, транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт этой техники.

*Фирменный метод технического обслуживания* (фирменное обслуживание) - выполнение технического обслуживания предприятием-изготовителем.

*Фирменный метод ремонта* (фирменный ремонт) - выполнение ремонта предприятием-изготовителем.

*Качество* - совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности потребителя в соответствии с назначением.

*Свойство* - объективная особенность продукции или услуги, которая закладывается при ее создании (выполнении) или проявляется в процессе эксплуатации.

*Показатели качества* - количественная характеристика одного или нескольких свойств, определяющих качество.

## **1.1 Служба эксплуатации оборудования и эксплуатационно-ремонтная база**

Общее руководство эксплуатацией оборудования осуществляет нефтегазодобывающее общество, на балансе которого находится оборудование.

Непосредственно эксплуатацией оборудования занимаются территориальные производственные предприятия (ТПП), входящие в состав этого общества или его филиалов.

На ТПП возложены следующие функции: 1) учет наличия и движения оборудования; 2) ведение технической документации на оборудование; 3) организация учета работы оборудования в отработанных часах в целях проведения ремонта; 4) контроль за техническим состоянием, за правильностью эксплуатации оборудования, подготовка материалов на списание в установленном порядке; 5) обеспечение служб ремонта необходимой технической документацией; 6) разработка годовых, квартальных, месячных планов-графиков технического обслуживания (ТО) и ремонтов (Р); 7) проведение ТО оборудования; 8) проведение планового ремонта оборудования в соответствии с планом-графиком; 9) поставка оборудования на капремонт и прием из ремонта; 10) определение потребности в запчастях для ремонта оборудования; 11) контроль за наличием и техническим состоянием нормативного запаса оборудования и запчастей, необходимого для бесперебойной работы

предприятия, организация его хранения; 12) подготовка новых видов оборудования к эксплуатации, внедрение новой техники; 13) ликвидация аварий с оборудованием, установление причин аварий; 14) контроль за соблюдением требований техники безопасности при эксплуатации и ремонте; 15) своевременная подготовка отчета о выполнении ремонта оборудования; 16) организация сбора данных о работе оборудования; 17) составление заявок на оборудование, топливно-смазочные материалы, запчасти и другие изделия.

Служба главного механика ТПП составляет годовые планы капремонта техники, организует размещение машин и сборочных единиц для проведения капремонта на ЦБПО и ремзаводах, контролирует ход ремонта машин, ведет учет техники и ее движение, участвует в составлении заявок на машины, обороте сборочных единиц, запчастей и в их распределении по предприятиям, контролирует правильность списания техники, руководит подведомственными ремонтными предприятиями, организует учебу работников, занимается эксплуатацией и ремонтом техники, обеспечивает подведомственные организации нормативными материалами и инструкциями по эксплуатации техники.

Ответственность за выполнение эксплуатационным персоналом инструкций по эксплуатации оборудования возлагается на руководство и главного механика предприятия или цех.

На каждый вид оборудования устанавливаются, в зависимости от его конструкции и назначения, трудовые затраты по видам ремонта, минимальное количество рабочих, выполняющих ремонт.

Выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) оборудования нефтегазодобывающего общества возложено на эксплуатационно-ремонтную базу, которая включает собственную эксплуатационно-ремонтную базу, ремонтные базы подрядных организаций (технический сервис) и ремонтные базы предприятий-изготовителей оборудования (фирменный сервис).

Собственная эксплуатационно-ремонтная база ТПП нефтегазодобывающего общества представляет производственную систему, объединяющую следующие подразделения, персонал которых выполняет работы по ТО и Р:

технологические службы в цехах по добыче нефти и газа (ЦДНГ), поддержанию пластового давления (ППД), первичной подготовке нефти (ЦППН);

базы производственного обслуживания (БПО);

центральные базы производственного обслуживания (ЦБПО).

Основная задача БПО - выполнение текущего ремонта и технического обслуживания оборудования. В структуру БПО входят: цеховой ремонтно-технический персонал (механические мастерские); ремонтные бригады по обслуживанию нефтегазопромысловых объектов на месте эксплуатации.

ЦБПО специализируется на выполнении следующих работ:

производство нестандартного оборудования и инструмента;

капитальный ремонт оборудования для бурения и нефтегазодобычи;

производство запасных частей и инструмента для проведения капитального ремонта оборудования.

Подрядные организации выполняют в основном ремонт стационарного оборудования и сооружений (резервуары, нефтепроводы, печи подогрева нефти и т.п.), потребность в котором возникает периодически и при выполнении которого необходимо применение специализированных, технологий.

В связи со все более эффективным развитием отечественного газонефтяного машиностроения нагрузка на технологическое оборудование ЦБПО непрерывно снижается. Отдельные виды оборудования, инструмента и запчастей производства ЦБПО дороже серийно выпускаемых машиностроительными заводами.

В подобной ситуации имеются все предпосылки для более широкого развития в системе ТО и Р технического и фирменного сервиса, т.е. постепенной передачи специализированным подрядным организациям и заводам-изготовителям газонефтяного оборудования основного объема работ по ТО и Р, ранее выполняемого собственной эксплуатационно-ремонтной базой нефтегазодобывающего общества.

Под фирменным обслуживанием следует понимать комплекс организационно-технических, инженерных и коммерческих мероприятий, осуществляемых машиностроительными предприятиями с целью обеспечения высокого уровня стабильности и эффективности использования техники на протяжении всего срока эксплуатации.

Ведущие отечественные и зарубежные машиностроительные фирмы работают по комплексным программам, обеспечивающим требуемое качество техники и непосредственное их участие в процессах эксплуатации техники.



## 1.2 Эксплуатационная документация

Эксплуатационная документация является одной из четырех составляющих системы эксплуатации машин. ГОСТ 2.601 «ЕСКД. Эксплуатационные документы» устанавливает виды, комплектность и правила выполнения эксплуатационных документов (ЭД), предназначенных для облегчения эксплуатации машин и ознакомления с их конструкцией, а также установления правил эксплуатации (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования), определяющих основные параметры и свойства машины, гарантии изготовителя, длительность и условия функционирования, основные дефекты и методы их устранения, правила утилизации машин и их составных частей.

Эксплуатационная документация должна полностью соответствовать поставляемой машине, а сведения, содержащиеся в ней, должны быть достаточными для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации машины в течение всего срока службы. При необходимости в ЭД приводят указания о требуемом уровне подготовки обслуживающего персонала.

В эксплуатационной документации ссылки делаются только на документы, включенные в соответствующую ведомость для данной машины. Приводятся также обозначения стандартов или технических условий, в соответствии с которыми изготовлены машина, сборочная единица, комплектующее изделие или материал.

Эксплуатационные документы разрабатывают на основе рабочей конструкторской документации, опыта эксплуатации аналогичных машин, анализа эксплуатационной технологичности машины в целом и ее составных частей, материалов по исследованию надежности машин данного типа и аналогичных машин другого типа и результатов научно-исследовательских работ, направленных на повышение качества машин.

К эксплуатационным документам относятся текстовые и графические рабочие конструкторские документы, которые в отдельности или в совокупности дают возможность ознакомления с машиной и определяют правила ее эксплуатации.

Согласно ГОСТ 2.601 предусмотрены следующие виды эксплуатационных документов.

*Руководство по эксплуатации (РЭ)* - документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) машины и ее составных частей и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации, а также методы оценки ее технического состояния при определении необходимости отправки в ремонт и сведения об утилизации машины в целом и ее составных частей.

*Инструкция по монтажу, пуску, регулировке и обкатке (ИМ)* - документ, содержащий сведения, необходимые для монтажа, пуска, регулирования, обкатки и сдачи машины в эксплуатацию на месте применения, и составляющийся в случае, если эти сведения нецелесообразно или невозможно изложить в руководстве по эксплуатации.

*Формуляр (ФО)* - документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик, информацию о техническом состоянии машины, сведения о ее сертификации и утилизации, а также служащий для внесения фактических данных, которые необходимо фиксировать в период ее эксплуатации (длительность и условия работы, отметки о техническом обслуживании, ремонте, хранении и др.).

*Паспорт (ПС)* - документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик машины, а также сведения о ее сертификации и утилизации.

В зависимости от назначения машины, условий ее эксплуатации и объема обязательных сведений изготовитель оформляет ФО или ПС.

*Каталог деталей и сборочных единиц (КДС)* - документ, содержащий перечень деталей, и сборочных единиц машины, сведения об их числе, расположении, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях и материалах. Разрабатывается на машины, для которых в течение времени их эксплуатации предусматриваются многократные ремонты и замены запасных частей.

*Нормы расхода запасных частей (НЗЧ)* - документ, содержащий номенклатуру запасных частей машины и их число, необходимое на период эксплуатации, т.е. среднее ожидаемое за период эксплуатации число замен составных частей из-за отказов и выработки ресурса.

*Нормы расхода материала (НМ)* - документ, содержащий номенклатуру материалов и их количество, расходуемое за период

эксплуатации машины, т.е. это средний ожидаемый расход материалов за период эксплуатации.

*Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗП)* - документ, содержащий информацию о номенклатуре, назначении, количестве и местах расположения запасных частей, инструментов, принадлежностей (ЗИП) и материалов, расходуемых за период работы машины. Ведомость ЗП составляется для машин, к которым предусмотрен комплект ЗИП. Если число необходимых ЗИП незначительно, то ведомость не разрабатывается, а требуемая номенклатура перечисляется в формуляре или паспорте.

*Учебно-технические плакаты (УП)* - иллюстрации, содержащие сведения о конструкции машины, принципе ее действия, приемах использования и техническом обслуживании.

*Ведомость эксплуатационных документов (ВЭ)* устанавливает комплектность и места укладки документов, поставляемых с машиной или отдельно от нее. Если в комплект входят два или более самостоятельных ЭД, то такая ведомость составляется обязательно.

В эксплуатационной документации, поставляемой с машиной, должна в обязательном порядке содержаться следующая информация:

номер и название стандарта, обязательным требованиям которого должна соответствовать машина;

основные сведения о конструкции, технические данные и характеристики (свойства);

правила и условия безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации;

ресурс, срок службы и необходимые действия потребителя по его истечении, а также возможные последствия при невыполнении этих действий;

гарантии изготовителя (поставщика); сведения о сертификации; сведения о приемке.

*Руководство по эксплуатации*, как правило, включает в себя введение и следующие части: «Описание и работа», «Использование по назначению», «Техническое обслуживание», «Текущий ремонт», «Хранение», «Транспортирование», «Утилизация».

*Инструкция по монтажу, пуску, регулировке и обкатке машины* содержит сведения, необходимые для правильной подготовки машины. (В случае, если перечисленные работы на месте применения машины осуществляет тот же персонал, который в дальнейшем будет

ее эксплуатировать, эти сведения помещают в руководстве по эксплуатации.) Она состоит из введения, общих указаний, сведений о мерах безопасности, а также включает описание технологии подготовки изделия к монтажу и стыковке; монтажа и демонтажа; наладки, стыковки и испытаний; пуска; регулировки; комплексной проверки; обкатки; сдачи смонтированного и состыкованного изделия в эксплуатацию.

Все дополнительные сведения (монтажные чертежи, схемы и др.) помещают в приложениях.

В *формуляре* отражается техническое состояние машины после изготовления, в процессе эксплуатации и после ремонта. На составные части машины также допускается разрабатывать формуляр, если они ремонтируются отдельно от машины.

*Паспорт* по содержанию и оформлению аналогичен формуляру и, в общем случае, включает сведения о ресурсах, сроках службы и хранения; гарантии изготовителя (поставщика); данные о консервации и упаковывании; свидетельства о приемке; информацию о движении машины в эксплуатации; бланки для учета выполнения работ по бюллетеням и указаниям заказчика, а также сведения по эксплуатации, хранению и утилизации.

К сведениям по эксплуатации и хранению относятся данные о взаимозаменяемости изделий с ранее выпускаемыми модификациями; предупреждение о необходимости сохранения определенных пломб изготовителя; особые меры безопасности при работе и особые условия эксплуатации. Также здесь могут быть указаны и другие сведения, например, о возможности взаимодействия с другими машинами в процессе работы, результаты входного контроля и т.д.

*Каталог деталей и сборочных единиц* в общем случае состоит из титульного листа, введения и специальных разделов. Во введении содержатся сведения о назначении и составе КДС; порядке его использования; перечень (по годам выпуска) модификаций машины, на которые выпущен каталог; правила расположения сборочных единиц и деталей по разделам каталога; пояснения к принятым условным обозначениям.

*Нормы расхода запасных частей* подразделяются на два раздела: для составных частей собственного производства и для покупных изделий и их составных частей.

*Нормы расхода материалов* также представляются в табличной форме. Потребность в материалах рассчитывают так же, как

потребность в НЗЧ. Материалы в нормы вносятся в соответствии со спецификацией машины; допускается здесь же вписывать крепежные изделия.

*Ведомость* ЗП состоит из титульного листа и следующих разделов: запасные части, инструменты, принадлежности, материалы, которые допускается выполнять в качестве отдельных документов (ведомостей). Материал в ведомости, как правило, представляется в виде таблиц, в графах которых указывают: обозначение запасной части; код продукции; наименование запасной части; место укладки; где применяется; число в машине; число в комплекте; примечания.

*Ведомость эксплуатационных документов* содержит титульный лист и перечень документов на машину. Записываются документы по разделам в следующем порядке: документация на машину в целом; документация на составные части машины (включая покупные изделия); перечень папок и футляров с документацией.

Ведомость обычно оформляется в виде таблицы с графами: обозначение документа; наименование документа; число экземпляров; номер экземпляра; место хранения.

## **ТЕМА 2 ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

### **2.1 Показатели надежности оборудования**

*Надежность* - свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. При этом под объектом понимается предмет определенного целевого назначения (деталь, сборочная единица, машина).

Проблема надежности касается сферы проектирования, изготовления и эксплуатации машин.

При проектировании машины надежность закладывается в конструкцию и зависит от ее технологичности, применяемых материалов, методов защиты от различных вредных воздействий, приспособленности к ремонту и техническому обслуживанию (ТО), а также от многих других конструктивных особенностей.

При изготовлении машины надежность определяется качеством изготовления деталей, а также сборки машины и ее сборочных единиц, методов испытания готовой продукции и других показателей технологического процесса.

При использовании машины надежность зависит от методов и условий эксплуатации, принятой стратегии технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), режимов работы и других факторов.

В процессе эксплуатации показатели надежности машин постепенно ухудшаются. Изучением закономерностей изменения показателей надежности различных объектов при эксплуатации занимается теория надежности.

Различают следующие виды технического состояния объектов: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное, предельное.

*Исправное состояние (исправность)* состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

*Неисправное состояние (неисправность)* – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

*Работоспособное состояние (работоспособность)* - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

*Неработоспособное состояние (неработоспособность)* - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Понятие о исправном состоянии шире, чем понятие о работоспособном. Работоспособная машина в отличие от исправной удовлетворяет лишь требованиям нормативно-технической документации, согласно которым обеспечивается нормальная работа при выполнении заданных функций. При этом машина может не удовлетворять ряду требований нормативно-технической документации (например, требованиям, относящимся к внешнему

виду). Иначе говоря, работоспособная машина может быть неисправной, однако ее дефекты не настолько существенны, чтобы нарушать нормальную работу.

Различают два случая неработоспособного состояния машины - *устранимое* и *неустранимое*. В первом случае работоспособность машины может быть восстановлена выполнением комплекса ремонтных работ, во втором это технически невозможно или экономически нецелесообразно.

*Предельное состояние* - состояние объекта, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Переход объекта в предельное состояние влечет за собой временное или окончательное прекращение его применения по назначению.

В теории надежности все объекты делят на следующие классы: обслуживаемые и необслуживаемые, восстанавливаемые и невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые.

*Обслуживаемый объект* - объект, для которого проведение технического обслуживания предусмотрено нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.

*Необслуживаемый объект* - объект, для которого проведение технического обслуживания не предусмотрено нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.

*Ремонтируемый объект* - объект, ремонт которого возможен и предусмотрен нормативно-технической, ремонтной и (или) конструкторской (проектной) документацией.

*Неремонтируемый объект* - объект, ремонт которого не возможен или не предусмотрен нормативно-технической, ремонтной и (или) конструкторской (проектной) документацией.

*Восстанавливаемый объект* - объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

*Невосстанавливаемый объект* - объект для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния не предусмотрено в нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Для невосстанавливаемых объектов предельное состояние может быть двух видов. Первый вид совпадает с неработоспособным

состоянием. Второй вид обусловлен наработкой объектом назначенного ресурса. В этом случае переход невосстанавливаемого объекта в предельное состояние происходит еще в работоспособном состоянии (до возникновения отказа). Последнее обусловлено тем обстоятельством, что, начиная с некоторого момента времени, дальнейшее применение по назначению еще работоспособного объекта согласно определенным критериям оказывается недопустимым в связи с опасностью или вредностью этого использования.

Для восстанавливаемых объектов выделяют также два вида предельных состояний. Первый вид обусловлен необходимостью отправки объекта в ремонт, т.е. временным прекращением его применения по назначению. Второй вид предельного состояния предполагает окончательное прекращение применения объекта по назначению в связи со списанием его с баланса.

Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта устанавливаются нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией. В зависимости от условий эксплуатации для одного и того же объекта могут быть установлены два и более критериев предельного состояния.

Предельное состояние детали и сопряжения устанавливается по предельному отклонению параметра их технического состояния (зазору, натягу или размеру). Значения допустимых отклонений параметра технического состояния деталей и сопряжений оговариваются в нормативно-технической, ремонтной и (или) конструкторской (проектной) документации.

В процессе эксплуатации под действием различных факторов изменяются свойства объектов, что приводит к изменению их состояния, т.е. к переходу от исправного к неисправному и от работоспособного к неработоспособному.

*Повреждение* - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

*Отказ* - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

*Критерий отказа* - признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документацией.



*Причина отказа* - явления, процессы и состояния, вызывающие возникновение отказа объекта.

Восстанавливаемые объекты могут иметь более одного отказа. Примерами восстанавливаемых объектов могут служить насосы, запорная арматура, роторы, вертлюги, компрессоры, агрегаты для ремонта скважин и др.

Невосстанавливаемые объекты могут иметь только один отказ. После наступления предельного состояния они подлежат замене. Примерами невосстанавливаемых объектов могут служить изношенные фрикционные накладки тормозов и муфт, пружины, подшипники качения и др.

Отказы классифицируют по различным признакам:

*конструкционный* - отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленных правил и (или) норм проектирования и конструирования;

*производственный* – отказ, возникший по причине, связанной с несовершенством или нарушением установленного процесса изготовления или ремонта, выполняемого на ремонтном предприятии;

*эксплуатационный* – отказ, возникающий по причине, связанной с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации;

*внезапный* – отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких основных параметров объекта;

*постепенный* - отказ, возникающий в результате постепенного изменения значений одного или нескольких параметров объекта;

*сбой* - самоустраняющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора;

*перемежающийся* - многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того характера;

*явный* - отказ, обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования при подготовке объекта к применению или в процессе его применения по назначению;

*скрытый* - отказ, не обнаруживаемый визуально или штатными методами и средствами контроля и диагностирования, но выявляемый при проведении технического обслуживания или специальными методами диагностики;

*непрогнозируемый* - отказ, который заранее нельзя предвидеть;

*прогнозируемый* - отказ, который можно заранее предвидеть, например, по числу проработанных изделием часов или по изменению одного или нескольких параметров изделия;

*ресурсный* - отказ, в результате которого объект достигает предельного состояния;

*деградационный* - отказ, обусловленный естественными процессами старения, изнашивания, коррозии и усталости при соблюдении всех установленных правил и (или) норм проектирования, изготовления и эксплуатации.

Отказы при эксплуатации сложных систем возникают в случайные моменты времени. Поскольку отказы устраняются, то в течение времени наблюдается их поток. Под *потоком отказов* понимается последовательность отказов, происходящих один за другим в случайные моменты времени. Вид потока отказов определяет аналитические зависимости между количественными характеристиками надежности.

Показателем использования объекта по назначению является наработка.

*Наработка* - продолжительность или объем работы объекта. Нарработка может измеряться в единицах времени, длины, объема, массы.

В теории надежности рассматриваются следующие виды наработки объектов: наработка до отказа, наработка между отказами и ресурс.

*Наработка до отказа* - наработка объекта от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа. Этот показатель рассматривается как для невосстанавливаемых, так и для восстанавливаемых объектов.

Наработка до отказа является случайной величиной. Исчерпывающей характеристикой случайной величины является закон распределения, устанавливающий связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями. Закон распределения случайной величины обычно задается функцией распределения.

*Наработка между отказами* – наработка объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа.

*Ресурс* - суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после ремонта до перехода в

предельное состояние. Иначе говоря, ресурс представляет собой запас возможной наработки объекта. Он измеряется в тех же единицах, как и наработка.

*Долговечность* - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Показателями долговечности объектов служат ресурс и срок службы, на которые влияют случайные факторы.

*Срок службы* - календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние. Его измеряют в единицах времени (месяц, год).

## **2.2 Причины отказов оборудования при эксплуатации**

Причины отказов различных элементов оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи можно разделить на шесть основных групп:

- деформация и излом;
- износ;
- коррозионные разрушения;
- сорбционные разрушения;
- коррозионно-механические разрушения;
- образование отложений твердых веществ.

### **Деформация и излом**

Деформация и излом возникают при чрезмерном увеличении напряжений в материале конструкции, превосходящих соответственно предел текучести или предел прочности. Различают упругие деформации, исчезающие после снятия нагрузки, и пластические, остающиеся после снятия нагрузки. Остаточные деформации приводят к изменению размеров и конфигурации элементов конструкции.

Изломом называют полное разрушение материала элемента конструкции, приводящее к его расчленению. Изломы разделяют в зависимости от характера нагружения на статический, динамический и усталостный.

При кратковременной однократной нагрузке возникают динамический или статический изломы. Динамический излом

происходит при высокой скорости приложения нагрузки, например, поверхностный удар. Изломы при однократном действии нагрузки наблюдаются сравнительно редко. Чаще встречаются усталостные изломы, являющиеся следствием действия переменных напряжений в течение определенного интервала времени.

В процессе работы машин их детали испытывают воздействие циклических нагрузок. Под действием циклической нагрузки в материале детали накапливаются необратимые изменения, обуславливающие возникновение макроскопической трещины, постепенное развитие которой приводит к излому.

Процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящий к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению, получил название - усталость, а способность материала сопротивляться усталостному разрушению принято называть выносливостью. Выносливость зависит от свойств самого материала, максимального напряжения и амплитуды цикла. Усталостные изломы возникают при напряжениях ниже предела текучести.

Изломы подразделяют на хрупкий и вязкий. Под вязким изломом понимают излом, который происходит при наличии макропластической деформации. Хрупкий излом в отличие от вязкого возникает при отсутствии или при незначительных размерах макропластической деформации. При этом пластичность излома определяют не по средней деформации элемента, а по наличию и степени локальной деформации в прилегающем к излому объеме материала. Часто хрупкими считают и такие изломы, которые образуются при наличии местного сужения гладких образцов менее 5 %.

Причиной хрупкого излома являются низкая пластичность самого материала, мгновенное приложение нагрузки, наличие концентраторов напряжений, хладоломкость материала и др.

### **Износ элементов оборудования**

При подвижном контакте поверхностей элементов конструкций с твердыми телами, жидкостью или газом возникают силы трения.

Процесс постепенного изменения размеров детали при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала или его остаточной деформации, получил название изнашивания, а результат этого процесса принято называть износом.

Различают изнашивание следующих видов: механическое и молекулярно-механическое.

Механическое изнашивание определяется явлениями чисто механического характера (резание, выламывание частиц, пластическое деформирование и др.). В свою очередь механическое изнашивание подразделяется по механизму изнашивания на следующие подвиды; абразивное и усталостное.

Абразивное изнашивание - механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия твердых тел.

Усталостное изнашивание происходит при повторных, достаточно высоких напряжениях, испытываемых одним и тем же объемом материала, прилегающего к поверхности, в результате чего возникают микротрещины, и происходит местное поверхностное выкрашивание материала.

По условиям изнашивания различают механическое изнашивание следующих подвидов: кавитационное, эрозионное, газоабразивное, гидроабразивное.

Кавитационное изнашивание происходит при контакте поверхностей деталей с потоком жидкости в условиях кавитации, т.е. когда в потоке жидкости образуются газовые пузырьки, разрушение которых при контакте с поверхностью детали сопровождается гидравлическими ударами.

Эрозионное изнашивание возникает при подвижном контакте поверхностей деталей с потоком жидкости или газа. При наличии в потоке жидкости или газа твердых частиц происходит соответственно гидроабразивное и газоабразивное изнашивание.

Молекулярно-механическое изнашивание также подразделяется на следующие подвиды: адгезионное и тепловое.

Адгезионное изнашивание происходит вследствие молекулярного взаимодействия между контактирующими поверхностями и проявляется в схватывании материалов этих поверхностей, приводящем к появлению на поверхностях рисок, задиров.

Тепловое изнашивание обусловлено нагревом поверхностных участков трущихся поверхностей до высоких температур, приводящим к структурным изменениям в зоне контакта и контактному схватыванию с последующим разрушением мест схватывания.

## **Коррозионные разрушения элементов оборудования**

Коррозия является одной из основных причин разрушения оборудования. В зависимости от механизма коррозионного процесса, условий его протекания и характера разрушения коррозию подразделяют на несколько видов.

По механизму коррозионного процесса различают *химическую и электрохимическую коррозию*. Электрохимическая коррозия представляет процесс взаимодействия металла или сплава с коррозионной электролитически проводящей средой, при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала металла (наличие проводников второго рода).

Химическая коррозия представляет собой процесс химического взаимодействия среды с металлом или сплавом, приводящий к образованию продуктов их взаимодействия.

Окружающая среда оказывает существенное влияние на характер протекания коррозионного процесса и, следовательно, обуславливает коррозию разных видов.

*Газовая коррозия* - коррозия металлов и сплавов в газах при высоких температурах (например, окисление и обезуглероживание стали при нагревании). Газовая коррозия - частный случай химической коррозии, характерна для внутрипромысловых установок первичной подготовки нефти.

*Атмосферная коррозия* — коррозия металлов и сплавов во влажной воздушной атмосфере. Это наиболее часто встречающийся вид коррозии наружной поверхности оборудования, эксплуатируемого в атмосферных условиях.

*Подземная коррозия* - коррозия металлов и сплавов в почвах и грунтах. Ее разновидность - коррозия под действием блуждающих токов, возникающих в грунте вблизи источников электрического тока. Этому виду коррозии преимущественно подвержены подземные трубопроводы.

*Жидкостная, коррозия* - коррозия металлов и сплавов в жидкой среде, которая может обладать или, наоборот, не обладать электролитическими свойствами при полном, неполном или переменном погружении. Частным случаем этого вида коррозии является подводная коррозия. Жидкостная коррозия наиболее распространена в оборудовании для нефтегазодобычи.

*Биокоррозия* - коррозия металлов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов (например, усиление, коррозии стали в грунтах и продукции скважин сульфатредуцирующими бактериями).

Интенсивность протекания коррозионных процессов в значительной мере зависит от характера контакта элементов оборудования или их отдельных частей; в соответствии с этим различают контактную и щелевую коррозию.

*Контактная коррозия* - электрохимическая коррозия, вызванная контактом металлов, имеющих разные стационарные потенциалы в эксплуатационной среде.

*Щелевая коррозия* - электрохимическая коррозия, усиливающаяся в щелях и зазорах между металлами, а также в местах неплотного контакта металла с неметаллическими материалами.

По характеру коррозионного разрушения металла различают коррозию следующих видов: сплошную или общую, охватывающую всю поверхность металла, находящуюся под воздействием коррозионной среды, и местную, охватывающую отдельные участки поверхности металла.

*Сплошная коррозия*, в свою очередь, подразделяется на отдельные виды: равномерную, которая протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности металла; неравномерную, протекающую с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла; избирательную, при которой разрушается одна структурная составляющая сплава или один компонент сплава.

*Местная коррозия* также подразделяется на отдельные виды: пятнами в виде отдельных пятен; язвами в виде раковин; точечную (питтинговую) в виде отдельных точечных поражений; сквозную – разрушение насквозь, т.е. на всю толщину металла; нитевидную, распространяющуюся в виде нитей преимущественно под неметаллическими покрытиями; подповерхностную, начинающуюся с поверхности, а затем распространяющуюся преимущественно под поверхностью металла и вызывающую его вспучивание и расслоение; межкристаллитную, распространяющуюся по границам кристаллитов (зерен) металла, что вызывает быструю потерю его прочности и пластичности.

Наибольшие материальные потери вызывает коррозия резервуаров, трубопроводов и колонн труб в скважинах, как наиболее металлоемких сооружений.

## **Сорбционные разрушения элементов оборудования**

Водород относится к числу наиболее сильных сорбционно-активных сред по отношению к металлам и сплавам. Он оказывает существенное влияние на механические свойства большинства металлов: у пластичных малоуглеродистых сталей вызывает резкое снижение относительного удлинения, поперечного сужения, ударной вязкости; у высокоуглеродистых закаленных сталей с повышенными прочностными характеристиками - уменьшение предела прочности. Даже при отсутствии внешних нагрузок происходит растрескивание сталей.

По механизму взаимодействия водорода с металлом следует выделить два различных, но взаимосвязанных процесса: адсорбция - молекулярное взаимодействие водорода с поверхностью металла, приводящее к образованию насыщенного слоя водорода на границе раздела газ - металл, и абсорбция - растворение водорода в массе металлах

Поверхность металла обычно обладает достаточно высокой адсорбционной способностью ввиду наличия у нее значительной свободной поверхностной энергии, обусловленной особенностями металлической связи

Распределение свободной энергии по поверхности металла - неравномерное. Всегда имеются участки с различным уровнем свободной энергии или энергии связи с молекулами адсорбированного газа. Активные центры адсорбции, как правило, соответствуют местам нарушений кристаллической структуры поверхности металла и их число, а, следовательно, активность всей поверхности будет зависеть от состояния или метода обработки поверхности. Наиболее высокой активностью обладают вновь образованные, не успевшие окислиться поверхности.

Процесс растворения водорода в металлах сопровождается процессом диссоциации молекул водорода на атомы, так как в молекулярном состоянии водород не растворяется в металлах. Процесс диссоциации является необходимым условием для образования раствора водорода в кристаллах металла.

Процесс диссоциации молекул водорода на атомы может происходить в газовой среде при высоких температурах (термическая диссоциация) или в поверхностном слое металла за счет энергии адсорбции; кроме того, на поверхности металла могут образовываться



атомы водорода в процессе химических реакций, адсорбироваться и переходить в металлический раствор.

Водород обладает большой склонностью к диффузии в твердых телах. Особенно большой подвижностью он обладает в металлах, что объясняется его малыми размерами и строением атома. Принято считать, что водород в металлических растворах находится в виде протона, чем и обуславливается его большой подвижностью. Растворяясь в кристаллической решетке стали, атомы водорода отдают свои электроны, превращаясь в положительно заряженные ионы (протоны). Ионы водорода диффундируют в кристаллической решетке стали с высокой скоростью. Встречая на своем пути какие-либо дефекты (микропустоты, трещины, раковины, дислокации и т.п.), они выходят из кристаллической решетки и, молизуясь, создают в объеме микродефекта большое внутреннее давление до 4,0 тыс. МПа и выше, что вызывает деформирование кристаллической решетки металла и приводит к потере вязкости, т.е. возникает водородная хрупкость. Увеличение числа нарушений в структуре металла в процессе пластических деформаций увеличивает локализацию в них водорода, в результате чего может возникнуть торможение пластической деформации, а, следовательно, создаются условия для хрупкого разрушения.

Катодная поляризация от внешнего источника тока предохраняет от развития коррозии (анодного растворения), но при достаточно высоких напряжениях (близких к пределу текучести) может вызвать потерю пластичности из-за наводороживания стали. Анодная поляризация от внешнего источника тока, усиливая общую равномерную коррозию, предохраняет в то же время от наводороживания и хрупкого разрушения в некоторых видах активных сред (например, от щелочной хрупкости).

### **Коррозионно-механические разрушения элементов оборудования**

Коррозионно-механические разрушения возникают при совместном воздействии на элементы оборудования коррозионно-активной среды и механической нагрузки.

Равномерная коррозия, поражающая как ненапряженный, так и равномерно-напряженный металл, наиболее благоприятна и не изменяет механических характеристик стали. Неравномерная коррозия (избирательная коррозия), вызванная структурной

неоднородностью металла или наличием градиентов напряжений (особенно концентрацией напряжения), приводит к некоторому уменьшению прочности и пластичности мягких сталей.

Различают следующие виды коррозионно-механического разрушения элементов оборудования: коррозионное растрескивание, коррозионная усталость, коррозия при трении.

Коррозионное растрескивание возникает при действии статических напряжений в весьма агрессивной по отношению к данному металлу среде. Причинами подобного разрушения являются пониженная коррозионная стойкость границ зерен в результате выделения из пересыщенного твердого раствора фазы с отрицательным потенциалом, наличие в сплаве структурной составляющей, неустойчивой по отношению к данной коррозионной среде; наводороживание границ зерен, сопровождающееся развитием значительных давлений, снижающих межкристаллитную прочность.

Коррозионная усталость представляет процесс разрушения металлов и сплавов при одновременном действии коррозионной среды и циклических напряжений. Характер коррозионно-усталостного разрушения зависит от агрессивности среды, уровня действующих напряжений и частоты циклов. Механизм усталостного разрушения металлов и сплавов в коррозионно-активных средах достаточно сложен и в значительной степени определяется режимом нагружения, величиной действующих напряжений, видом напряженного состояния, физико-химическими свойствами материала и контактирующей с ним среды.

Согласно существующим представлениям основной причиной снижения сопротивления усталости металлов и сплавов в коррозионно-активных средах, обладающих свойствами электролита, являются анодные процессы, локализующиеся в местах концентрации напряжений. Концентраторами напряжений могут быть различные макроскопические и микроскопические дефекты, образующиеся на поверхности металла в процессе изготовления или эксплуатации конструкции и представляющие собой отдельные поры, раковины, расслоения, локальные участки разупрочнения поверхностного слоя металла, разрыхление его кристаллов при циклическом деформировании. Между дном концентратора и его стенками или поверхностью металла возникает разность потенциалов, т.е. образуется специфическая гальваническая пара. Вследствие анодного процесса растворения металла дно концентратора напряжений

углубляется до тех пор, пока локальное напряжение в месте концентратора не станет больше предела текучести и не возникнет усталостная трещина.

Процесс коррозионно-усталостного разрушения металлов обычно протекает в три стадии. Первая характеризует период до возникновения трещины, в течение которого образуются специфические гальванические пары и возникают зародыши трещин. Вторая стадия характеризуется значительной потерей прочности из-за развития усталостных трещин. Третья стадия является чисто механическим разрушением оставшегося сечения изделия при напряжениях, превышающих предел прочности металла.

В свою очередь, отличительными признаками коррозионно-усталостного разрушения по сравнению с разрушением на воздухе являются:

- а) отсутствие истинного предела выносливости;
- б) отсутствие корреляции между механическими характеристиками при статическом и циклическом нагружении в воздухе и ограниченным пределом выносливости в среде;
- в) специфический характер разрушения, обусловленный развитием в начальный период многих усталостных трещин, а не одной, как это имеет место при испытании в воздухе;
- г) при воздействии коррозионной среды более резко проявляется влияние частотного фактора; с увеличением частоты нагружения увеличивается влияние механического фактора. При снижении частоты время воздействия среды на циклически деформируемый металл увеличивается, что усиливает влияние агрессивной среды;
- д) влияние концентрации напряжений зависит от агрессивности среды по отношению к определенному металлу. Чем выше агрессивность среды, тем меньше влияние концентрации напряжений. В большинстве случаев чувствительность к концентраторам (острым надрезам, углублениям, неметаллическим включениям и др.) в агрессивных средах по сравнению с воздухом уменьшается. Однако влияние концентратора может резко усиливаться при условиях, когда металл находится в состоянии, близком к пассивному, и проявляется эффект щелевой коррозии (титан, нержавеющая сталь в морской воде).

Механическое изнашивание, усиливаемое явлениями коррозии, называют коррозионно-механическим изнашиванием. Различают следующие виды коррозионно-механического изнашивания;

окислительное, фреттинг-коррозия, изнашивание в средах, являющихся электролитами.

Окислительное изнашивание происходит при наличии на поверхностях трения окисных пленок, предотвращающих сближение контактирующих поверхностей до расстояния, на котором происходит их схватывание. По мере износа окисные пленки вновь восстанавливаются вследствие взаимодействия металла с кислородом воздуха.

Фреттинг-коррозия - процесс изнашивания, представляющий сочетание фреттинга с коррозией. Фреттингом называют особый вид изнашивания контактирующих поверхностей, совершающих под нагрузкой очень малые повторные относительные перемещения, например, продольные вибрации.

Изнашивание в средах, являющихся электролитами, представляет сочетание механического изнашивания с коррозией.

### **Образование на поверхностях оборудования отложений твердых веществ**

Процессы выпадения парафина из нефти и образования отложений на поверхности оборудования определяются условиями нарушения фазового равновесия нефти, представляющей гомогенную систему. На выпадение твердой фазы в первую очередь влияет снижение растворяющей способности нефти по отношению к парафину, которая в значительной мере зависит от температуры.

Нефть охлаждается, в основном, при движении от забоя к устью скважины. Этим объясняется значительное выпадение парафиновых отложений в верхней части колонны труб. Устьевая арматура, манифольдные и выкидные линии, создавая препятствие движению потока нефти, изменяют его гидродинамические характеристики, способствуя тем самым выпадению парафиновых отложений на этих участках.

Парафиновые отложения включают не только собственно парафины, но и асфальтены, смолы, песок, глину, соли и другие примеси. Процесс образования отложений парафинов на поверхности оборудования весьма сложен и является результатом физико-химических процессов, протекающих в объеме среды и на границе с поверхностями оборудования: адсорбции, коагуляции, кристаллизации и др.

Образование парафиновых отложений происходит из-за возникновения и роста кристаллов парафина непосредственно на поверхности, контактирующей с нефтью, или в результате сцепления с поверхностью частиц твердой фазы парафина, образовавшихся в потоке. Накопление парафиновых отложений на поверхности чередуется с их частичными или полными срывами, зависящими от адгезии к поверхности и гидродинамических характеристик потока.

Интенсивность образования парафиновых отложений на поверхностях оборудования зависит от содержания в нефти воды и других примесей. На гидрофильных поверхностях вода образует сплошной слой, и нефть непосредственно примыкает только в виде капель. В этих условиях с увеличением содержания воды в нефти парафинизация оборудования уменьшается. На гидрофобных поверхностях наблюдается обратная картина - присутствие воды в нефти вызывает интенсивное отложение парафина. Механические примеси участвуют в образовании агрегатов парафина, которые прилипают затем к поверхностям оборудования и сливаются, образуя сплошной слой.

При эксплуатации скважин, продукция которых содержит значительное количество пластовых вод, в подъемных трубах, выкидных линиях, коллекторах и сборных емкостях образуются солевые отложения. В 80 % случаев отложения солей наблюдаются при обводненности скважин более 50 %. Наиболее интенсивное отложение солей происходит при форсированном отборе нефти, несовместимости составов нагнетаемых и пластовых вод, что приводит к уменьшению сечения труб, снижению дебита скважин, выходу из строя скважинных насосов и т.д.

Накопление солевых отложений на поверхностях оборудования, контактирующих с минерализованной водной средой, связано с возникновением и ростом кристаллов соли непосредственно на поверхности и покрывающих ее адсорбционных слоях или прилипанием к поверхности готовых кристаллов, находящихся в потоке жидкости. Причина выпадения солей из раствора - на рушение равновесного состояния системы соль - вода, обуславливающее переход солей из раствора в кристаллическое состояние.

Основными типами солевых отложений на большинстве отечественных нефтяных месторождений являются сульфаты и карбонаты кальция, сульфаты бария.

Солевые осадки, образующиеся на поверхностях оборудования, содержат органические компоненты нефти (асфальтены, смолы, спирты, нефтяные кислоты, их соли, галлоидные и сероорганические соединения), которые, обладая высокой адсорбционной и химической активностью, интенсифицируют процесс отложения солей. Адсорбируясь на границе раздела фаз, они увеличивают адгезию солевых частиц к поверхности.

Накопление на поверхностях оборудования солевых отложений, как и парафиновых, сопровождается их частичными или полными срывами, зависящими от прочности сцепления с поверхностью и гидродинамических характеристик потока.

Физико-химические свойства и геометрия поверхностей оборудования оказывают существенное влияние на интенсивность их запарафинивания. Наличие на поверхности макро- и микронеровностей, мелких пор, царапин, раковин способствует интенсивному образованию отложений. Наиболее значительный рост отложений происходит при увеличении шероховатости поверхности от 1-2 до 7-9 мкм. Дальнейшее увеличение шероховатости оказывает слабое влияние на интенсивность запарафинивания. Низкая шероховатость поверхности не является достаточным условием для предотвращения ее запарафинивания.

### **ТЕМА 3 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА, ХРАНЕНИЯ И СПИСАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **3.1 Система технического обслуживания и ремонта оборудования. Виды ТО и ремонта оборудования**

Качество системы эксплуатации проявляется при ее функционировании. Процесс эксплуатации оборудования можно представить как последовательную во времени смену различных этапов эксплуатации в соответствии с принятой стратегией. К этапам эксплуатации, через которые проходит оборудование, могут быть отнесены: 1) использование по назначению (применение); 2) различные виды и методы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р); 3) диагностирование; 4) периодические и специальные испытания; 5) готовность к применению; 6) хранение; 7) транспортирование; 8) модернизация и реконструкция; 9) ожидание

поступления оборудования в каждый из выделенных этапов эксплуатации.

Структура процесса эксплуатации определяются принятой *стратегией эксплуатации*. В общем виде стратегия эксплуатации оборудования представляет совокупность принципов и правил, обеспечивающих заданное управление процессом эксплуатации за счет поддержания наивыгоднейших режимов работы оборудования и назначения работ по ТО и Р в соответствии с фактическим техническим состоянием оборудования.

Весь комплекс операций по ТО и Р оборудования можно классифицировать на две группы:

плановые профилактические работы, связанные в основном с предупреждением отказов и повреждений;

работы по обнаружению и устранению дефектов, вызвавших отказы и повреждения.

Между этими группами работ на практике могут существовать различные соотношения в зависимости от принятого критерия оптимальности и выбранной стратегии проведения ТО и Р. Но в любом случае основное требование, предъявляемое к процессу эксплуатации в целом, состоит в том, чтобы при ограниченных затратах обеспечить наибольшую вероятность того, что в необходимый момент времени функциональная система (оборудование, агрегат, сборочная единица) окажется работоспособной и выполнит поставленную задачу.

Профилактические работы составляют наибольшую часть объема ТО и Р. Они направлены на обеспечение безотказной эксплуатации оборудования в межремонтные периоды за счет предупреждения отказов и повреждений сборочных единиц и агрегатов и поддержания их технических характеристик в пределах установленных допусков.

Если система ТО и Р построена правильно, то она способствует уменьшению потока отказов и повреждений, увеличивает долговечность оборудования. Однако на проведение профилактических мероприятий и текущего ремонта затрачивается определенное время, в течение которого оборудование не может быть использовано в работе. И чем это время больше, тем хуже показатели эффективности использования оборудования. Кроме того, для выполнения ТО и Р требуется большой штат специалистов, дорогое оборудование и диагностическая аппаратура, что, в свою очередь,

ухудшает показатели экономической эффективности использования оборудования. Все это должно учитываться при разработке системы ТО и Р.

*Системой* ТО и Р называют совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему.

*Цель системы ТО и Р* - это управление техническим состоянием оборудования в течение его срока службы или ресурса, позволяющее обеспечить:

- заданный уровень готовности оборудования к работе;
- работоспособность оборудования при эксплуатации;
- минимальные затраты труда и средств на выполнение ТО и Р.

*Средства ТО и Р* - это комплекс технологического оснащения и технического диагностирования, необходимых для поддержания исправности или работоспособности объектов ТО и Р.

*Программа ТО и Р* - это документ, содержащий совокупность основных принципов и принятых решений по применению наиболее эффективных методов и режимов ТО и Р, реализованных в конструкции объектов при их проектировании и изготовлении, и эксплуатационно-технической документации с учетом заданных требований и условий эксплуатации. Программа отражает принятую для того или иного объекта эксплуатации стратегию (концепцию) ТО и Р и играет роль звена, соединяющего воедино для достижения поставленной цели объект, средства, персонал и документацию. Программа является важным звеном системы ТО и Р, придающим четкую идеологическую направленность и конкретность действий на длительный период эксплуатации оборудования. Программа ТО и Р реализуется в «Регламенте технического обслуживания и ремонта оборудования» и Инструкциях персоналу.

Основной задачей ТО является отдаление момента достижения машиной неработоспособного или неисправного состояния с помощью мероприятий, предупреждающих отказы и неисправности, т.е. поддерживающих параметры технического состояния машины (агрегата, механизма), близкими к номинальным (например, с помощью контрольно-регулирующих, крепежных работ или замены изношенных деталей), а также снижающих скорость разрушения деталей (например, с помощью смазочных и регулировочных работ).



ТО включает регламентированные в технической документации операции (уборочно-мочные, крепежные, контрольно-регулирующие и смазочно-заправочные), проводимые принудительно в плановом порядке, как правило, без разборки и снятия с машины агрегатов, узлов и деталей. В ТО может также входить замена некоторых деталей. Проведение ТО должно обеспечивать безотказную работу машины в пределах его периодичности.

В зависимости от этапа эксплуатации различают ТО при использовании, ТО при хранении, ТО при транспортировании и ТО при ожидании.

Периодическое техническое обслуживание проводят через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервалы времени.

Сезонное техническое обслуживание выполняют при подготовке оборудования к использованию в осенне-зимних и весенне-летних условиях.

Техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации предусматривает проведение ряда технологических операций при периодических технических обслуживаниях, которые способствуют нормальной эксплуатации машин в условиях пустыни и песчаных почв, на каменистых грунтах, в высокогорных условиях и при низких температурах.

Отдельные виды специального ТО выполняют в объеме, указанном в технической документации предприятия-изготовителя.

*Регламентированное техническое обслуживание* проводят с периодичностью и в объеме, предусмотренными в нормативно-технической или эксплуатационной документации, независимо от технического состояния оборудования в момент начала технического обслуживания.

*Техническое обслуживание с периодическим контролем* предусматривает выполнение контроля технического состояния оборудования с установленными в нормативно-технической или эксплуатационной документации периодичностью и объемом, а объем остальных операций определяется техническим состоянием оборудования в момент начала технического обслуживания.

*Техническое обслуживание с непрерывным контролем*, предусмотренное в нормативно-технической или эксплуатационной

документации, выполняется по результатам непрерывного контроля технического состояния оборудования.

Поточное техническое обслуживание заключается в выполнении требуемого комплекса технологических операций на специализированных рабочих местах с определенными технологической последовательностью и ритмом.

*Централизованное техническое обслуживание* заключается в выполнении требуемого комплекса технологических операций персоналом и средствами одного подразделения предприятия.

*Децентрализованное техническое обслуживание* заключается в выполнении требуемого комплекса технологических операций персоналом и средствами нескольких подразделений предприятия.

ТО оборудования следует выполнять в соответствии с инструкциями и рекомендациями, утвержденными в установленном порядке, и инструкциями заводов-изготовителей.

Графики ТО должны составляться владельцами оборудования, согласовываться с подразделениями, эксплуатирующими оборудование и контролироваться службой главного механика предприятия.

Основной задачей ремонта является восстановление исправного или работоспособного состояния оборудования, а также его ресурса.

Восстановление работоспособного состояния включает идентификацию отказа (определение места и характера дефекта), наладку или замену отказавшего элемента, регулирование и контроль технического состояния элементов объекта и заключительные операции по контролю работоспособности объекта в целом. Отдельные операции ремонта могут совпадать с операциями ТО.

*Текущий ремонт* (ТР) предназначен для обеспечения или восстановления работоспособности оборудования восстановлением или заменой отдельных его агрегатов, сборочных единиц и деталей (кроме базовых), достигших предельного состояния.

*Капитальный ремонт* (КР) оборудования, агрегатов и сборочных единиц предназначен для восстановления их исправности и ресурса, близкого к полному (не менее 80 %), посредством замены или восстановления любых составных частей, включая базовые.

Направляются оборудование и агрегаты на КР на основании результатов анализа их технического состояния и наработки. При этом учитывают также затраты на текущий ремонт, например, суммарную стоимость израсходованных запасных частей с начала

эксплуатации. Как правило, производят не более одного КР оборудования (не считая КР агрегатов). На практике стараются исключить полнокомплектный КР оборудования, заменяя отдельные агрегаты и сборочные единицы, требующие ремонта.

Для некоторых видов оборудования и агрегатов в зависимости от условий эксплуатации может предусматриваться средний ремонт.

*Средний ремонт* (СР) предназначен для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей в объеме, установленном в нормативно-технической документации.

Планный ремонт - ремонт, постановка на который осуществляется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Непланный ремонт - ремонт, постановка на который осуществляется без предварительного назначения.

Регламентированный ремонт - плановый ремонт, выполняемый с периодичностью и в объеме, установленными в эксплуатационной документации, независимо от технического состояния оборудования в момент начала ремонта.

Ремонт по техническому состоянию - ремонт, при котором контроль технического состояния выполняется с периодичностью и в объеме, установленными в нормативно-технической документации, а объем и момент начала ремонта определяются техническим состоянием оборудования.

Обезличенный ремонт выполняется без сохранения принадлежности восстановленных составных частей к определенному экземпляру оборудования.

Необезличенный ремонт осуществляется при сохранении принадлежности составных частей к определенному экземпляру оборудования.

Агрегатный ремонт представляет собой обезличенный ремонт, при котором неисправные агрегаты заменяются новыми, или заранее отремонтированными.

Поточный ремонт осуществляется на специализированных рабочих местах с определенными технологической последовательностью и ритмом.

Необходимость проведения того или иного вида ремонта, его периодичность и операции определяются конструктивными

особенностями машин, характером выполняемых ими функций, условиями эксплуатации и другими факторами.

Надежность оборудования неразрывно связана с правильной организацией его ТО и Р. Расходы на поддержание работоспособности оборудования зачастую значительно превосходят его первоначальную стоимость.

### **3.2 Диагностика технического состояния оборудования. Методы и средства технической диагностики**

Современная техническая диагностика пользуется для определения технического состояния машин приборами, дающими возможность более объективно определять состояние машин, а также воспринимать диагностические сигналы, излучаемые механизмом, недоступные восприятию непосредственно органами чувств человека.

Для разработки методов и средств технической диагностики какой-либо машины, прежде всего, следует выявить, какие параметры характеризуют работу проверяемой машины и определяют ее надежность. Затем надо установить диагностические критерии количественной величины параметров и для их определения разработать соответствующие методы и средства.

В настоящее время основными параметрами, характеризующими качество работы технологического оборудования, являются: производительность, точность, жесткость, виброустойчивость и шумообразование; надежность технологического оборудования характеризуется вероятностью безотказности, долговечностью, ремонтпригодностью его частей и механизмов.

В большинстве случаев перечисленные параметры взаимосвязаны, что дает возможность значения одного параметра определять через значение другого. Например, точность работы некоторых механизмов металлорежущего станка можно определить, проверив их на жесткость. Диагностирование технологического оборудования по точности, жесткости, виброустойчивости и шумообразованию следует производить методами и средствами, указанными в соответствующих стандартах.

В зависимости от условий проведения диагностирования применяются следующие виды технической диагностики.

*Техническая диагностика, проводимая на работающем объекте:* по параметрам рабочих процессов (мощность, расход топлива, производительность, давление и др.); по диагностическим параметрам, косвенно характеризующим техническое состояние (температура, шум, вибрации и т.д.).

*Техническая диагностика, выполняемая на неработающем объекте:* по структурным параметрам (износ деталей, зазор в сопряжениях и т.п.).

По объему, методам и глубине операций она может быть комплексной (называемой также общей) и поэлементной.

*Комплексная диагностика* выявляет нормальное функционирование, эффективность, работоспособность машины (агрегата) в целом. Цель ее - определить соответствие нормам выходных эксплуатационных показателей проверяемых агрегатов по их основным функциям. Примером такой диагностики может быть определение мощности и топливной экономичности двигателя, подачи и долговечности насоса, потерь в трансмиссии, процента буксования сцепления и т.д.

*Поэлементная диагностика* определяет причину нарушения работы агрегатов (механизмов) обычно по сопутствующим косвенным признакам; например, причину потерь мощности двигателя - по компрессии или прорыву газов в картер, причину повышенного расхода топлива - по уровню в поплавковой камере карбюратора или производительности жиклеров, причину потерь в трансмиссии - по вибрациям и нагревам и т.д. Однако в этом случае конкретизация причин неисправностей доводится лишь до такого уровня, при котором выявляется потребность снятия или разборки проверяемого механизма.

Вообще диагностику, как правило, проводят на нескольких уровнях:

- 1) на уровне машины в целом;
- 2) на уровне ее агрегатов;
- 3) на уровне систем, механизмов и деталей и др.

При этом на каждом из перечисленных уровней определяют техническое состояние, главным образом, двумерно. Это означает, что диагностика должна дать однозначный ответ: нуждается или не нуждается в настоящее время проверяемый агрегат в ремонте или техническом обслуживании с учетом обеспечения безотказной работы до очередного планового технического воздействия. Если

техническое состояние проверяемого агрегата не соответствует нормам и он состоит из нескольких самостоятельных механизмов, то необходима поэлементная диагностика каждого из этих механизмов и т.д.

При поэлементной диагностике данного механизма в первую очередь проверяют механическое состояние так называемых «критических» деталей, т.е. таких деталей, которые в первую очередь определяют работоспособность механизма (клапаны бурового насоса, опора ротора и др.).

Методы и средства диагностики отдельных агрегатов, систем и механизмов определяются их конструкцией и выполняемыми функциями.

В зависимости от вида диагностических параметров применяют следующие методы технической диагностики: измерение потерь на трение в механизмах; определение теплового состояния механизмов; проверка состояния сопряжения, установочных размеров, герметичности и утечек, контроль шума и вибраций в работе механизма; анализ картерного масла (двигателя, ротора, вертлюга и др.).

Примерный перечень диагностических параметров, методов и средств диагностики оборудования, применяемого в отечественной и зарубежной практике, приведен в табл.3.1.

Таблица 3.1

**Диагностические параметры, методы и средства измерения**

<b>Параметры (признаки)</b>	<b>Методы</b>	<b>Средства</b>
Наработка, выполненные ремонты, эксплуатационный расход топлива и масла, динамические качества	Ознакомление с учетными документами и заявками обслуживающего персонала	Учетный документ (технический паспорт, данные о наработке, ремонтах, заявки)
Вмятины, поломки, задиры, следы подтеканий, дымление, стуки, скрипы, нагрев	Визуальная проверка путем осмотра и прослушивание	Зеркало, перископ, телевизор
Мощность, расход топлива, производительность, давление, тормозные силы, пробуксовка сцепления, состав отработавших газов	Измерение рабочих параметров состояния агрегатов и систем (главным образом эффективности)	Стенды динамический и гидравлический для проверки производительности, тяговых и тормозных качеств; анализатор газов; расходомер и др.

Окончание табл. 3.1

Параметры (признаки)	Методы	Средства
Потери в трансмиссии, усилия на рычагах и педалях	Измерение диагностических параметров (потерь на трение в агрегатах и механизмах)	Испытательный стенд, динамометр
Температура воды, бурового раствора, масла, поверхности корпусов, узлов трения	Измерение диагностических параметров (теплового состояния агрегатов и систем)	Термометр, термопара, термосопротивление
Зазоры, люфты, свободные и рабочие ходы, установочные углы	Измерение структурных параметров, установочных размеров	Щупы, индикатор, люфтомеры, линейка
Компрессия, разрежение, утечки, прорыв газов, жидкости, угар и давление масла, давление перекачиваемого продукта	Измерение диагностических параметров (герметичности, давления)	Компрессометр, вакуумметр, расходомер; пьезометр, опрессовочные приспособления
Частота и амплитуда звука, вибраций, биений	Анализ колебательных сопутствующих процессов (диагностических параметров)	Виброакустическая аппаратура, стетоскоп
Концентрация продуктов износа в масле	Анализ картерного масла	Спектрограф, микрофотометр

Из табл.3.1 видно, что диагностику оборудования необходимо начинать с получения сведений о наработке оборудования и ремонтах, которым оно подвергалось, о расходе топлива и масла, динамике, склонности к перегреву двигателя и других агрегатов, о дымлении, скрипах, шумах и т.д.

Эти сведения позволяют более целеустремленно проводить дальнейшую диагностику уже с применением технических средств, при помощи которых проверяют показатели эффективности и работоспособности оборудования в целом, его агрегатов и механизмов.

Средства диагностики технического состояния оборудования служат для фиксирования и измерения величины диагностических признаков (параметров). Для этого применяют приборы, приспособления и стенды сообразно характеру диагностических признаков и методам диагностики.

Значительное место среди них занимают электроизмерительные приборы (вольтметры, амперметры, осциллографы и др.). Они

широко применяются как для непосредственного измерения электрических величин (например, при диагностике систем зажигания и электрооборудования автомобиля), так и для измерения неэлектрических процессов (колебаний, нагрева, давления), преобразованных при помощи соответствующих датчиков в электрические величины.

При диагностике механизмов наиболее часто используют: датчики сопротивления, концевые, индукционные, оптические и фотоэлектрические датчики, при помощи которых можно измерять зазоры, люфты, относительные перемещения, скорость и частоту вращения проверяемых деталей; термосопротивления, термопары и биметаллические пластины для измерения теплового состояния деталей; пьезоэлектрические и тензометрические датчики для замера колебательных процессов давления, биений, деформаций и др.

Одно из положительных качеств электроизмерительных приборов - удобство получения информации, а также в перспективе возможность ее анализа при помощи ЭВМ.

В зависимости от полноты и степени механизации технологических процессов диагностику можно проводить выборочно, только для контроля технического состояния отдельных сборочных единиц, или комплексно для проверки сложных агрегатов, таких как двигатель, и, наконец, комплексно для диагностики машины в целом.

В первом случае используются для отдельных измерений такие диагностические приборы как стетоскопы, манометры, тахометры, вольтметры, амперметры, секундомеры, термометры и другие переносные приборы. Во втором случае приборы комбинируют в виде передвижных стендов, в третьем случае - ими комплектуют пульты управления стационарных стендов.

Передвижным комплексным средством диагностики является ходовая диагностическая станция. Она может обеспечивать диагностику технического состояния автомобилей в местах их временного размещения. Компоновка ходовой диагностической станции возможна на базе прицепа достаточно большой грузоподъемности.

Основными требованиями к средствам диагностики являются: обеспечение достаточной точности замеров, удобство и простота использования при минимальной затрате времени.



Помимо различных приборов, индикаторов узкого назначения в систему диагностических средств включают комплексы электронной аппаратуры. Эти комплексы могут состоять из датчиков - органов восприятия диагностических признаков, блоков измерительных приборов, блоков обработки информации в соответствии с заданными алгоритмами и, наконец, блоков хранения и выдачи информации в виде запоминающих устройств для преобразования информации в удобный для использования вид.

Дефектоскопия является составной частью диагностики технического состояния оборудования и его составных частей. Работы, связанные с выявлением дефектов в материале элементов оборудования, совмещаются с ремонтами и техническим обслуживанием или выполняются самостоятельно в период технического осмотра. Для выявления скрытых дефектов в конструкционных материалах используются различные методы неразрушающего контроля (дефектоскопии).

На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли широко применяют ультразвуковую дефектоскопию. Сущность ее заключается в способности ультразвуковых колебаний проникать вглубь материала контролируемого изделия и отражаться от дефектов, являющихся нарушением сплошности материала.

Ультразвуковыми колебаниями принято называть упругие механические колебания с частотой более 20 кГц. Для излучения и приема ультразвуковых колебаний обычно используют пьезоэлектрические преобразователи-пластинки, изготовленные из монокристаллов кварца, сульфата лития и других материалов.

При внесении пьезоэлемента в электрическое поле в нем возникают упругие деформации, величина и направление которых зависят от параметров электрического поля. Указанный процесс является строго обратимым, т.е. если на пьезоэлемент действует переменное напряжение, изменяющееся по определенному закону, то и возникающее электрическое напряжение подчиняется этому же закону. Подобное явление называется пьезоэлектрическим эффектом.

Ультразвуковые колебания распространяются в виде узких направленных пучков. Они могут отражаться, преломляться и фокусироваться. При падении на границу раздела двух фаз, обладающих различным акустическим сопротивлением, в том числе нарушенной сплошности материала (трещин, раковин, расслоений и др.), часть ультразвуковых колебаний отражается, причем угол

падения равен углу отражения, а оставшая часть УЗК проходит во вторую среду, преломляясь в ней. Направленность УЗК и способность их отражаться от границы раздела двух сред используются для выявления в материалах трещин, расслоений, пор, газовых и шлаковых включений и измерения толщины деталей.

Ультразвуковая дефектоскопия осуществляется тремя основными методами: теневым, резонансным и эхо-методом.

Теневым методом основан на появлении за дефектом «звуковой тени» при прохождении ультразвука через деталь, помещенную между излучателем колебаний и приемным устройством. На рис. 3.1 изображена схема дефектоскопа, работающего по принципу теневого метода. Высокочастотные электрические колебания, вырабатываемые генератором 1, подаются на пьезоэлектрический преобразователь 2, в котором преобразуются в механические колебания ультразвуковой частоты. При плотном соприкосновении преобразователя 2 с поверхностью контролируемой детали 3 колебания (волны) 4 распространяются вглубь материала детали, достигают при отсутствии дефекта приемного пьезоэлектрического преобразователя 5 и регистрируются прибором 7. Если на пути ультразвуковых колебаний встречается дефект 6, то они отражаются от него и не попадают на приемный преобразователь 5, т.е. за дефектом образуется «звуковая тень». При этом на регистрирующем приборе 7 отсутствуют показания, что свидетельствует о наличии дефекта.

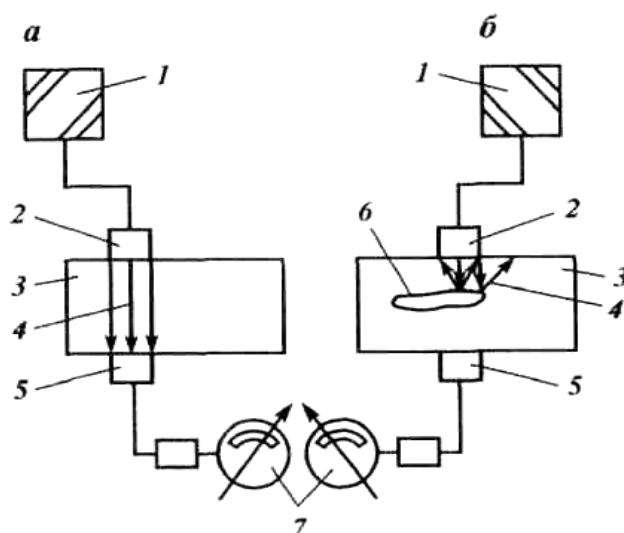


Рис.3.1. Схема ультразвукового дефектоскопа, работающего по теневому методу: а - без дефекта; б - с дефектом; 1 - генератор; 2 - преобразователь пьезоэлектрический; 3 - контролируемая деталь; 4 - ультразвуковые колебания; 5 - преобразователь приемный пьезоэлектрический; 6 - дефект; 7 - прибор регистрирующий

Наибольшее применение для контроля материала деталей получил *импульсный эхо-метод*, основанный на принципе посылки в материал контролируемой детали ультразвуковых колебаний и приеме отраженных волн.

На рис. 3.2 приведена блок-схема импульсного эхо-дефектоскопа. Импульсы электромагнитных колебаний определенной частоты, вырабатываемые импульсным генератором 6, поступают на пьезоэлектрический преобразователь 3 искательной головки, который под их действием деформируется и излучает упругие механические колебания ультразвуковой частоты. При соприкосновении пьезоэлектрического преобразователя 3 с поверхностью контролируемой детали 1 через слой контактной смазки ультразвуковые колебания распространяются внутрь материала детали и, достигнув противоположной стороны детали или дефекта 8, отражаются от них. Отраженные импульсы поступают на приемный пьезоэлектрический преобразователь 2, находящийся в той же искательной головке, где вновь преобразуются в электрические сигналы, которые, пройдя через усилитель 4, поступают на электронно-лучевую трубку 5. Одновременно с пуском импульсного генератора 6 включается генератор основной развертки 7, который предназначен для получения на экране электронно-лучевой трубки горизонтальной развертки луча во времени.

Таким образом, на экране электронно-лучевой трубки фиксируются колебания основной развертки, слившиеся в одну сплошную горизонтальную линию, и пики эхо-сигналов - от поверхности входа в исследуемый материал (начальный импульс), от дефекта и от противоположной поверхности детали (донный импульс). По амплитуде эхо-сигнала, отраженного от дефекта, судят о размере дефекта.

Перед выполнением дефектоскопии поверхности детали, по которым производится контроль, должны быть очищены от загрязнений. Чтобы обеспечить надежный акустический контакт искательной головки с поверхностью детали без воздушных промежутков, на поверхность детали, контактирующую с искательной головкой, наносят слой масла. Чем больше криволинейность поверхности и выше температура, тем более вязкие масла следует применять в качестве контактной жидкости.

Дефектоскопию цилиндрических и конических, наружных и внутренних резьб бурильных и эксплуатационных труб и замков

выполняют на частотах ультразвуковых колебаний 2,5 и 5,0 МГц искательными головками с углами 45-50° для стали и 50-55° для алюминия.

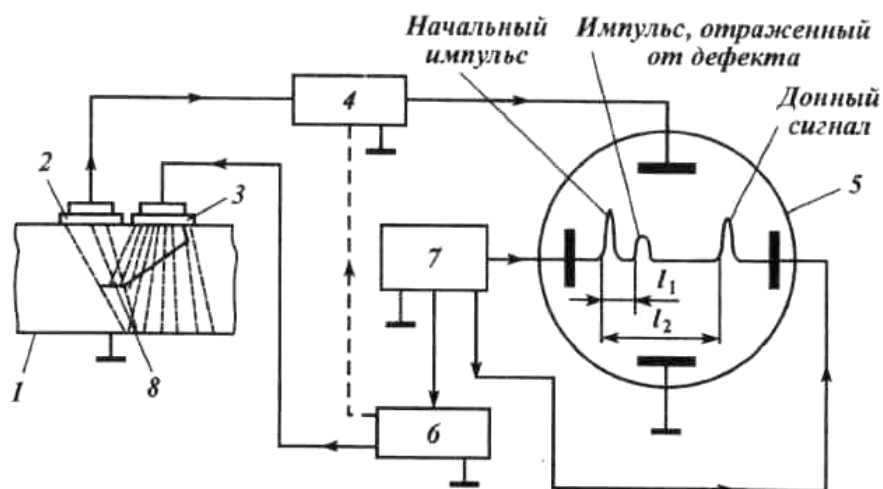


Рис.3.2. Схема ультразвукового эхо-дефектоскопа: 1 - контролируемая деталь; 2 - приемный преобразователь пьезоэлектрический; 3 - преобразователь пьезоэлектрический; 4 - усилитель; 5 - трубка электроннолучевая; 6 - генератор импульсный; 7 - генератор основной развертки; 8 - дефект

Контроль ведется зигзагообразным движением искательной головки (рис.3.3). Следует учитывать, что наиболее часто трещины возникают в местах сбега резьбы.

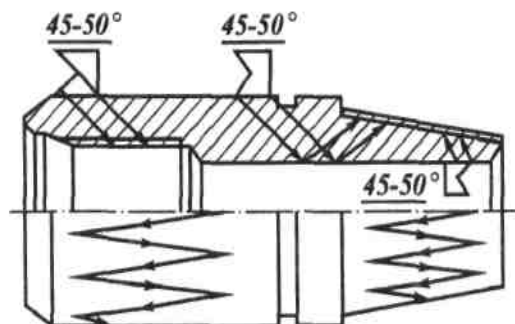


Рис. 3.3. Ультразвуковая дефектоскопия замков бурильных труб

Современные ультразвуковые дефектоскопы обладают высокой чувствительностью и точностью до 2 %.

К основным недостаткам ультразвуковых методов относятся необходимость достаточно высокой чистоты поверхности деталей и существенная зависимость качества контроля от квалификации оператора-дефектоскописта.

## **ТЕМА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ**

### **4.1 Структура производственного процесса ремонта оборудования**

Производственный процесс ремонта представляет комплекс технологических и вспомогательных операций по восстановлению работоспособности оборудования, выполняемых в определенной последовательности, и включает приемку оборудования в ремонт, моечно-очистные операции, разборку оборудования на агрегаты, сборочные единицы и детали, контроль, сортировку и ремонт деталей, их комплектацию, сборку сборочных единиц, агрегатов и оборудования в целом, обкатку и испытание оборудования после сборки, окраску и сдачу оборудования из ремонта.

Степень расчлененности производственного процесса во многом зависит от конструкции машины и программы ремонтно-обслуживающего предприятия. Если программа велика, то она состоит из большого числа технологических процессов и включает много рабочих мест, и наоборот. Кроме того, если машину можно расчленить на легко отделяемые агрегаты (двигатель, коробку передач, передний и задний мосты, рулевое управление, кабину и др.), то процесс делят на большое число отдельных технологических процессов и их выполняют параллельно.

Правильно расчлененный технологический процесс ремонта той или иной машины или агрегата создает наиболее благоприятные условия для его рациональной организации, снижения себестоимости и оснащения рабочих мест высокопроизводительными технологическим оборудованием и оснасткой.

На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли в зависимости от количества однотипного оборудования и условий ремонта применяют два основных метода ремонта: индивидуальный и агрегатный. В зависимости от применяемого метода изменяются содержание и последовательность операций технологического процесса ремонта. При индивидуальном методе ремонта детали, сборочные единицы и агрегаты оборудования маркируют и после ремонта устанавливают на том же оборудовании. Следовательно, сборку оборудования начинают только тогда, когда отремонтированы все детали, что значительно удлиняет общее время ремонта.

При индивидуальном методе ремонта отремонтированная базовая деталь обычно простаивает, пока ремонтируются все агрегаты.

Индивидуальный метод ремонта применяется в тех случаях, когда на ремонтное предприятие поступает мало однотипного оборудования. При индивидуальном методе ремонта машину или механизм ремонтирует одна комплексная бригада, состоящая из рабочих высокой квалификации.

Индивидуальный метод ремонта имеет следующие недостатки:

1) отсутствует специализация ремонтных работ и ограничена возможность внедрения механизации, что значительно снижает производительность труда;

2) оборудование длительно находится в ремонте, так как готовые детали простаивают, пока все детали не будут отремонтированы;

3) требуется высокая квалификация рабочих.

Особенность индивидуального метода ремонта заключается в том, что сборочные единицы и детали машины в процессе ремонта не обезличиваются и заказчик получает ту же машину, которую сдал в ремонт.

При агрегатном ремонте все детали, сборочные единицы и агрегаты машины обезличиваются, за исключением базовой детали. Наличие склада оборотных агрегатов, постоянно пополняемого отремонтированными обезличенными агрегатами поступающего в ремонт оборудования, позволяет начинать сборку машин немедленно после ремонта базовой детали.

Агрегатный метод ремонта обычно применяют в ЦБПО и на специализированных ремонтных заводах, т.е. когда на ремонт поступает значительное количество однотипного оборудования.

Организация ремонта оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи агрегатным методом должна быть такой, чтобы заказчик получал отремонтированную машину в кратчайший срок.

Основными преимуществами агрегатного метода ремонта являются:

1) специализация рабочих по отдельным видам работ, что повышает производительность труда;

2) более совершенная технология ремонта с использованием специального технологического оборудования и оснастки;

3) широкое внедрение механизации работ;

- 4) улучшение качества и снижение стоимости ремонтных работ;
- 5) сокращение продолжительности ремонта.

Недостаток агрегатного метода ремонта - необходимость в оборотном фонде агрегатов.

Разновидностью агрегатного метода ремонта является так называемый узловой метод, который часто применяется при ремонте оборудования непосредственно на месте эксплуатации. В этом случае изношенная сборочная единица заменяется отремонтированной на базе производственного обслуживания. По такому методу обычно ремонтируют тяжелое оборудование, транспортировка которого затруднена.

Непременным условием осуществления агрегатного метода ремонта является снабжение ремонтного предприятия оборотным фондом агрегатов, что обеспечивает возможность немедленной сборки ремонтируемых машин после ремонта базовой детали.

#### **4.2 Подготовительные работы для сдачи оборудования в ремонт**

К подготовительным работам относится слив масла, топлива и жидкостей из рабочих полостей, а также предварительная очистка, осмотр и мойка оборудования. Неокрашенные поверхности должны быть покрыты консервирующей смазкой.

В масляных ваннах некоторых машин находится значительное количество масла, чтобы сохранить его для повторного использования после регенерации, а также чтобы избежать загрязнения рабочих площадок, масло надо сливать на специальной площадке, имеющей емкости для раздельного сбора.

Необходимость предварительной очистки оборудования перед отправкой в ремонт обуславливается условиями его эксплуатации. Большинство оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи работает под открытым небом. Кроме того, это оборудование покрыто довольно толстым слоем песка, бурового раствора и нефти. Предварительная очистка выполняется металлическими щетками, ручными или приводными скребками.

После предварительной очистки проводится внешний осмотр оборудования с целью обнаружения трещин, пробоин, изломов и других дефектов. При необходимости производят мойку оборудования.

Оборудование или отдельные агрегаты, отправляемые в ремонт, должны быть полностью укомплектованы. Запрещается подмена пригодных для дальнейшей эксплуатации деталей изношенными или снятыми с другого оборудования. К оборудованию, направляемому в ремонт, должны быть приложены:

1) заводской паспорт, содержащий данные по эксплуатации и ремонту, с указанием вида ремонта, времени его выполнения и краткого содержания, а также сведения о деталях и сборочных единицах, заменяемых в процессе эксплуатации и ремонта, и данные об отработанном времени и объеме выполненных работ;

2) акт о техническом состоянии оборудования, а в случае аварийного выхода из строя дополнительно акт об аварии.

По результатам приемки оборудования в ремонт составляется приемо-сдаточный акт.

### **4.3 Моечно-очистные работы**

Наиболее специфичной, а применительно к оборудованию для нефтегазодобычи и весьма ответственной операцией для ремонтного производства является очистка и промывка изделий и их частей.

Моечно-очистные работы обеспечивают повышение качества ремонта и необходимые санитарно-гигиенические условия работы слесарей-разборщиков, способствуя повышению производительности их труда.

Моечно-очистные работы проводятся в связи с необходимостью удаления значительного количества специфических загрязнений, образовавшихся в результате длительной эксплуатации в скважине или на открытом воздухе, в контакте с водой, песком, нефтью. Многокомпонентные, нередко затвердевшие продукты загрязнения из ржавчины, нефти и продуктов ее окисления, песка, металлических включений, химических реагентов и других веществ требуют многостадийной специальной обработки не только на открытых наружных поверхностях, но главным образом в полостях деталей.

Загрязнения объектов ремонта можно классифицировать по химическому составу: органические, неорганические и смешанные; при этом следует иметь в виду возможность вероятных химических превращений в составе загрязнений уже после их отложения.

Мойка поступающего в ремонт оборудования производится на специально отведенном для этого участке, изолированном от места



разборки оборудования. В зависимости от объема производства и номенклатуры ремонтируемого оборудования моечный участок может состоять из одной универсальной или нескольких специализированных площадок. Площадку (рис.4.1), снабженную наклонным полом, обычно оборудуют устройствами, обеспечивающими перемещение машины в процессе мойки, насосной установкой, системой трубопроводов, фильтрами и отстойниками.

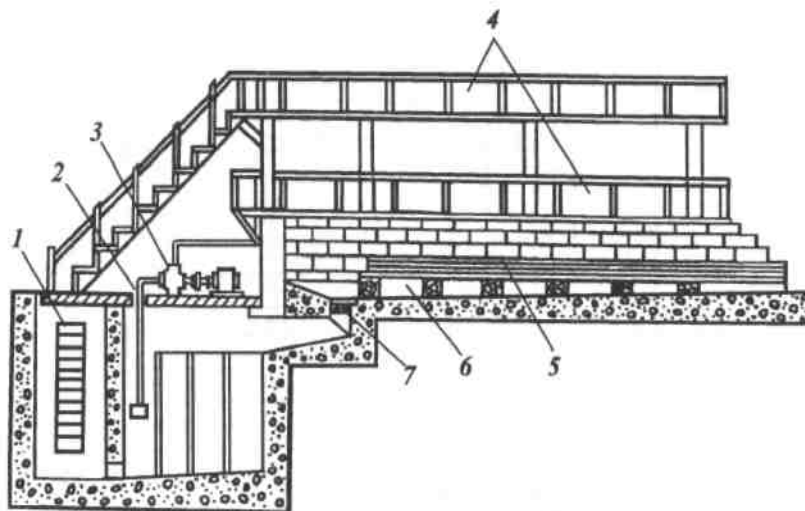


Рис.4.1. Площадка для мойки оборудования: 1 - трап для чистки отстойника; 2 - приемный патрубок насоса; 3 - моечный агрегат; 4 - рабочее место мойщика; 5 - узкоколейный путь; 6 - наклонный пол площадки; 7 - фильтр

В зависимости от объема производства и номенклатуры ремонтируемого оборудования мойка выполняется вручную напорной струей моющей жидкости, подаваемой насосом, в специальных многоструйных моечных установках и погружением в специальную моечную ванну.

При ремонте крупногабаритного оборудования на базах производственного обслуживания целесообразно проводить мойку напорной струей. Этот способ не требует сооружения сложных и дорогих устройств и обеспечивает достаточно эффективную очистку оборудования.

Для мойки можно использовать водопровод или высоконапорные моечные установки. Струя жидкости, направленная под сильным напором, интенсивно размывает слой грязи на поверхности оборудования и уносит ее в отстойник.

Затраты воды при использовании высоконапорной установки меньше, чем при мойке оборудования струей воды от бытового водопровода. Подобную установку можно транспортировать к

нескольким моечным площадкам. На специализированных ремонтных предприятиях с ограниченной номенклатурой ремонтируемого оборудования следует применять многоструйную мойку как более производительную. Однокамерная многоструйная моечная установка представляет специальную камеру, в которую ввозят на тележке или с помощью транспортера подлежащее мойке оборудование

Число сопел и их расположение обеспечивают наилучшее омывание оборудования жидкостью, а подводящие трубы имеют фасонную форму, соответствующую контурам оборудования. Процесс мойки может быть автоматизирован.

При значительном числе ремонтируемых машин и деталей следует использовать многокамерные моечные установки. В камерах этих установок последовательно осуществляется очистка деталей различными моющими и нейтрализующими жидкостями. Транспортировка между камерами осуществляется конвейером; моечная установка оборудована устройствами для подогрева, перемешивания и очистки жидкости.

Наиболее простой процесс мойки малогабаритного оборудования и мелких деталей - мойка погружением, при которой детали погружают в ванну с моющей жидкостью и выдерживают некоторое время или многократно погружают и извлекают, что в некоторых случаях уменьшает длительность процесса.

В качестве моющих жидкостей для очистки оборудования и деталей от грязи и масла используют холодную или горячую воду (70-90 °С), холодные или горячие щелочные растворы (70-90 °С) и растворители (бензин, керосин, ацетон). Для предохранения деталей от коррозии в щелочные растворы добавляют 0,2-0,5 % хромпика или нитрита натрия. Алюминиевые или залитые баббитом детали мыть в щелочных растворах нельзя.

Весьма эффективно применение для очистки поверхностей от масла и смолистых отложений водных растворов технических моющих средств (ТМС).

ТМС представляют многокомпонентные композиции, включающие в свой состав поверхностно-активные вещества (ПАВ) и активные солевые добавки (карбонаты, силикаты и фосфаты). ТМС выпускают в виде белого или светло-желтого порошка, хорошо растворяющегося в воде. Детали и сборочные единицы, подлежащие непродолжительному хранению (до 10-15 сут), не нуждаются в

дополнительной антикоррозионной обработке после очистки водными растворами ТМС, так как последние обладают ингибирующим эффектом.

Рабочие концентрации водных растворов ТМС зависят от загрязненности очищаемых поверхностей и составляют 5-20 г/л. Их наилучшее моющее действие проявляется при температуре раствора  $80 \pm 5$  °С. При снижении температуры моющего раствора ниже 70 °С резко ухудшается его моющая способность (при 60 °С - в 2 раза, при 50 °С - в 4 раза).

Для удаления с поверхности деталей старых лакокрасочных покрытий используются специальные составы, называемые смывками.

Смывки типа СД обладают недостаточной эффективностью при удалении масляных покрытий; более универсальной является смывка АФТ-1.

Для очистки поверхности деталей от продуктов коррозии используют различные пасты, а также 25%-ный раствор соляной кислоты, в который добавляют 1 % цинка или 15 % серной кислоты.

Для нейтрализации действия щелочных или кислотных растворов очищенное оборудование и детали необходимо промыть горячей водой, а затем просушить подогретым сжатым воздухом. Чтобы облегчить и ускорить мойку и уменьшить расход моющих жидкостей, применяют предварительную обдувку оборудования паром.

Для небольших деталей сложной конфигурации применяются электролитическая и ультразвуковая очистка.

При ремонте двигателей внутреннего сгорания необходимо очищать детали от нагара механическими (металлические щетки, шаберы) или физико-химическими способами при помощи специальных моющих растворов

Детали погружают на 40-60 мин в раствор, подогретый до 80-90 °С.

Размягченный нагар тщательно удаляют с поверхности при помощи ветоши. После этого деталь промывают в водном растворе, содержащем 0,2 % кальцинированной соды, 0,2 % жидкого стекла и 0,1 % хромпика, а затем в воде при температуре 60-80 °С и просушивают.

Для удаления накипи любого состава применяют 3-5%-ный щелочной раствор тринатрийфосфата; после разрыхления накипь

легко удаляется проточной водой. Можно использовать более дешевые жидкости - растворы соляной или хромовой кислот для удаления карбонатных и гипсовых накипей или 2-3%-ный раствор каустической соды, подогретой до 30 °С, для снятия силикатной накипи.

Совершенно обязательна нейтрализация растворов, т.е. последующая тщательная промывка деталей горячей водой.

В процессе мойки оборудования выделяются вредные испарения, поэтому моечные отделения изолируют от места других работ, а помещения мойки и рабочие места оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией.

При работе с растворителями необходимо строго соблюдать противопожарные требования. Для промывки мелких деталей и сборочных единиц непосредственно у рабочих мест на базах производственного обслуживания можно использовать передвижные моечные ванны.

На ремонтных предприятиях широко применяют также механические способы очистки или очистку посредством обжига деталей в печах.

#### **4.4 Разборка оборудования**

Очищенное оборудование поступает на разборку. От качества разборки и сохранения деталей от повреждения существенно зависят сроки, стоимость и качество ремонта.

Технологический процесс разборки специфичен только для ремонтного производства. Несмотря на общее сходство с процессом сборки, разборка имеет существенные технологические особенности, выделяющие ее в независимый, технологически ответственный и весьма трудоемкий производственный процесс при любом виде ремонта. Технологический процесс разборки представляет собой совокупность различных операций по разъединению объекта ремонта на составные части - сборочные единицы и детали - в определенной последовательности и заданном объеме, обусловленных особенностями конструкции и видом ремонта изделия.

На долю разборочных работ при ремонте оборудования для нефтегазодобычи приходится до 10-15 % (в некоторых случаях до 20 %) общей трудоемкости при капитальных и средних ремонтах и до 50 % при текущем ремонте.

Характерная особенность, присущая разборке вообще, а именно при ремонте для бурения скважин и нефтегазодобычи оборудования в особенности, это ее технологическая непредсказуемость, выражающаяся в том, что для значительного числа сопряжений, подлежащих разборке, не может быть обеспечена гарантия их разбираемости, возможны различного рода непредвиденные обстоятельства, которые не позволяют спроектировать до конца технологический процесс разборки и определить рациональные методы разборки и средства ее оснащения. При разборке и демонтаже сборочных единиц и деталей недопустимо необоснованное применение чрезмерных усилий, освобождение деталей ударами кувалды и т.д. А выбор того или иного приема разъединения должен быть обоснован после установления и устранения причины неразъемности соединений.

По конструктивным признакам соединения деталей машин бывают подвижными, неподвижными, разъемными и неразъемными, а по технологическим - резьбовыми, прессовыми, сварными, паяными, заклепочными, клеевыми и вальцовочными.

Оборудование разбирают по схеме, которая определяет вначале последовательность разборки оборудования на агрегаты и сборочные единицы, а затем разборку каждой сборочной единицы на детали. В схеме разборки рекомендуется указывать длительность выполнения и разряд работы. Порядок выполнения отдельных операций, требования к сохранению комплектности деталей соответствующих сопряжений даются в виде пояснений и дополнительных указаний.

Разборку выполняют на одном рабочем месте силами одной бригады или на нескольких рабочих местах разборочной линии. На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли основным методом является первый; иногда при значительном объеме ремонта разборкой занимаются две бригады, одна выполняет общую разборку оборудования, а вторая разбирает агрегаты.

Основные приемы и принципы разборки заключаются в следующем. Порядок ее выполнения должен точно соответствовать технологическим картам. Если технической документации нет, то сначала снимают детали, которые можно легко повредить (масляные и топливные трубки, шланги, рычаги, тяги и др.). Затем демонтируют отдельные агрегаты в сборе, которые разбирают на других рабочих местах. При снятии чугунных деталей, закрепленных большим числом болтов, во избежание появления трещин сначала отпускают

на полоборота все болты или гайки и только после этого их вывертывают. Заржавевшие соединения перед отвертыванием замачивают в керосине.

После разборки крепежные детали (болты, гайки, стопорные и пружинные шайбы) укладывают в сетчатые корзины для последующей промывки. Не разрешается применять зубило и молоток для отвертывания болтов, гаек, штуцеров, пробок, так как это может их повредить. Фасонные гайки и штуцера необходимо отвертывать только специальными ключами.

Запрессованные детали снимают под прессом или с помощью съемников и приспособлений. В отдельных случаях штифты, втулки и оси можно выпрессовать специальными выколотками с медными наконечниками и молотками с медными бойками. При выпрессовке подшипника из корпуса усилие прикладывают к наружному кольцу, а с вала - к внутреннему. Запрещается использовать ударный инструмент.

Снятые детали укладывают на стеллажи и приспособления для транспортировки их в моечные машины так, чтобы не повредить рабочие поверхности.

Нельзя раскомплектовывать детали, которые при изготовлении обрабатывают в сборе (крышки коренных подшипников с блоком, шатуны с крышками и др.). Кроме того, запрещается обезличивать детали с совместной балансировкой, а также приработанные пары деталей и годные для дальнейшей работы (конические шестерни главной передачи, шестерни масляных насосов, распределительные шестерни и др.). Детали, не подлежащие обезличиванию, метят, связывают проволокой, вновь соединяют болтами и укладывают в отдельные корзины или сохраняют их комплектность другими способами.

Отдельные неподвижные соединения разбирают только после их дефектации. Например, втулки клапанов, втулки распределительных валов и другие детали могут быть расточены под увеличенный размер на месте без их выпрессовки.

При разборке широко используют различное подъемно-транспортное оборудование. Для сокращения продолжительности и снижения трудоемкости разборочных процессов используют механизированный инструмент, например пневматические ключи и отвертки, электрические, пневматические и гидравлические гайковерты и шпильковерты и др. Для выпрессовки деталей

применяют универсальные или специальные съемники и прессы. На рис.4.2 и 4.3 показаны конструкции гидравлических съемников для выпрессовки поршней и седел клапанов буровых насосов, позволяющие создать большие усилия.

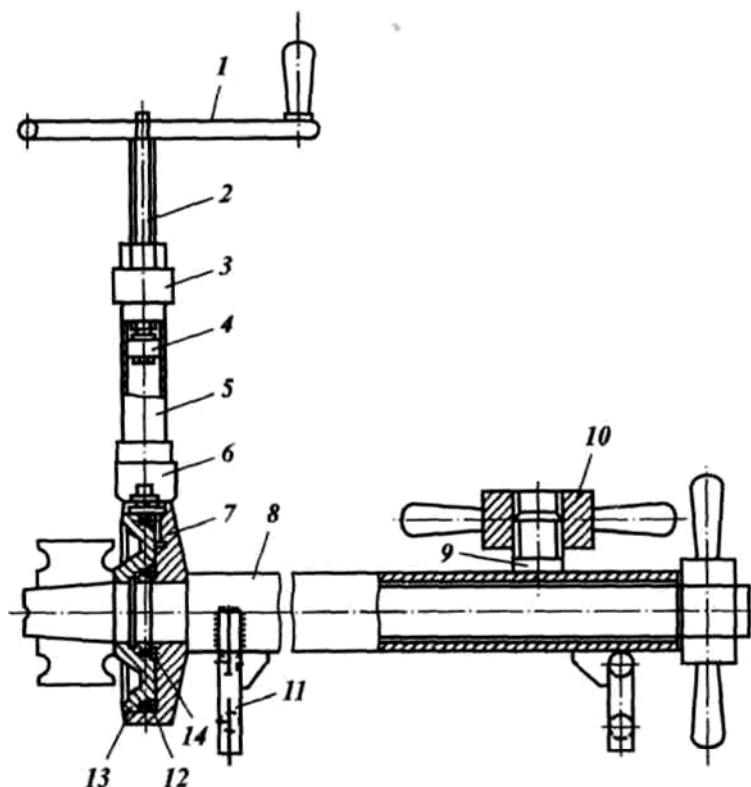


Рис.4.2. Гидравлический съемник поршней буровых насосов: 1 - маховик; 2 - винт; 3 - крышка цилиндра; 4 - поршень; 5 - цилиндр; 6 - муфта; 7 - корпус; 8 - труба; 9 и 11 - стойки; 10 - рукоятка; 12 и 14 - уплотнения; 13 – поршень

Для распрессовки и запрессовки крупных деталей оборудования широко применяется универсальный гидравлический пресс.

Разборка оборудования часто производится на специальных стендах. По назначению стенды делят на универсальные и специализированные. Первые предназначены для установки на них однотипных агрегатов машин различных моделей или разнотипных агрегатов одной модели. Вторые служат для разборки однотипных агрегатов машин определенных моделей. Их обычно применяют на специализированных ремонтных предприятиях с большой программой.

Конструкция стенда должна обеспечивать безопасность удобство выполнения работ, минимальные затраты времени на

установку и снятие агрегата, а также возможность поворота агрегата в требуемое удобное положение.

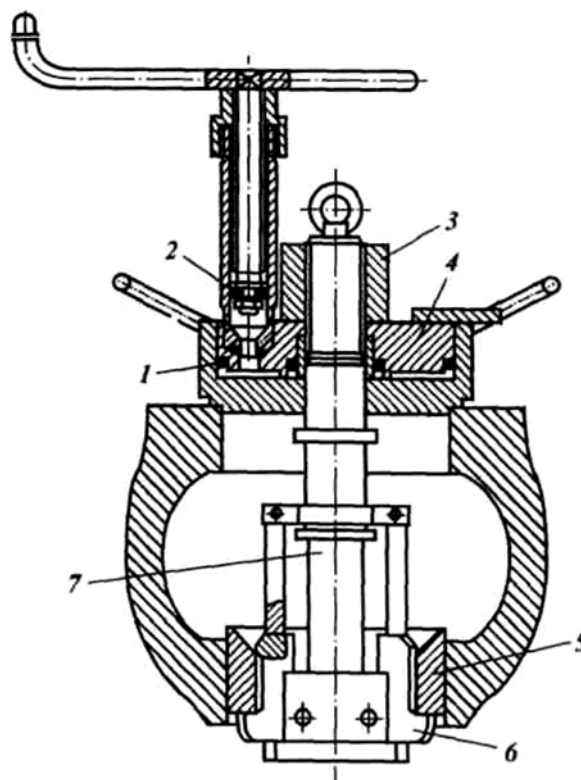


Рис. 4.3. Гидравлический съемник седел клапанов буровых насосов:  
1 - цилиндр; 2 - гидравлический цилиндр с ручным приводом; 3 - гайка;  
4 - поршень; 5 - седло; 6 - захват; 7 - тяга

При этом должны быть предусмотрены стопорные устройства, исключающие самопроизвольный поворот агрегата. Правильная организация, обоснованная технологическая последовательность и использование специальной оснастки позволяют не только рационально организовать процесс разборки по времени, но и непосредственно влиять на экономические и качественные показатели ремонтного производства.

#### 4.5 Контрольно-сортировочные работы

После разборки детали оборудования направляются на контрольно-сортировочный участок, где устанавливается их техническое состояние, возможность дальнейшего использования, определяются расход запасных частей, номенклатура и число ремонтируемых деталей, а следовательно, и объем работ по ремонту.



Чтобы определить величину и характер дефекта, а также возможность дальнейшего использования деталей, используют методы наружного осмотра и остукивания, обмера посредством соответствующих измерительных инструментов и выявления скрытых дефектов при помощи специальной аппаратуры. Процесс контроля начинается с наружного осмотра деталей, при котором выявляются трещины, пробоины, изломы, изгибы, прочие остаточные деформации, срывы отдельных ниток резьбы и т.п.

Опробованием от руки проверяют наличие люфта, легкость вращения подшипников и деталей, и т.п.

Остукиванием определяют плотность посадки штифтов и шпилек в корпусных деталях, наличие трещин и т.п. При легком постукивании, если шпильки, штифты и другие детали сидят плотно, то они издадут звонкий металлический звук, при неплотной посадке – глухой, дребезжащий звук.

Соответствие размеров и формы деталей техническим требованиям устанавливается при помощи штангенциркуля, линейек, глубиномеров, микрометров, рулеток, угломеров и т.п. Возможно использование специальных шаблонов, а также сравнение обмеряемой детали с подобной же образцовой деталью. Методы и способы измерений обычные, принятые в машиностроении. Например, овальность шейки вала определяется разностью диаметров, измеренных в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, а конусность вала - разностью диаметров, измеренных в одной плоскости, но в двух сечениях, расположенных друг от друга на некотором расстоянии.

Годность цилиндрических шестерен по износу зубьев определяют контрольной скобой (рис.4.4). Если скоба плотно садится на вершину зуба, то шестерня бракуется. При обнаружении трещин, изломов шестерни также бракуются.

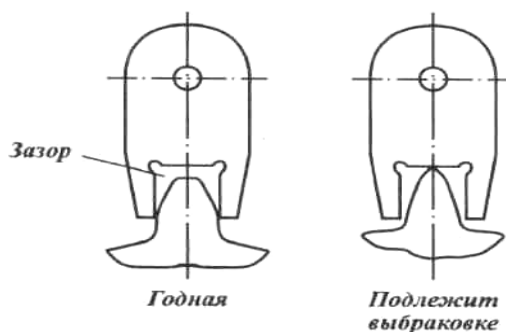


Рис.4.4. Схема контроля годности цилиндрических шестерен контрольной скобой

Уплотнения из неметаллических материалов подлежат безусловной замене.

При оценке годности деталей, работающих при переменных нагрузках, к повторному использованию необходимо выявить скрытые дефекты в материале этих деталей: усталостные трещины, расслоения и т.п. Для выявления скрытых дефектов применяют различные методы дефектоскопии.

После контроля производят сортировку и маркировку деталей. Детали сортируют на три основные группы: годные детали, направляемые непосредственно на склад комплектации; детали, подвергаемые ремонту, и заменяемые детали, негодные для ремонта.

Детали в процессе сортировки маркируют красками. Для каждой группы деталей установлен соответствующий цвет краски: красная, желтая и зеленая. При маркировке деталей, требующих ремонта, краску наносят на разрушенные поверхности.

На годные детали вместо краски можно наносить клеймо контролера. Основанием для сортировки деталей являются технические условия на разбраковку деталей при ремонте. В них указываются возможные дефекты деталей, приводятся рекомендации о способах устранения различных дефектов или основание для списания деталей в брак.

На каждую машину по результатам контроля и сортировки деталей составляется ведомость, на основании которой определяются содержание и объем работ по ремонту машины и потребность в новых деталях. В зависимости от размеров и массы деталей и сборочных единиц разбраковка деталей выполняется в разборочном (крупногабаритные, значительной массы детали и сборочные единицы) или в контрольно-сортировочном отделении (небольшие, незначительной массы детали и сборочные единицы), которое оборудуется столом, проверочной плитой, стеллажами, шкафом с набором инструментов, контрольно-измерительных приборов и приспособлений.

#### **4.6 Сборка оборудования**

Технологический процесс сборки при ремонте оборудования принципиально не отличается от процесса сборки при изготовлении аналогичного нового оборудования, однако может иметь

определенные особенности, обусловленные спецификой ремонтного производства, например различие в организационных формах, уровне механизации и т.д. Сборка заключается в последовательном соединении деталей в сборочные единицы и агрегаты, а затем агрегатов и сборочных единиц в машину.

Последовательность сборки определяется технологической схемой сборки. Схема технологического процесса сборки представляет условное изображение последовательности включения отдельных деталей, сборочных единиц в сборку с указанием контрольных и дополнительных операций, выполняемых при сборке.

Схема сборки является основным оперативным документом, в соответствии с которым выполняется сборочный процесс, производится комплектование машины, организуется подача сборочных единиц и деталей в надлежащей последовательности к местам сборки, планируется производство.

Наиболее простой организационной формой сборки является так называемая *стационарная сборка без расчленения процесса* по операциям. По этому методу машины собирают на одном рабочем месте (сборочном посту), куда поступают все детали и собранные сборочные единицы; в течение всего процесса сборки объект ее неподвижен. При простой несложной конструкции машины с небольшим числом деталей подобная сборка может быть выполнена одним рабочим. Обычно стационарную сборку стремятся проводить из предварительно собранных сборочных единиц, а не из деталей непосредственно, что значительно сокращает длительность общей сборки.

При такой сборке расширяется фронт работ, так как сборку нескольких сборочных единиц можно вести одновременно отдельными бригадами. Для общей сборки машины также используется отдельная бригада.

При сборке с *операционным расчленением процесса* собираемая машина остается неподвижной или перемещается в процессе всей сборки, производимой сборочной бригадой; члены бригады специализируются на выполнении конкретных операций (работ). В этом случае достигается более высокая специализация сборщиков, повышается производительность труда, т.е. уменьшается трудоемкость сборки.

Стационарную сборку без расчленения и с частичным расчленением процесса широко применяют на базах

производственного обслуживания. При полном операционном расчленении процесса сборки целесообразно, чтобы каждый сборщик выполнял только одну, закрепленную за ним сборочную операцию на соответствующей машине и затем переходил на следующую машину. При большом числе однотипных ремонтируемых машин применяется поточный метод сборки, имеющий следующие разновидности:

1) поточная сборка при неподвижном объекте сборки, когда сборщик (или бригада сборщиков) выполняет только закрепленную за ним операцию, передвигаясь от одной машины к другой; этот метод рационально применять при ремонте тяжелых крупногабаритных машин;

2) поточная сборка с перемещением объекта путем свободной передачи собираемого изделия вручную (по специальному верстаку, рольгангу, при помощи тележки) или принудительно при помощи механических транспортирующих средств непрерывного (например, конвейер) или прерывного действия (пластинчатый конвейер, тележки, движущиеся при помощи замкнутой цепи, и др.).

На линиях поточной сборки машин необходимо применять принцип полной взаимозаменяемости деталей. По сравнению со стационарной сборкой длительность поточной сборки и необходимое число сборщиков при прочих равных условиях меньше, производительность выше, а себестоимость ремонта ниже. При выборе вида и организационной формы сборки машины общими соображениями являются: число ремонтируемых машин, их конструкция, масса и габаритные размеры. При большом числе ремонтируемых машин рекомендуется установить технико-экономическую целесообразность поточной сборки.

#### **4.7 Приработка и испытание агрегатов и машин**

Завершающими операциями технологического процесса ремонта являются приработка и испытание агрегатов и машин.

Собранное после ремонта оборудование должно отвечать техническим требованиям. О качестве ремонта судят по данным фактических эксплуатационных характеристик машины (развиваемая мощность, частота вращения, производительность, грузоподъемность, давление и др.) и правильности взаимодействия отдельных узлов и агрегатов.

Совершенно обязателен окончательный контроль после сборки сборочной единицы, агрегата или машины в целом. После тщательного осмотра и проверки правильности сборки производится приработка (обкатка) машины.

Различают холодную и горячую приработку. При холодной приработке машины испытывают без нагрузки и приводят в действие от постороннего источника энергии. При горячей приработке машину полностью собирают и прирабатывают под нагрузкой. Нагрузку на машину можно создавать при помощи тормоза (механического, электрического, гидравлического) или других устройств. Например, двигатели внутреннего сгорания подвергают сначала холодной приработке, а затем горячей, редукторы - только холодной приработке.

Допускается проводить ускоренную обкатку, которую выполняют с использованием специальных приработочных присадок, которые добавляют к смазочному маслу. При ускоренной обкатке двигателей приработочные присадки могут добавляться либо к всасываемому в цилиндры воздуху, либо к топливу.

Продолжительность приработки различна в зависимости от типа и назначения оборудования. В начальный период приработки без нагрузки проверяют правильность балансировки вращающихся частей машины, пригонки подшипников и качество сборки.

Весь период приработки машины строго контролируется специальным персоналом с использованием необходимых контрольно-измерительных приборов; ведется наблюдение за температурой подшипников, наличием, характером и величиной вибраций, уровнем шума в процессе приработки, скоростью изнашивания.

Первоначальная шероховатость влияет на продолжительность приработки. Чем больше отличается шероховатость, полученная при механической обработке, от шероховатости, устанавливающейся после приработки, тем больше продолжительность испытаний. Плохо приработавшиеся детали быстро изнашиваются. Окончание приработки характеризуется стабилизацией интенсивности изнашивания. По окончании приработки машину вскрывают, производят осмотр сопряжений и устраняют неполадки. Затем машину вновь собирают и подвергают испытаниям согласно инструкции.

Обычно полностью собранную машину подвергают приемочным, контрольным и специальным испытаниям. Приемочные испытания устанавливают соответствие фактических эксплуатационных характеристик машины техническим условиям и проводятся на специальных стендах в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

Порядок испытаний определяется техническими условиями. Обнаруженные в процессе приемочных испытаний неполадки устраняют, после чего машину вновь подвергают повторным (контрольным) испытаниям.

При внесении в машину каких-либо новых элементов (новый материал, изменение качества поверхности и др.) проводят специальные испытания. Результаты испытаний оформляются в виде акта, а данные испытаний отмечаются в паспорте отремонтированной машины. Поскольку качественные и всесторонние испытания отремонтированной машины могут быть произведены только на специальном стенде, следует стремиться к созданию подобных стендов на всех ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли.

На рис.4.5 приведена схема стенда для обкатки и испытания турбобуров. В состав стенда входят металлическая вышка высотой 27 м, лебедка с приводом и станцией управления, ротор, буровой насос с приводом, скважина глубиной 15-20 м и металлическая емкость до 15 м<sup>3</sup> с градуированной рейкой. Промывочная жидкость циркулирует по замкнутой системе, а фактическая производительность насоса определяется с помощью замерной рейки. Испытательный стенд оборудован контрольно-измерительными приборами и набором приспособлений для измерения высоты подъема вала верхней секции, приспособлением для запуска турбобура, приспособлением для измерения утечек через ниппель, моментомером для измерения тормозного момента, тахометром и регистрирующими манометрами.

Обкатку турбобура на стенде производят при таком же примерно расходе промывочной жидкости, как и в эксплуатационных условиях.

В процессе обкатки проверяют плавность запуска турбобура; перепады давления на турбобуре при запуске, холостом режиме и торможении; герметичность резьбовых соединений; расход жидкости через ниппель; наличие посторонних шумов; биение вала турбобура; температуру в опорах; величину осевого люфта.

У секционных турбобуров перед обкаткой проверяют правильность их регулировки.

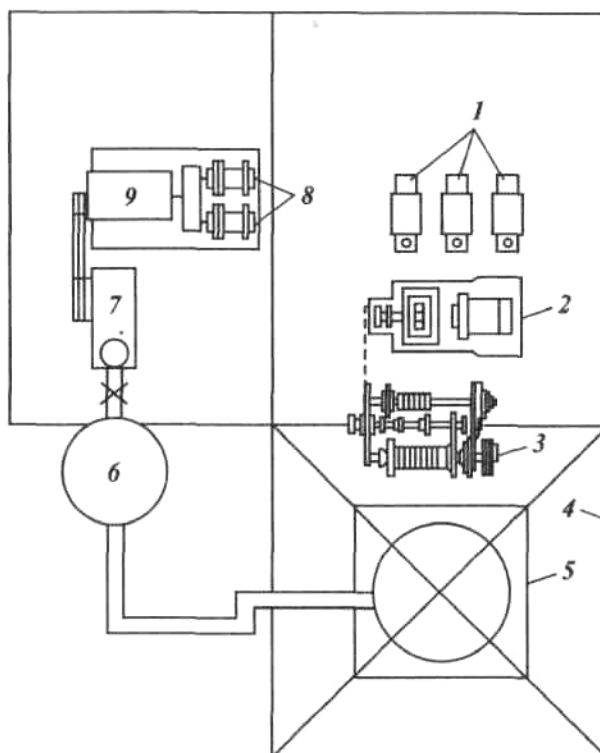


Рис.4.5. Схема стенда для испытания турбобуров: 1 - станция управления; 2 - электродвигатель; 3 - лебедка; 4 - вышка; 5 - ротор; 6 - емкость с промывочной жидкостью; 7 - буровой насос; 8 - электродвигатель; 9 - агрегат форсированного бурения

На рис.4.6 приведена схема стенда для обкатки вертлюгов. Стенд состоит из мачты для подвешивания вертлюга, привода для вращения ствола вертлюга и домкратов с траверсой для создания нагрузки на вертлюг. Высота мачты от основания до верхней площадки 8 м. На верхней площадке смонтированы подшипники, в которых установлена верхняя траверса. На траверсу надевают строп испытываемого вертлюга.

В нижней части мачты приварены поперечины, в которых смонтированы два гидравлических домкрата. Плунжеры домкратов упираются в нижнюю подвижную траверсу, на переводник которой навинчивают рабочую трубу. В основании пола по оси мачты установлен домкрат для поддержания нижней траверсы.

Приводная часть представляет полностью скомплектованный индивидуальный привод к ротору. Привод состоит из сварной рамы,

на которой смонтированы два электродвигателя и четырехскоростная коробка передач.

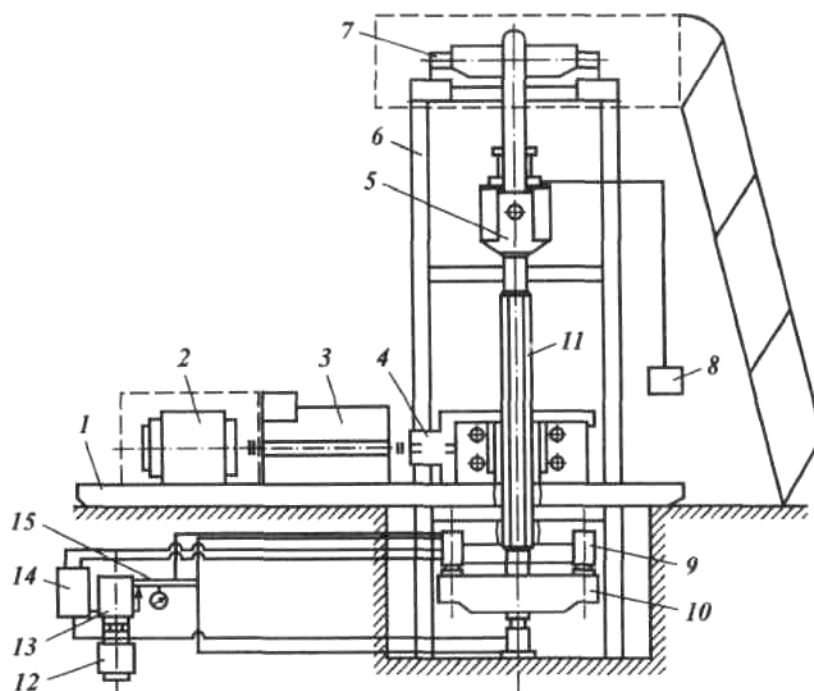


Рис.4.6. Схема станда для обкатки вертлюгов: 1 - рама; 2 - электродвигатель; 3 - коробка перемены передач; 4 - ротор; 5 - вертлюг; 6 - мачта; 7 - верхняя траверса; 8 - аппарат для регистрации температуры; 9 - домкрат; 10 - нижняя траверса; 11 - рабочая труба; 12 - электродвигатель насоса; 13 - насос; 14 - емкость для масла; 15 - нагнетательный коллектор

Рабочая труба проходит через отверстие в столе ротора и в верхней части присоединяется к ниппелю ствола вертлюга.

К домкратам подведены трубопроводы гидравлической системы для подачи и отвода масла насосом.

Давление гидравлической системы контролируется манометрами. Уровни масла в коробке перемены передач и нижней траверсе определяются с помощью уровнемеров.

Стволу вертлюга вращение передается от электродвигателей через коробку перемены передач, ротор и рабочую трубу (квадрат). Нагрузку на вертлюг создают домкратами. Плунжеры домкратов, перемещаясь под действием нагнетаемого насосом масла давят на нижнюю траверсу, усилие от которой передается через рабочую трубу на ствол вертлюга.



Перед установкой на стенд вертлюг должен быть полностью собран без грязевой трубы и манжет грязевого сальника. В корпус вертлюга должно быть залито масло в объеме, предусмотренном техническими условиями.

При обкатке вертлюгов нагрев масла допускается до 60 °С. Температуру измеряют хромель-копелевыми термопарами, пропущенными внутрь корпуса вертлюга через заливочное отверстие, а регистрируют потенциометром.

#### **4.8 Окраска оборудования**

Окраска оборудования - одна из операций технологического процесса ремонта предназначена для защиты оборудования от коррозии и придания ему определенного декоративного вида.

Чтобы надежно предохранить оборудования от коррозии, лакокрасочные покрытия должны обладать определенным комплексом свойств: сплошностью пленки, хорошим сцеплением с металлической поверхностью, стойкостью к действию масел, топлив, повышенной влажности, водной среды; в некоторых случаях к покрытиям предъявляются специальные требования, как например, сопротивление износу, теплостойкость, стойкость в кислотах, щелочах и др. Чтобы покрытие удовлетворяло этим требованиям и обладало достаточным сроком службы, необходимо правильно выбрать состав лакокрасочного материала и технологию его нанесения.

Лакокрасочные материалы, выпускаемые промышленностью, делятся на грунты, шпатлевки, лаки и эмали. Каждый вид лакокрасочного материала имеет определенное целевое назначение. Грунты обеспечивают хорошее сцепление между металлом и последующими слоями покрытия, а также создают надежный антикоррозионный слой. Шпатлевки применяют для выравнивания неровностей и заполнения грубых изъянов на окрашиваемой поверхности. Эмали и лаки используют для наружных слоев покрытия с целью получения механически прочных и химически инертных пленок, устойчивых к действию окружающей среды.

Обычно лакокрасочное покрытие представляет собой многослойную систему, состоящую из различных лакокрасочных материалов, нанесенных в определенной последовательности.

В зависимости от назначения покрытия применяются разные схемы его нанесения. Схемы нанесения покрытия выбирают, исходя из условий эксплуатации и с учетом возможности осуществления принятой технологии окраски оборудования на данном предприятии.

В каждом конкретном случае следует выбирать конструкцию покрытия с учетом предъявляемых к нему требований.

Технологический процесс окраски состоит из подготовки поверхности под окраску, грунтования, шпатлевания, нанесения наружных слоев и сушки покрытия. Качество покрытия в значительной степени определяется качеством выполнения всех операций технологического процесса окраски. Чтобы обеспечить хорошее сцепление покрытия с металлом, необходимо правильно подготовить поверхность под окраску. Подготовка поверхности предусматривает очистку от ржавчины, окалины, влаги, старого лакокрасочного покрытия, жировых и других загрязнений.

Для обезжиривания поверхностей обычно применяют органические растворители (ацетон, бензин, уайт-спирит). На подготовленную поверхность наносят слой грунта, сушат, а затем шпатлюют. При выборе грунта необходимо учитывать природу лакокрасочных материалов, которые необходимо наносить на грунт. Под эпоксидные покрытия обычно применяют эпоксидный грунт. Толщина грунта не должна превышать 15-20 мкм. Грунт должен обладать высоким сцеплением с металлом, так как является основой лакокрасочного покрытия. Шпатлевание не улучшает защитных свойств покрытия, и если оно неправильно выполнено, то, наоборот, может снизить прочность и вызвать растрескивание покрытия.

После шпатлевания производят сушку изделия и механическую зачистку поверхности абразивными шкурками, а затем наносят основные слои покрытия. Для защиты от воздействия химически агрессивных сред основные слои покрытия следует получать нанесением эмали. Рабочая вязкость лакокрасочных материалов регулируется с помощью органических растворителей. Рабочую вязкость выбирают в зависимости от способа нанесения покрытия.

Лакокрасочные покрытия наносят на поверхности оборудования кистью, распылением, окунанием, обливом. Выбор способа нанесения лакокрасочного материала определяется прежде всего серийностью ремонтного производства, габаритами и конфигурацией окрашиваемого изделия.

На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли наибольшее применение нашел способ воздушного распыления лакокрасочных материалов.

Окраску деталей небольших размеров производят окунанием, т.е. детали погружают в ванну с краской. Для устранения подтеков детали дополнительно обрабатывают в специальной камере парами растворителей. Для уменьшения потерь лакокрасочных материалов целесообразно применять окраску распылением в электрическом поле высокого напряжения. В этом случае корронирующий электрод вводят в пистолет-краскораспылитель или другое устройство, предназначенное для распыления краски, а окрашиваемую деталь заземляют. При распылении частицы краски, контактируя с корронирующим электродом, получают заряд, в результате чего приобретают в электрическом поле направленное движение и оседают равномерным тонким слоем на заряженной противоположным знаком металлической поверхности.

Процесс сушки лакокрасочных материалов является ответственной операцией, от правильности проведения которой существенно зависит качество покрытия. При сушке покрытия происходят испарение растворителя и сложные физико-химические превращения в полимерном материале, скорость которых зависит от температуры и продолжительности процесса отверждения. В зависимости от природы лакокрасочного материала и требований, предъявляемых к покрытию, сушку проводят при нормальной или при повышенной температуре. В некоторых случаях необходимо применять смешанный тип отверждения, т.е. сначала при нормальной температуре, а затем при повышенной в течение определенного времени. Для сушки покрытий при повышенных температурах применяют специальные нагревательные устройства, обогреваемые горячим воздухом, электронагревателями, газом или паром. Кроме того, успешно используются инфракрасные излучатели и индукционные печи, работающие на токах высокой или промышленной частоты.

Продолжительность сушки зависит от природы лакокрасочного материала и способа нагрева и колеблется в широких пределах.

## **ТЕМА 5 СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ И ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **5.1 Классификация способов восстановления сопряжений**

В процессе работы машины элементы сопряжений изнашиваются, т.е. изменяются их структурные параметры, к которым относятся: шероховатость поверхности, геометрическая форма, размер поверхности.

Совокупность изменений перечисленных параметров приводит к изменению основного структурного параметра сопряжения - посадки, что проявляется в увеличении зазора или уменьшении натяга в соединении.

Восстановление посадок в сопряжениях деталей машин осуществляется тремя способами:

- 1) без изменения размеров деталей;
- 2) изменением первоначальных размеров;
- 3) восстановлением первоначальных размеров деталей.

Восстановление посадки без изменения, размеров деталей осуществляется следующими способами: регулировкой зазора, заменой одной из изношенных деталей или перестановкой ее в дополнительную рабочую позицию.

Способ восстановления посадки регулировкой зазора обычно применяется для легко доступных и малоответственных сопряжений и сводится к перемещению одной или нескольких деталей. В результате восстанавливается первоначальный зазор. Однако этот способ не обеспечивает восстановления первоначального ресурса сопряжения, так как не устраняются искажение геометрической формы и изменение первоначальной шероховатости.

Регулировку зазора в сопряжениях подшипников, конических пар шестерен, рычажных механизмов в зависимости от их конструктивных особенностей выполняют одним из следующих приемов: удалением или постановкой прокладок; подтягиванием (регулировкой) резьбовых или клиновых соединений; автоматической регулировкой, например пружиной и т.д.

Например, регулировка зазоров у конических роликовых подшипников производится за счет изменения толщины комплекта прокладок.

Начальный зазор в соединении подшипник - шейка вала восстанавливают уменьшением числа прокладок в стыке между полукольцами. Перемещением разрезной конусной втулки с помощью гайки относительно конусной поверхности внутреннего кольца подшипника восстанавливают исходный натяг в соединении этого кольца с шейкой вала. Нередко конструкцией механизмов предусматривается автоматическое регулирование зазора, например, между тормозными колодками и тормозным барабаном колеса автомобиля. Здесь одна из соединяемых деталей (тормозная колодка) перемещается в сторону компенсации износа по мере его нарастания, поддерживая стабильный зазор. Упрощенный вариант автоматического регулирования зазора - автоматическое поддержание за счет пружины контакта деталей, например, щеток и коллектора электрической машины.

Восстановление посадки регулировкой особенно эффективно в соединениях с резко меняющейся, особенно со знакопеременной, нагрузкой, поскольку энергия удара в зависимости от зазора в соединении возрастает по параболе.

Однако в соединениях типа вал - подшипник, рассчитанных на работу в условиях жидкостного трения, при простой регулировке зазора исходная надежность соединения не восстанавливается, поскольку не устраняется искажение геометрической формы работающих поверхностей. Зазор в соединении опять быстро достигает предельного значения. Этим объясняется тот факт, что конструкция соединения шейка коленчатого вала - вкладыш делается нерегулируемой.

Способ перестановки деталей в другое положение (позицию) основан на использовании симметричного расположения одинаковых по всем параметрам поверхностей, одна из которых всегда, или почти всегда, оказывается нагруженной и поэтому изнашивается, а другая всегда, или почти всегда, работает вхолостую (например, две эвольвентные поверхности зуба шестерни, две поверхности цевочного зацепления зуба ведущей звездочки привода гусеничного полотна трактора и т.п.). Поэтому при ремонте допускаются перестановка справа налево и наоборот пары шестерня - зубчатое колесо конечной передачи гусеничного трактора, перестановка ведущих звездочек гусеничного полотна и т.п.

Способ эффективен при ремонте втулочно-роликовых цепей. Из-за одностороннего износа валиков и втулок цепь удлиняется в

результате увеличения размера между соседними внутренними звеньями. Валики и втулки в пластинах поворачивают на  $180^\circ$  относительно их прежнего положения для работы неизношенными поверхностями, благодаря чему шаг цепи восстанавливается практически до исходного, хотя при этом приходится полностью разбирать цепь.

Восстановление посадки изменением первоначальных размеров деталей осуществляется способом ремонтных размеров. Сущность способа ремонтных размеров заключается в том, что одну из изношенных деталей сопряжения, обычно более трудоемкую, подвергают механической обработке до заранее установленного ремонтного размера с целью придания ей правильной геометрической формы и получения требуемой шероховатости поверхности, а другую деталь заменяют новой или заранее отремонтированной до этого же ремонтного размера, что обеспечивает первоначальную посадку в сопряжений.

В паре вал - подшипник ремонтные размеры сопрягаемых поверхностей будут меньше, а в паре цилиндр - поршень больше первоначальных размеров. Применяют свободные и стандартные ремонтные размеры при использовании свободного ремонтного размера для достижения начального зазора или натяга в соединении поверхность более дорогой детали обычно обрабатывают до удаления искажения геометрической формы и изготавливают для комплектации соединения менее дорогую деталь под этот размер. Например, отверстие под втулку верхней головки шатуна растачивают до получения цилиндрической формы. Изготавливают втулку под полученный свободный размер с учетом ее посадки с требуемым натягом. Преимуществами свободных ремонтных размеров являются минимальная трудоемкость механической обработки и максимальное количество ремонтных размеров. Недостатки этого способа: 1) нельзя изготовить другую деталь сопряжения, пока не отремонтирована более трудоемкая; 2) исключается взаимозаменяемость деталей.

При использовании стандартного ремонтного размера для достижения начального зазора или натяга в соединении поверхность более дорогой детали обрабатывают не только до выведения следов износа, но и снимают еще некоторый слой материала с целью получения необходимой посадки с заранее изготовленной менее дорогой деталью, имеющей стандартный ремонтный размер. Так обрабатывают шейки коленчатого вала до стандартных ремонтных

размеров с целью комплектации их с вкладышами стандартных ремонтных размеров, зеркало гильзы для комплектации с поршнем стандартного ремонтного размера и т.д.

Таким образом, сборка соединений со свободными ремонтными размерами всегда связана с подгонкой «по месту» и ее применяют в случаях, когда важно максимально сохранить материал дорогостоящей детали, а изготовление заменяемой детали не связано с большими технологическими затруднениями и оказывается возможным в условиях индивидуального производства. Заменяемую деталь в этом случае можно заранее подготовить только в качестве полуфабриката.

Преимущество стандартных ремонтных размеров перед свободными состоит в том, что в первом случае есть возможность организовать массовое промышленное производство заменяемых деталей и осуществлять ремонт машин по принципу частичной взаимозаменяемости, что существенно сокращает его продолжительность.

Ремонтные размеры валов и отверстий отличаются от номинальных, как правило, на доли миллиметра, т.е. находятся в одном интервале размеров, поэтому допуски остаются прежними. Требования к макрогеометрии, шероховатости, твердости и износостойкости поверхности не меняются.

Какую деталь надо заменить и какую восстановить решают, в основном, исходя из экономических соображений. Более дорогую деталь почти во всех случаях целесообразно оставить и обработать, а дешевую заменить. Следует заметить, что деталь с несколькими соединяемыми поверхностями может выступать в роли заменяемой или восстанавливаемой. Например, поршень по отношению к гильзе - заменяемая деталь, а по отношению к поршневым кольцам увеличенной толщины - восстанавливаемая. Канавки в поршне протачивают под кольца ремонтного размера

Положительными сторонами способа ремонтных размеров являются увеличение срока службы и простота технологии ремонта более дорогой и трудоемкой детали сопряжения; возможность заранее организовать изготовление заменяемых деталей сопряжения, что позволяет сократить сроки ремонта и снизить его стоимость.

К отрицательным сторонам этого способа следует отнести необходимость в замене сопряженной детали; наличие нескольких ремонтных размеров деталей, что помимо эксплуатационных

неудобств вызывает необходимость иметь лишний резерв запасных частей. Несмотря на эти недостатки ремонт крупных и дорогих деталей оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи часто производят способом ремонтных размеров.

Способ ремонтных размеров применяют при ремонте цилиндров компрессоров и двигателей внутреннего сгорания, цилиндрических втулок поршневых насосов, шеек коленчатых валов, зубчатого венца стола ротора и других деталей.

Способ восстановления посадки доведением размеров сопрягаемых поверхностей до первоначальных величин обеспечивает наиболее полное восстановление начальных структурных параметров сопряжения. При этом полностью восстанавливается его ресурс.

## **5.2 Классификация способов восстановления поверхностей деталей**

На ремонтных предприятиях применяют различные способы восстановления разрушенных при эксплуатации поверхностей деталей. Их можно разделить на две основные группы:

- 1) с изменением первоначальных размеров ремонтируемой детали;
- 2) с восстановлением первоначальных размеров ремонтируемой детали.

К первой группе относится способ ремонтных размеров.

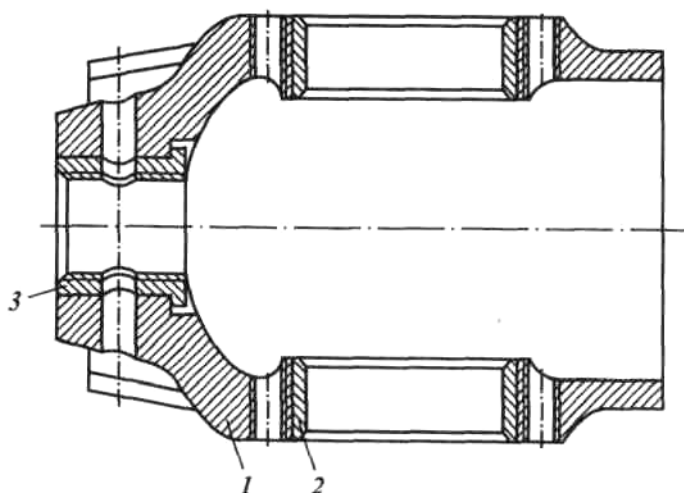
Ко второй группе относятся способ наращивания дополнительного слоя материала, способ дополнительных ремонтных деталей, способ замены части детали.

Способ наращивания дополнительного слоя материала применяется для восстановления номинальных геометрических параметров и физико-механических свойств восстанавливаемой поверхности. Применяются различные технологические методы наращивания дополнительного слоя материала с требуемым комплексом свойств. Выбор технологического метода наращивания определяется материалом и конструктивными особенностями ремонтируемой детали, характером дефектов, назначением и режимом работы восстанавливаемой поверхности и др. Способ наращивания дополнительного слоя материала широко используется при ремонте различных деталей. При этом полностью восстанавливается их ресурс.



Способ дополнительных ремонтных деталей заключается в использовании дополнительных ремонтных деталей, которые закрепляют непосредственно на изношенной поверхности. Толщина дополнительных ремонтных деталей обычно значительно превышает величину износа ремонтируемой детали, в связи с чем перед установкой дополнительной детали необходимо удалить с изношенной поверхности слой металла. Пользуясь этим способом при восстановлении концевой шейки вала, обрабатывают шейку до меньшего размера, если позволяет механическая прочность, и напрессовывают дополнительную втулку, а затем производят ее механическую обработку до первоначального размера и требуемой шероховатости поверхности. Возможно дополнительное крепление втулки на валу штифтами, резьбовыми стопорами или электросваркой. При восстановлении шейки в средней части вала используют две полувтулки, которые устанавливают на предварительно обработанную шейку, крепят штифтами или сваркой, а затем производят их механическую обработку по наружной поверхности. Изношенные отверстия растачивают под больший размер и запрессовывают ремонтную втулку, которую обрабатывают до номинального размера отверстия детали. Толщина стенок ремонтных втулок из стали должна быть не менее 2 - 2,5 мм, из чугуна 4 - 4,5 мм.

На рис.5.1 показано использование дополнительных ремонтных деталей для восстановления изношенных резьбовых отверстий в корпусе крейцкопфа бурового насоса. Изношенное отверстие предварительно растачивают и запрессовывают втулку с дополнительным креплением ее сваркой. Затем втулку растачивают и нарезают резьбу первоначального размера. Добавочные ремонтные детали могут быть изготовлены заранее.



*Рис.5.1.* Корпус кресткопфа, отремонтированный с использованием дополнительных ремонтных деталей: 1 - корпус кресткопфа; 2 - ремонтная втулка под палец; 3 - ремонтная втулка под надставку штока

Недостаток рассматриваемого способа ремонта заключается в уменьшении механической прочности основной детали вследствие механической обработки.

Способ замены части детали заключается в удалении изношенной части детали и присоединении вместо нее дополнительной детали. Заменяемая часть детали соединяется с основной при помощи сварки, резьбы, клея или других способов, после чего производится ее окончательная механическая обработка для получения требуемой точности и шероховатости поверхности. Многие детали оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи имеют одну или несколько прилегающих друг к другу поверхностей, изнашиваемых наиболее интенсивно. Подобные детали, если позволяет их конструкция, целесообразно ремонтировать способом замены части детали.

Отказанный способ применяют, например, при ремонте корпуса турбобура, стола ротора и других деталей.

К недостаткам способа следует отнести сложность подобного ремонта для термически обработанных деталей.

На рис.5.2 показан стол ротора, резьбовая часть которого восстановлена заменой части детали. Часть стола с изношенной резьбой срезают газовой горелкой, вместо нее приваривают надставку, которую затем обрабатывают и нарезают на ней новую резьбу.

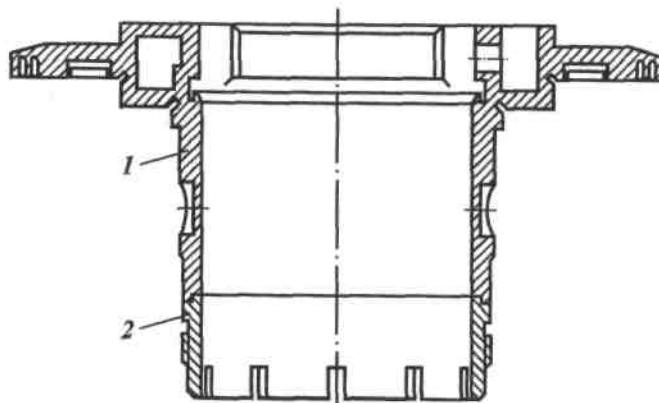


Рис.5.2 Стол ротора отремонтированный заменой части детали: 1 - стол;  
2 - дополнительное ремонтное кольцо

### 5.3 Выбор рационального способа восстановления поверхностей деталей

Выбор способа восстановления поверхностей деталей определяется характером дефекта, материалом детали, особенностями ее конструкции и технологии изготовления, условиями работы. На выбор способа восстановления существенное влияние оказывают технико-экономические показатели, которые определяются производительностью процесса ремонта детали, стоимостью применяемых материалов и оборудования, серийностью ремонтного производства, степенью повышения долговечности детали в результате ремонта, а также санитарно-гигиеническими условиями труда.

Анализ технологических возможностей различных способов восстановления поверхностей деталей машин показывает, что значительная часть поврежденных поверхностей может быть не только восстановлена, но и упрочнена с повышением ресурса по сравнению с ресурсом новых деталей. Поэтому при выборе наиболее рационального способа восстановления поверхности детали следует учитывать не только стоимость ремонта, но и изменение безотказности отремонтированной детали по сравнению с новой.

Рекомендована следующая методика выбора рационального способа восстановления поверхностей деталей машин:

1) устанавливают перечень технически возможных способов восстановления поверхностей детали;

2) на основании программы ремонтного предприятия определяют размер партии ремонтируемых деталей;

3) разрабатывают технологические процессы ремонта деталей им различными входящими в перечень способами и определяют стоимость ремонта при использовании каждого из способов на конкретном предприятии;

4) учитывая, что рациональным способом восстановления, очевидно, будет не только самый дешевый, но и обеспечивающий увеличение межремонтного периода.

## **ТЕМА 6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ И НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЕМОНТИРУЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ**

### **6.1 Восстановление поверхностей наплавкой**

Наплавка - процесс нанесения расплавленного металла необходимого состава на поверхность детали, нагретую до температуры плавления. При наплавке нанесенный слой металла прочно соединяется с основным металлом вследствие образования металлической связи. Наплавку применяют для восстановления размеров детали и придания заданных свойств ее поверхности путем правильного выбора химического состава и структуры наплавленного металла.

Наплавка является разновидностью сварки. Однако наплавочные процессы отличаются от сварочных. При наплавке сварочный процесс используется для наращивания на основной металл слоя металла или сплава со свойствами, иногда отличающимися от свойств основного металла. В связи с этим к процессу наплавки предъявляются следующие основные требования:

1) для обеспечения заданных физико-механических свойств наплавленного слоя процесс наплавки не должен изменять исходного химического состава и структуры наносимого металла, т.е. при наплавке доля основного металла в наплавленном слое должна быть минимальной;

2) для сохранения прочности ремонтируемой детали процесс наплавки не должен изменять ее исходного химического состава, структуры и напряженного состояния;

3) наплавленный слой должен обладать достаточно высокой прочностью сцепления с основным металлом

Наплавка является распространенным методом восстановления поверхностей деталей оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи, таких как валы, зубчатые колеса, муфты, звездочки, клапаны и штоки буровых насосов и другие детали.

Для ремонта деталей применяют ручные и механизированные виды наплавки (рис.6.1).



Рис.6.1 Классификация видов наплавки

Наибольшее распространение на ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли получили ручная газовая и электродуговая наплавки, автоматическая и полуавтоматическая наплавки электрической дугой под слоем флюса и вибродуговая наплавка. Автоматическая и полуавтоматическая наплавки применяют на специализированных ремонтных предприятиях при ремонте большого числа однотипных деталей.

Выбор наплавляемого материала производят с учетом материала ремонтируемой детали, ее формы, размеров, технических требований, условий работы и применяемого вида наплавки. Широко используется стальная сварочная проволока. Углеродистые и легированные сварочные проволоки применяют для восстановления размеров изношенных деталей. Высокохромистые проволоки обеспечивают высокую износостойкость и коррозионную стойкость наплавленного слоя. Хромоникелевыми аустенитными проволоками наплавляют детали, подверженные коррозии и кавитации.

Широко применяют наплавку порошковой проволокой, представляющей металлическую оболочку из низкоуглеродистой стальной ленты толщиной 0,5-1,0 мм, наполненную порошковыми сплавами. Порошковую проволоку используют в основном при наплавке высоколегированных и высокоуглеродистых сплавов, что

позволяет повысить производительность наплавки при высоком легировании наплавленного металла.

Для ручной газовой и электродуговой наплавки обычно используют металлические электроды, что объясняется сравнительной простотой процесса наплавки и возможностью широкого регулирования химического состава и свойств наплавленного слоя. Регулирование химического состава и свойств наплавленного слоя осуществляют через покрытие или через электродный стержень или комбинированным методом. Для предотвращения появления деформаций и трещин при наплавке применяют предварительный нагрев детали в пределах 200-400 °С, предварительный изгиб детали в направлении, обратном деформации, погружение детали в воду без смачивания наплавленной поверхности, наложение наплавленных валиков в определенной последовательности, высокий температурный отпуск детали после наплавки.

#### Ручная газовая наплавка.

При ручной газовой наплавке расплавление основного и присадочного материала осуществляется теплом, выделяющимся в процессе сгорания горючих газов (ацетилена, пропанбутановых смесей и др.) в среде кислорода (рис. 6.2).

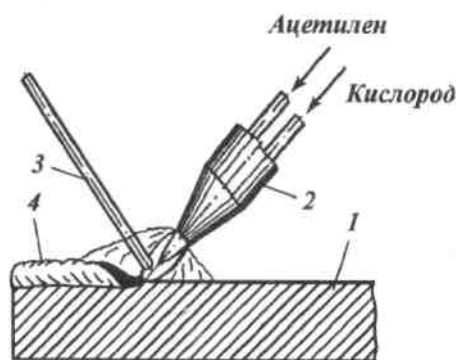


Рис.6.2 Схема газовой наплавки: 1 - наплаваемая деталь; 2 - газовая горелка; 3 - присадочный материал; 4 - наплаваемый металл

Наиболее распространенным горючим газом, применяемым на ремонтных предприятиях, является ацетилен.

Нормальное или, как его часто называют, нейтральное пламя образуется при соотношении кислорода и ацетилена в смеси, равном 1,0-1,2. На ремонтных предприятиях для ручной газовой наплавки широко применяют инжекторные горелки среднего давления.

При ручной газовой наплавке качество шва и наплавленного слоя в значительной мере зависит от состава присадочного материала.

Нагрев основного металла и присадочного материала при газовой наплавке легко регулируется, что позволяет избежать нежелательного глубокого проплавления основного металла и смешивания его с наплавочным материалом. Толщина наплавленного слоя обычно колеблется от 2,5 до 4 мм.

К недостаткам газовой наплавки следует отнести неравномерность толщины наплавленного слоя.

#### Ручная электродуговая наплавка.

При электродуговой наплавке источником тепла для расплавления металлов является электрическая дуга, возникающая между электродом и металлом ремонтируемой детали. Качество наплавленного слоя определяется диаметром электрода, типом и маркой электрода, силой тока, напряжением на дуге, родом и полярностью тока, скоростью сварки и положением шва в пространстве.

При ручной электродуговой наплавке чаще всего используются металлические электроды, представляющие металлический стержень, на поверхность которого нанесен слой покрытия, предназначенного для стабилизации горения дуги, защиты расплавленного металла от кислорода и азота воздуха, легирования наплавленного металла.

Электроды изготовляют диаметром 1,6-12 мм и длиной 225-450 мм. В зависимости от назначения стальные электроды подразделяются на типы. Тип и марку электродов выбирают в зависимости от химического состава металла ремонтируемой детали и требований, предъявляемых к наплавленному слою.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины наплаваемого слоя. При толщине наплавки менее 2 мм рекомендуется применять электроды диаметром 3 мм, а при большей толщине наплавки - электроды диаметром 4-5 мм.

Наплавку изношенных поверхностей производят в несколько слоев с перекрытием каждого предыдущего валика на 1/3 ширины, что обеспечивает его отжиг и препятствует образованию закаленной зоны. Перед наплавкой каждого последующего слоя металла необходимо очищать предыдущий слой от шлака.

При наплавке выделяется значительное количество тепла, что может вызвать коробление детали. Поэтому наплавку следует вести с перерывами, обеспечивающими остывание слоя, и соблюдать

определенный порядок наложения валиков. Так, систематически поворачивая деталь, производят наплавку первого слоя.

К преимуществам ручной электродуговой наплавки относятся удобство и простота процесса. Недостатки ее - низкая производительность, низкая стабильность дуги и невысокое качество наплавки.

#### Автоматическая электродуговая наплавка под слоем флюса.

При указанном виде наплавки электрическая дуга горит под слоем флюса, подаваемого систематически в зону наплавки. В зоне горения дуги оплавляются поверхность детали, электрод и прилегающий слой флюса. Электродная проволока по мере оплавления автоматически подается в зону дуги одновременно с флюсом. При плавлении флюса выделяется газ и образуется газовая оболочка, защищающая расплавленный металл от взаимодействия с окружающим воздухом и выгорания легирующих элементов. Кроме того, флюсовое покрытие способствует сохранению тепла дуги и препятствует разбрызгиванию жидкого металла.

На рис. 6.3 представлена схема наплавки под слоем флюса тел вращения. Между поверхностью детали 5 и электродной проволокой 3 возбуждена электрическая дуга. Расплавленная капля металла электрода 3, смещаясь в направлении вращения детали, смешивается с расплавленным основным металлом детали, образуя сварочную ванночку. При остывании образуется наплавленный валик, который покрыт шлаковой коркой 7 и частично неиспользованным флюсом 1.

Шлаковая корка, образующаяся при остывании, снижает скорость охлаждения наплавленного металла, что создает благоприятные условия для формирования шва. Поверхность наплавки под слоем флюса получается гладкой с плавным переходом от валика к валику. Этим способом можно наплавлять плоские, цилиндрические, конические и фасонные поверхности в один или несколько слоев. Толщина слоя наплавки практически неограничена.

Для питания дуги обычно используют постоянный ток обратной полярности. В качестве источника тока применяют сварочные генераторы или выпрямители.

Для наплавки применяют как универсальное оборудование, так и специализированные установки. Для наплавки цилиндрических и плоских поверхностей выпускаются сварочные автоматы. При ремонте широко применяют ручные переносные полуавтоматы.



Для повышения производительности наплавки применяют многоэлектродную наплавку, а также наплавку пластинчатыми электродами или электродной лентой.

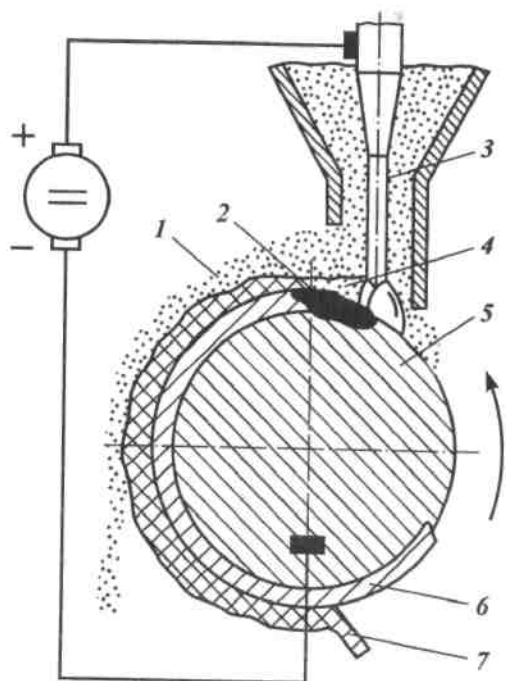


Рис.6.3 Схема наплавки под слоем флюса: 1- нерасплавленный флюс; 2- жидкий металл; 3 -электрод; 4 - расплавленный шлак; 5 - деталь; 6 - наплавляемый металл; 7 - шлаковая корка

Для получения требуемых свойств наплавленного металла необходимо вводить в него легирующие элементы. Применяют следующие способы легирования:

- 1) легированной электродной проволокой с обычными флюсами;
- 2) порошковой проволокой с обычными флюсами;
- 3) обычной сварочной проволокой с легирующими флюсами;
- 4) обычной электродной проволокой и обычными флюсами с предварительной засыпкой легирующих материалов на наплавляемую поверхность (обычно ферросплавов); иногда вместо порошковой смеси изготавливают обмазки, наносимые на наплавляемую поверхность.

Легированную электродную проволоку и обычные плавленные флюсы наиболее широко применяют при ремонте деталей.

Для наплавки деталей, подвергшихся сильному износу, применяют керамические флюсы, легирующие металл наплавки,

позволяющие получать наплавленный металл высокой твердости. Обычно слой флюса составляет 40-60 мм над слоем наплавленного шва.

Преимуществами автоматической наплавки под слоем флюса по сравнению с ручной электродуговой наплавкой являются: 1) высокая производительность процесса; 2) высокое качество наплавленного слоя; 3) возможность широкого регулирования свойств наплавленного слоя; 4) наличия закрытой дуги, улучшающее условия труда; 5) лучшее использование электроэнергии и материала проволоки.

Основным недостатком наплавки этого вида является высокая доля основного металла в наплавленном слое (50-70%) вследствие значительного проплавления основного металла.

#### Автоматическая электродуговая наплавка в среде защитных газов

При этом виде наплавки защитный газ, подаваемый в зону наплавки под избыточным давлением, изолирует сварочную дугу и плавильное пространство от кислорода и азота воздуха (рис.6.4).

Наплавку углеродистых, легированных сталей и чугуна производят в среде углекислого газа; для высоколегированных сталей применяют аргон. При высокой температуре сварочной дуги происходит диссоциация углекислого газа. Образовавшийся атомарный кислород окисляет металл, что приводит к выгоранию железа и других примесей стали. Чтобы прекратить окисление, а также пополнить выгоревшие примеси при наплавке в углекислом газе применяют электродную проволоку, легированную марганцем и кремнием, которые связывают кислород и раскисляют ранее образовавшуюся закись железа. Образующиеся окислы марганца и кремния переходят в шлак.

Содержание углерода в электродной проволоке должно быть небольшим, в противном случае могут образоваться поры и горячие трещины в металле шва.

Для наплавки в среде защитных газов используется серийное оборудование, применяемое для автоматической и полуавтоматической электродуговой наплавки под слоем флюса. Однако в этом случае вместо узла подачи флюса используется устройство для подсушки и подачи углекислого газа.

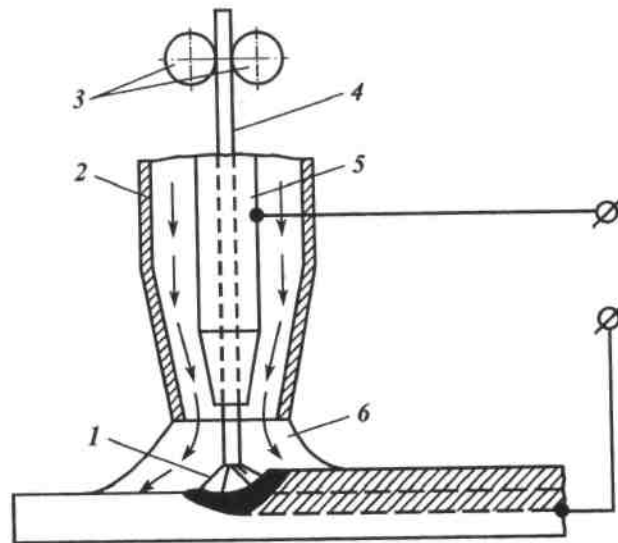


Рис.6.4 Схема наплавки в среде защитных газов: 1 - электрическая дуга; 2 - сопло; 3 - подающие ролики; 4 - электродная проволока; 5 - токоподводящий мундштук; 6 - защитный газ

Наплавку ведут на постоянном токе, в результате уменьшается глубина проплавления и увеличивается количество электродного металла в наплавленном слое. Цилиндрические поверхности можно наплавлять кольцевыми валиками по винтовой линии с поперечными колебаниями или продольными валиками. Это определяется размером детали, ее конструкцией и химическим составом металла детали. Наплавку в среде защитных газов применяют, когда невозможна или затруднительна подача флюса и удаление шлаковой корки, например при наплавке мелких деталей, внутренних поверхностей и деталей сложной формы.

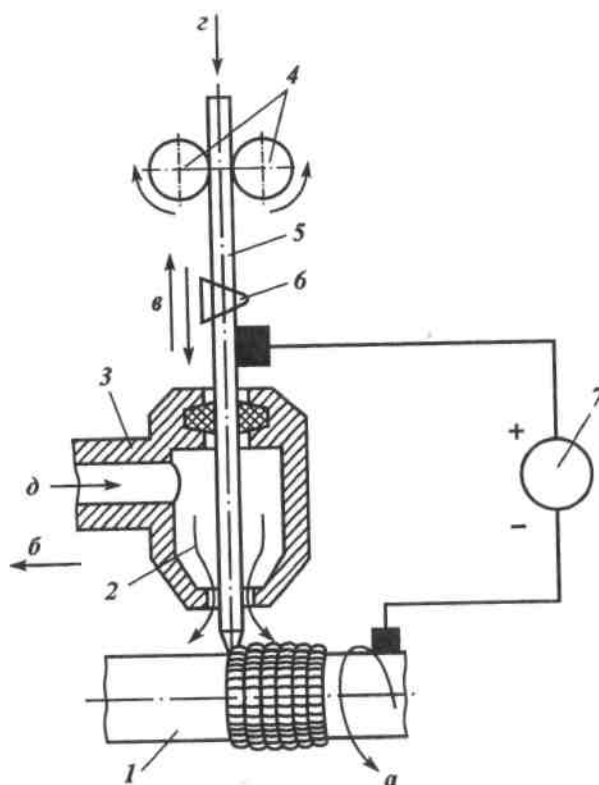
Преимуществами наплавки в среде защитных газов являются высокая производительность и простота ведения и управления процессом. Недостатки ее - сложность работы на открытом воздухе из-за срыва струи углекислого газа под действием ветра и окислительная, способность углекислого газа, высокая стоимость инертных газов.

#### Автоматическая вибродуговая наплавка

Автоматическая вибродуговая наплавка основана на использовании тепла кратковременной электрической дуги, возникающей в момент разрыва цепи между вибрирующим электродом и наплавляемой поверхностью. Отличительной особенностью этого вида наплавки является возможность получения

наплавленного слоя малой толщины 0,3-2,5 мм, охлаждение поверхности наплавки в результате прерывистого характера процесса, что позволяет значительно уменьшить нагрев детали, снизить в ней остаточные напряжения и предотвратить ее деформирование.

Электродная проволока 5 (рис.6.5) подается в зону наплавки через вибрирующий мундштук наплавочной головки при помощи роликов 4 подающего механизма. Ток от генератора постоянного тока 7 подводится к детали 1 и электродной проволоке 5. Электрод вибрирует с частотой 25-100 Гц, в результате чего происходят частые короткие замыкания электрода на деталь.



*Рис.6.5* Схема вибродуговой наплавки: а - направление вращения детали; б - направление перемещения головки; в -направление вибрации электрода; г - подача электрода; д - подача охлаждающей жидкости; 1 - деталь; 2 - охлаждающая жидкость; 3 - сопло; 4 - подающие ролики; 5 - электродная проволока; 6 - вибратор; 7 - генератор

Вибрация электрода осуществляется электромагнитным или механическим вибратором 6, встроенным в наплавочную головку. В процессе горения дуги на конце электрода образуется капля жидкого металла, которая переносится на наплавляемую поверхность в момент разрыва дуги. Это позволяет получить тонкий и прочный наплавленный слой при небольшом нагреве ремонтируемой детали. В

зону наплавки из сопла подается охлаждающая среда, которая снижает величину прогрева металла детали и позволяет в широких пределах регулировать структуру и свойства наплавленного слоя. В качестве охлаждающей среды применяют 5%-ный водный раствор кальцинированной соды или 20%-ный водный раствор глицерина. Образующийся при подаче жидкости пар надежно защищает расплавленный металл от кислорода и азота воздуха. В результате быстрого охлаждения наплавленный слой закаливается, становится твердым, износостойким. В качестве защитного газа обычно используется углекислый газ.

В качестве источников тока используют генераторы постоянного тока или селеновые выпрямители.

Для наплавки цилиндрической поверхности деталь устанавливают в центрах токарно-винторезного станка и вращают с заданной скоростью. На суппорте станка закрепляют наплавочную головку.

К преимуществам вибродуговой наплавки относятся: возможность получения тонких и прочных покрытий, малая глубина зоны термического влияния, небольшой нагрев детали и незначительное выгорание легирующих элементов электродной проволоки. Производительность при вибродуговой наплавке выше, чем при ручной электродуговой, но ниже, чем при наплавке под флюсом.

## **6.2 Восстановление поверхностей металлизацией**

Процесс металлизации заключается в нанесении расплавленного металла на специально подготовленную поверхность детали распылением его струей воздуха или газа. Частицы расплавленного металла, ударяясь о поверхность детали, заполняют предварительно созданные на поверхности неровности, в результате чего происходит их механическое закрепление, а также возникает молекулярное схватывание между напыляемым и основным металлом. В результате закалки, окисления и наклепа частиц напыляемого металла твердость материала покрытия повышается. Различают электродуговую, газовую, высокочастотную, плазменную и детонационную металлизацию. Напыляемый материал применяется в виде проволоки, ленты или порошка.) Плотность напыленного слоя зависит от скорости частиц при ударе, а следовательно, от расстояния между

соплом и поверхностью детали. Расплавленная шарообразная частица стали при распылении окисляется. На больших расстояниях пленка окислов успевает утолщаться, поэтому при ударе о поверхность происходит растрескивание оболочки с выбросом жидкого металла через трещины, и покрытие в этом случае складывается из перекрывающихся друг друга чешуек. При ударе частиц металла, не образующих пленки окислов (медь и ее сплавы), получается покрытие, в котором трудно обнаружить следы металлизационных частиц.

Широкое применение на ремонтных предприятиях получила электродуговая металлизация (рис.6.6). Две электрически изолированные друг от друга электродные проволоки 1 и 2, к которым подводится электрический ток, перемещаются механизмом подачи 3 со скоростью 2,5-3,5 м/мин. При выходе из наконечников 6 проволоки пересекаются и под действием возникающей при этом электрической дуги концы их расплавляются. Через сопло 7 подается струя сжатого воздуха под давлением 0,4-0,7 МПа, которая распыляет расплавленный металл на мельчайшие частицы. Частицы раскаленного металла, двигаясь со скоростью 75-200 м/с, наносятся на специально подготовленную поверхность детали 4, создавая напыленный слой 5.

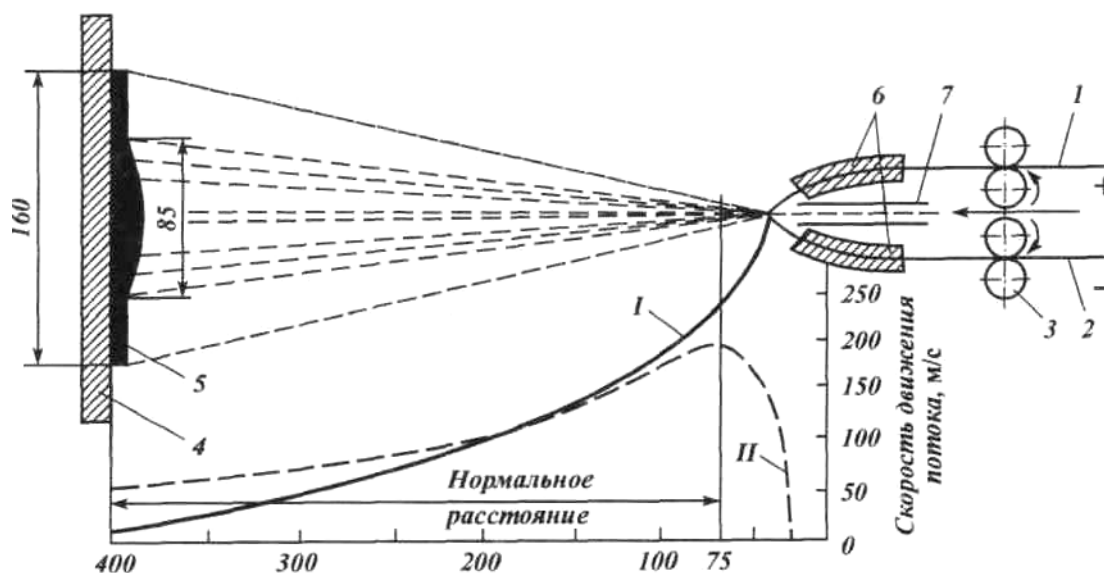


Рис.6.6 Схема электродуговой металлизации: I – график скорости струи сжатого воздуха; II – график скорости частиц расплавленного металла; 1,2 – электродные проволоки; 3 – механизм подачи электродной проволоки; 4 – деталь; 5 – напыленный слой; 6 – наконечник; 7 – сопло

В комплект оборудования электрометаллизационной установки (рис.6.7) входят электродуговой металлатор 2, компрессор 11 с электродвигателем 12 для подачи сжатого воздуха, ресивер 10 для снижения пульсаций воздушного потока, фильтр 9 для очистки сжатого воздуха от масла и влаги и сварочный трансформатор 7 для питания электрической дуги током. Металлизацию ведут как на постоянном, так и на переменном токе. В первом случае в качестве источника электрической дуги применяют сварочные генераторы, во втором случае - сварочные трансформаторы. Промышленностью выпускается специальный трансформатор для металлизационных установок.

К преимуществам электрометаллизации следует отнести высокую производительность процесса. Основные недостатки электрометаллизации - значительное выгорание легирующих элементов, окисление напыляемого металла, низкие механические свойства напыленного слоя и большие потери металла при напылении. Электродуговые металлаторы могут быть использованы для напыления сталей и цветных металлов.

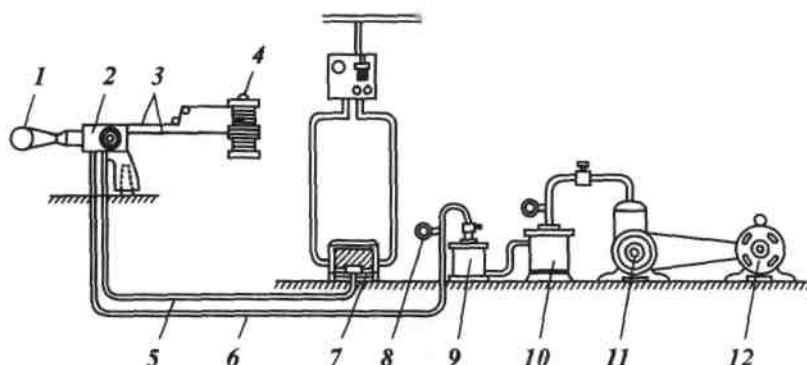


Рис.6.7 Схема электрометаллизационной установки: 1 - деталь;  
 2 - электродуговой металлатор; 3 - распыляемая проволока; 4 - барабан с проволокой; 5 - электропровод; 6 - воздухопровод; 7 - трансформатор;  
 8 - манометр; 9 - фильтр; 10 - ресивер; 11 - компрессор;  
 12 - электродвигатель

При газовой металлизации проволоку напыляемого металла расплавляют смесью, кислород + горючий газ, например ацетилен, а распыление осуществляют сжатым воздухом или инертным газом. Расход сжатого воздуха обычно составляет 0,6-0,8 м<sup>3</sup>/мин, давление 0,3-0,5 МПа. Давление ацетилена должно быть 0,004-0,06 МПа, а его

расход 240-850 л/ч. Давление кислорода 0,2-0,7 МПа и расход 600-2100 л/ч. Напыляемые материалы используются в виде проволоки или порошка.

Газовая металлизация обеспечивает получение покрытий высокого качества. Выгорание легирующих элементов и содержание окислов в напыленном слое при газовой металлизации значительно меньше по сравнению с электрометаллизацией.

Недостатком газовой металлизации является необходимость в горючем газе и более высокая стоимость покрытия. Газовая металлизация широко используется для напыления тугоплавких сплавов и металлов, например титана.

Одним из прогрессивных методов является плазменно-дуговая металлизация. При пропускании электрического тока большой плотности через газовую среду, находящуюся под повышенным давлением, газ ионизируется. Наряду с положительно и отрицательно заряженными ионами в ионизированном газе содержатся электроны и нейтральные атомы. Такое состояние вещества называется плазмой. Плазма обладает высокой электрической проводимостью и образует вокруг себя магнитное поле, которое заставляет частицы плазмы сжиматься и двигаться узким пучком. Плазменная струя служит интенсивным источником тепла; температура ее достигает 15 000 °С.

Плазменную металлизацию обычно применяют для напыления тугоплавких металлов и их соединений, например, вольфрама, окиси алюминия, карбидов, боридов и цветных сплавов.

Основной недостаток плазменной металлизации - высокая хрупкость напыленного слоя.

При детонационной металлизации распыление порошкового материала производят на специальной установке (пушке) с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. На рис.6.8 показана схема установки для детонационного распыления порошкового материала. Она состоит из ствола 5, представляющего собой водоохлаждаемую трубу. Взрывная камера 3 служит для приема компонентов взрывчатой смеси и порошкового материала. Смесь подается из баллонов через смесительную камеру 4. Порошок транспортируется газом (азотом или воздухом) из питателя 1.



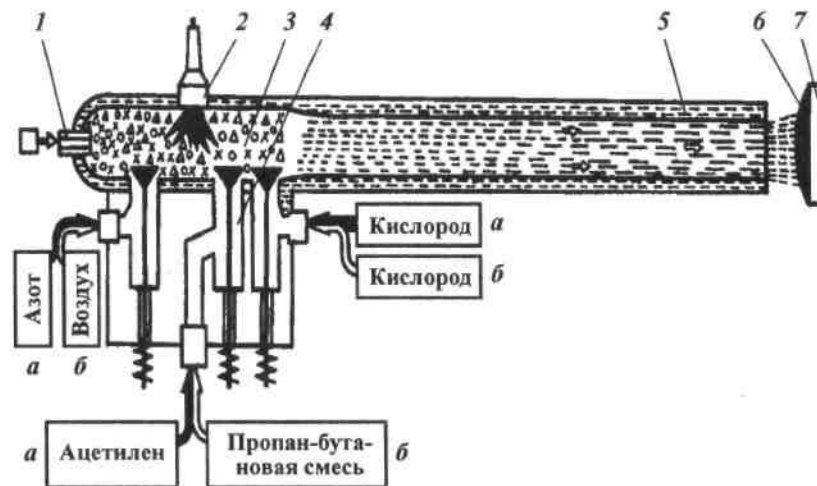


Рис.6.8 Схема детонационной установки при технологии: а - базовой; б - модернизированной; 1 - порошковый питатель; 2 - запальное устройство; 3 и 4 - взрывная и смесительная камеры; 5 - водоохлаждаемый ствол; 6 - напыляемое покрытие; 7 - деталь

Процесс детонационного напыления протекает следующим образом. В рабочую (взрывную) камеру 3 установки поступает точно измеренное количество взрывчатой смеси (ацетилен + кислород или пропан-бутан + кислород) и взвешенных частиц порошкового материала. С помощью запального устройства 2 она воспламеняется. Из рабочей (взрывной) камеры пламя распространяется по стволу со скоростью  $(2-4)10^3$  м/с.

Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме кинетической получают также тепловую энергию. Скорость выноса порошка  $(0,6-1,2) 10^3$  м/с.

На рис.6.9 приведена схема процесса металлизации детали. Предварительная механическая обработка необходима связи с тем, что восстанавливаемая поверхность может иметь неравномерный износ и в процессе металлизации покрытие будет копировать профиль поверхности, что приведет к неравномерной толщине напыленного слоя после окончательной механической обработке.

Чтобы обеспечить достаточную прочность сцепления напыленного слоя с основным металлом, необходимо придать восстанавливаемой поверхности шероховатость. Наиболее распространенными способами создания шероховатости являются нарезание рваной резьбы, нарезание круглой резьбы с обкаткой, накатывание поверхности накатниками, обдувка стальной или чугунной крошкой, нанесение частичек металла электросваркой и

анодно-механическая обработка поверхности. Реже применяют насечку зубилом, нарезание круговых канавок, намотку проволоки и др.



*Рис.6.9* Схема технологического процесса металлизации поверхности детали

Нарезание рваной резьбы, насечка зубилом и анодно-механическая обработка, обеспечивая хорошее сцепление напыленного слоя с металлом детали, снижают усталостную прочность и, следовательно, не могут быть использованы для подготовки деталей, работающих при циклических нагрузках. В последнем случае рекомендуется применять обдувку дробью и накатку.

Изоляцию участков, не подвергаемых металлизации, производят накладками из картона, бумаги или жести, шпоночные пазы заделывают временными деревянными пробками. Разрыв во времени между подготовкой поверхности и металлизацией не должен превышать двух часов, в противном случае происходит окисление поверхности, что снижает прочность сцепления.

В напыленном слое при охлаждении происходит усадка, в результате чего возникают значительные остаточные напряжения.

Это приводит к увеличению сцепления покрытия с основным металлом при металлизации наружных цилиндрических поверхностей. При металлизации внутренних поверхностей возникающие в слое остаточные напряжения приводят к образованию трещин и отслаиванию покрытия. Напряжения в напыленном слое возрастают с увеличением его толщины. Последовательное нанесение металлизационного покрытия тонкими слоями (0,05-0,1 мм) с охлаждением каждого слоя, применение в качестве материала для напыления сталей с повышенным содержанием углерода (0,7 %) и предварительный подогрев поверхности детали до 270-370 °С позволяют избежать трещин и повысить прочность сцепления. С целью повышения сцепления покрытия с металлом детали используют для дутья инертные газы вместо воздуха, проводят термическую обработку после металлизации и применяют подслои из легкоплавких металлов и сплавов.

После металлизации производят механическую и термическую обработку детали для получения необходимых размеров и качества восстанавливаемой поверхности.

Для более прочного сцепления покрытия с материалом детали рекомендуется, чтобы толщина напыленного слоя после окончательной обработки была не менее 0,6 мм при диаметре поверхности детали до 25 мм и 0,95-1,0 мм при большем диаметре.

Учитывая невысокие механические свойства напыленного слоя, механическую обработку следует производить после полного остывания детали на пониженных режимах и специально заточенным режущим инструментом.

К преимуществам металлизации относятся: высокая производительность и экономичность процесса, повышенная твердость покрытия по сравнению с исходной твердостью напыляемого металла (для стали на 30-40 %), возможность получения покрытия толщиной до 10-15 мм, проведение процесса без нагревания детали (что позволяет напылять металл на поверхность деталей из пластмассы, дерева, картона и других материалов), повышенная износостойкость покрытий при жидкостном трении, вследствие впитывания масла в пористый напыленный слой. Металлизация имеет существенные недостатки, а именно: невысокая прочность сцепления напыленного слоя с металлом детали, неоднородность покрытия из-за значительного содержания окислов, малая износостойкость покрытия при недостатке смазки, так как покрытие в этом случае

выкрашивается, снижение усталостной прочности ремонтируемой детали до 50 % (в зависимости от способа подготовки поверхности).

Металлизацию применяют для восстановления изношенных плоских, цилиндрических наружных и внутренних поверхностей, получения антифрикционных и коррозионностойких покрытий и восстановления неподвижных посадок.

### 6.3 Восстановление поверхностей гальваническим наращиванием

Гальваническое наращивание металла на поверхность детали основано на процессе электролиза. Под действием постоянного электрического тока, поступающего в электролит через проводники-электроды, положительно заряженные ионы (катионы) движутся к катоду, а отрицательно заряженные ионы (анионы) - к аноду (рис.6.10).

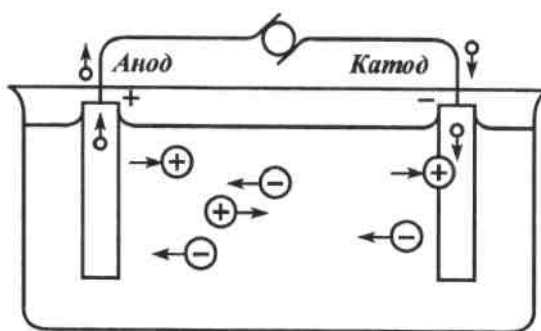


Рис.6.10 Схема процесса электролиза

При достижении катода положительными ионами и анода отрицательными образуются нейтральные атомы. В результате на катоде, в качестве которого используется ремонтируемая деталь, выделяются металл и водород, а на аноде - кислотные и водные остатки. Электролиз металлов может осуществляться с растворимыми и нерастворимыми анодами. Растворимые аноды изготовляют из железа, алюминия, меди или никеля в зависимости от вида электролитического процесса; нерастворимые - из свинца, платины и других металлов. При электролизе с нерастворимыми анодами пополнение электролита ионами металла осуществляется за счет добавления в электролит вещества, содержащего ионы осаждаемого металла. В комплект оборудования для гальванического наращивания входят: источник постоянного тока, ванны с различными химически стойкими облицовками, специальные контактные и подвесные

приспособления, нагревательные устройства, бортовая вентиляционная установка для удаления вредных испарений с поверхности электролита в ванне.

В качестве источника постоянного тока используются генераторы напряжения 6-12 В и силой тока 250-5000 А, а также селеновые и меднозакисные выпрямители.

Процесс гальванического покрытия должен обеспечивать получение мелкокристаллического равномерного осадка необходимой толщины, обладающего минимальной хрупкостью, сплошностью, достаточной твердостью и имеющего прочное сцепление с основным металлом.

Качество покрытия зависит от тщательности предварительной подготовки поверхности, на которую наносится покрытие, постоянства состава электролита, его температуры, кислотности, плотности тока, а также от расположения детали и анода в гальванической ванне. Равномерность покрытия в значительной степени определяется рассеивающей способностью электролита. С увеличением расстояния между деталью и анодом равномерность покрытия повышается. Материал и форма анода зависят от вида покрытия и формы детали. При нанесении покрытий на детали сложной конфигурации на выступающих частях детали откладывается большее количество металла. Для получения равномерного покрытия применяют фигурные аноды, повторяющие форму покрываемой детали.

Для восстановления размеров изношенных поверхностей наибольшее применение находят электролитическое хромирование, осталивание, меднение и твердое никелирование.

#### Электролитическое хромирование

Электролитическое хромирование применяют для восстановления размеров изношенных поверхностей деталей и получения декоративных, коррозионностойких и износостойких покрытий. Электролитический хром обладает высокой коррозионной стойкостью, низким коэффициентом трения, высокой твердостью, жаростойкостью, высоким пределом текучести. При тщательной подготовке поверхности прочность сцепления хрома со сталью, чугуном, медью и латунью достигает при сдвиге 300 МПа. Однако стали с высоким содержанием вольфрама и кобальта, а также высокоуглеродистые стали и высококремнистые чугуны хромировать нельзя из-за низкой прочности сцепления. Прочность сцепления резко

снижается с увеличением толщины покрытия, в связи с ростом остаточных напряжений. При увеличении толщины от 0,1 до 0,5 мм предел прочности покрытия уменьшается в 2-3 раза.

После хромирования снижается также усталостная прочность деталей из-за значительных остаточных напряжений в покрытии. С увеличением толщины покрытия усталостная прочность снижается более значительно. Усталостная прочность углеродистых сталей в результате хромирования снижается на 25-40 %. Для ее повышения применяют высокотемпературный отпуск и наклеп поверхности перед хромированием с целью создания напряжений сжатия, обратных по знаку напряжениям, возникающим в покрытии при его формировании.

Различают следующие виды износостойкого хрома: гладкий по накатке и пористый. Гладкий хром следует применять в условиях достаточной смазки при небольших скоростях скольжения. Пористый хром имеет хорошую износостойкость в условиях граничного трения, так как смазка, находящаяся в порах покрытия, препятствует развитию процессов схватывания. Пористый хром по сравнению с гладким прирабатывается значительно легче. В промышленности применяют как гладкие, так и пористые хромовые покрытия.

В большинстве случаев осаждение хрома осуществляется в электролите, содержащем хромовый ангидрид с добавкой серной кислоты. Хромовый ангидрид растворяют в дистиллированной воде и после отстаивания переливают в ванну, в которую затем добавляют необходимое количество серной кислоты.

При хромировании применяют нерастворимые аноды из свинца или сплава свинца с сурьмой.

Ванны для хромирования изготавливают из листового железа и облицовывают внутри сплавом свинца с 5-6 % сурьмы или керамическими плитками. Зазор между хромируемыми деталями и анодом должен быть не менее 30 мм, а между деталью, дном и зеркалом ванны - не менее 50 мм.

Для повышения износостойкости применяют пористое хромирование. В покрытии создаются микропоры и каналы, которые обеспечивают большую его маслосъемность, что особенно важно при работе в условиях недостаточной смазки.

Пористое хромирование отличается от твердого дополнительной анодной обработкой (дехромирование) после наращивания хромового покрытия. При дехромировании растворение хрома происходит

неравномерно и преимущественно по трещинам, которые расширяются и углубляются. Анодная обработка ведется в той же ванне, что и хромирование, причем анодом служит обрабатываемая деталь, а катодом - свинцовые пластины. Режим дехромирования также играет важную роль в создании пористости.

Для получения точечной пористости рекомендуется следующий режим: температура 50-52 °С, плотность тока 45-55 А/дм<sup>2</sup>; для канальчатой: температура 60 °С и плотность тока 55-60 А/дм<sup>2</sup>. Режим анодной обработки: температура 50-60 °С, плотность тока 40-45 А/дм<sup>2</sup>, время 5-10 мин.

Для получения канальчатого хрома анодной обработке подвергают молочные и молочно-блестящие осадки, для получения пористого хрома - матовые и матово-блестящие осадки.

Точечная пористость обладает большей маслостойкостью и поэтому применяется для деталей, работающих в особо тяжелых условиях. Покрывают с точечной пористостью характеризуются быстрой прирабатываемостью, но износостойкость их несколько ниже, чем канальчатых. Канальчатым хромом покрывают, например, гильзы цилиндров, а точечным - поршневые кольца двигателей.

Для повышения качества покрытия и увеличения выхода по току применяют хромирование в саморегулирующихся электролитах, струйное и проточное хромирование, а также хромирование на токе переменной полярности.

Хромирование струйное и в проточном электролите заключается в постоянной подаче электролита в зону электролиза, что обеспечивает перемешивание его в межэлектродном пространстве. При этом возрастает поток подводимых ионов и облегчается разряд ионов на катоде. Кроме того, постоянное обновление электролита способствует повышению проводимости электролита, быстрому отводу газов, выделяющихся в процессе электролиза, уменьшению степени насыщения деталей водородом и улучшению качества хромовых покрытий. Наиболее интенсивное перемешивание может быть достигнуто при анодно-струйном хромировании, при котором подача электролита в зону электролиза осуществляется одновременно по всей наращиваемой поверхности через прорезы или отверстия в аноде. При этом снижаются остаточные напряжения, возрастает твердость и повышается равномерность покрытия, увеличивается прочность сцепления.

Периодическое изменение направления тока (реверсирование) в процессе хромирования, т.е. хромирование на токе переменной полярности, позволяет улучшить качество осадка и интенсивность процесса более чем вдвое. Осадки имеют более совершенную мелкокристаллическую структуру, достигается более равномерное распределение хрома по всей поверхности. Вследствие частичного удаления газов из осадков при электролизе, шероховатость поверхности уменьшается. При этом можно получить как пористый, так и гладкий хром.

Операции, предшествующие хромированию, являются подготовительными. Шероховатость поверхности под хромирование должна быть 0,1-0,2 мкм. Окончательное обезжиривание деталей выполняется венской известью, представляющей собой сухую смесь окиси кальция и окиси магния в соотношении 1:1. Известь разводят водой до кашицеобразного состояния и при помощи волосяной щетки протирают поверхность детали. Для удаления окисных пленок применяют химическое или анодное декапирование. Химическое декапирование - слабое протравливание детали (продолжительность до 2 мин) в 3-5%-ном растворе серной или соляной кислоты (для деталей из черных металлов) или в растворе, содержащем 3 % азотной и 2 % серной кислот (для деталей из цветных металлов).

Анодное декапирование выполняется в электролите того же состава, который применяется для хромирования; при этом деталь является анодом, а катодом служат свинцовые пластины. Часто анодное декапирование проводится в той же ванне, в которой хромируется деталь, а полярность ванны изменяют с помощью рубильника. Анодное декапирование производится в течение 0,5-1 мин при плотности тока 25-30 А/дм<sup>2</sup>.

После хромирования деталь промывают, термически обрабатывают (нагрев в масляной ванне до 150-200 °С с выдержкой до 3 ч с целью удаления из покрытия водорода, вызывающего хрупкость слоя), а затем шлифуют до получения необходимых размеров. При анодной обработке у выхода из каналов появляются бугорки высотой до 0,8 мкм. Поэтому отделочные операции рекомендуется выполнять после анодной обработки.

Для сохранения пористости при снятии большого слоя хрома механическую обработку иногда выполняют в два этапа: предварительную после хромирования и окончательную после



анодной обработки. Для обработки пористого хрома рекомендуется применять анодно-механическое шлифование.

Контроль хромового покрытия осуществляется путем наружного осмотра с целью обнаружения чешуйчатости, шелушения с последующим простукиванием медным молотком (покрытие не должно отслаиваться).

К преимуществам электролитического хромирования относятся:

1) высокая прочность сцепления покрытия с основным металлом;

2) возможность получения покрытия с высокой износостойкостью, а также с химической и тепловой стойкостью.

Недостатки - длительность, сложность и трудоемкость технологического процесса, особенно вспомогательных операций, ограниченная толщина покрытия, низкий выход по току и высокая стоимость.

Хромирование применяют при ремонте штоков насосов, гильз цилиндров двигателей и насосов, гнезд подшипников, шеек валов и других деталей.

#### Электролитическое осталивание

При прохождении постоянного тока низкого напряжения через раствор солей железа происходит осаждение на катоде (ремонтируемой детали) электролитического железа. Прочность и твердость осажденного слоя приближаются к аналогичным свойствам среднеуглеродистой стали, поэтому процесс получил название осталивание.

В зависимости от состава электролита и режима осталивания получают мягкие покрытия с твердостью, соответствующей углеродистой незакаленной стали (НВ 120-220), и твердые покрытия с твердостью, соответствующей закаленной стали (НВ 250-600).

Прочность сцепления на отрыв покрытия со сталью, медью и чугуном достигает 150 МПа, благодаря чему восстановленная деталь надежно работает при больших нагрузках. Снижение усталостной прочности деталей после осталивания меньше, чем при хромировании. Процесс осталивания характеризуется достаточно высоким выходом по току ( $\alpha=0,85-0,95$ ).

Для осталивания применяют холодные и горячие электролиты. Наибольшее применение на ремонтных предприятиях нашли горячие хлористые электролиты, превосходящие серноокислые по производительности и качеству осажденного слоя. При

использовании хлористых электролитов применяют растворимые аноды, изготовленные из малоуглеродистой стали или железа Армко.

Для приготовления электролита очищенную и обезжиренную стружку малоуглеродистой стали (в количестве на 5-10 % больше рекомендуемого по рецепту) загружают в раствор соляной кислоты с дистиллированной или кипяченой водой (50 % от объема кислоты), подогретой до температуры 30-40 °С. Об окончании процесса травления стружки в растворе кислоты судят по прекращению выделения пузырьков водорода. Затем засыпают необходимое количество остальных солей и после отстаивания (12-18 ч) фильтруют и корректируют кислотность, а также содержание железа в электролите до рекомендуемых величин.

Введение в электролит хлористого натрия в пределах до 100 г/л обеспечивает снижение необходимого напряжения, уменьшение испарения электролита, повышение твердости покрытия и увеличение выхода по току, а добавление хлористого марганца увеличивает сцепление покрытия со сталью и чугуном в 3 раза.

В отличие от хромирования шероховатость поверхности под осталивание должна быть 0,63-1,25 мкм.

Прочность сцепления покрытия с металлом существенно зависит от предварительной подготовки наращиваемой поверхности и, в частности, от декапирования, т.е. анодной обработки детали, необходимой для очистки от окисных пленок.

Обычно анодное травление ведут в электролите, состоящем из 365 г/л 30%-ного раствора серной кислоты и 30 г/л сернокислого железа. Катодом служит свинец или нержавеющая сталь. Обработку производят при температуре 18-25 °С и плотности тока 60-80 А/дм<sup>2</sup> в течение 20-30 с. Кроме анодного декапирования применяют травление в 5-7%-ном растворе соляной кислоты. При этом важно соблюдать концентрацию соляной кислоты и время травления.

После декапирования деталь промывают в горячей воде и 0,5-2 мин выдерживают в ванне с электролитом, а затем включают ток. Сначала ток дают 10-25 % от расчетного, а затем в течение 5-20 мин доводят силу тока до расчетного значения. Детали не должны экранировать друг друга в ванне.

Расстояние от дна ванны до детали должно составлять 100-150 мм и от верхнего уровня электролита до детали 50-100 мм, Аноды при электролизе необходимо периодически извлекать из электролита и очищать стальной щеткой от шлама под струей воды. Новые аноды

предварительно промывают в воде, травят в соляной кислоте и очищают стальной щеткой. Чтобы предохранить раствор от загрязнения травильным шламом, аноды помещают в чехлы из шерстяной ткани или стеклоткани.

Для осталивания деталей используют ванны с внутренним нагревом (нагреватели находятся непосредственно в электролите) и внешним нагревом электролита через масляную рубашку. Ванны с внутренним нагревом изготавливают из химически стойких материалов с невысокой теплопроводностью (фаолит, кислотоупорный бетон, силикатные плиты на кислотоупорном цементе).

На ремонтных предприятиях больше всего применяют металлические ванны с внешним подогревом; для стенок ванны используют кислотостойкие металлы, а также металлические, эмалевые или специальные покрытия.

При получении пористых покрытий после анодной обработки проводится дополнительная доводка поверхности для удаления бугорков, образующихся после осталивания. В качестве доводочных операций применяют анодно-механическое шлифование, притирку чугуном притиром с пастой. Последующая промывка детали струей керосина под давлением 0,4-0,5 МПа необходима для удаления из пор частиц абразива и металла. Преимущества процесса осталивания:

1) исходные материалы, входящие в состав электролита, недефицитны и дешевы;

2) выход металла по току составляет 75-95 %;

3) скорость осаждения металла и толщина покрытия значительно выше, чем при хромировании; твердые покрытия могут быть получены толщиной до 1-1,2 мм, а мягкие толщиной до 2-3 мм и более;

4) механическую обработку покрытия после осталивания производят при обычных режимах резания;

5) процесс осталивания устойчив, легко регулируется и может быть автоматизирован.

Недостатки процесса:

1) высокая коррозионная активность электролита;

2) сложность технологического процесса;

3) необходимость частой фильтрации электролита.

Осталивание применяют для наращивания изношенных поверхностей гнезд подшипников в корпусных деталях, шеек валов,

наружных поверхностей бронзовых втулок, для повышения сцепления баббита с чугунными вкладышами.

#### Электролитическое меднение

Для меднения деталей применяют электролиты двух типов: сернокислые и цианистые. Последние обладают значительной токсичностью, в связи с чем на ремонтных предприятиях применяются редко.

В состав сернокислых электролитов входит 200 г/л медного купороса и 50 г/л серной кислоты. Процесс ведется при температуре электролита 25- 30 °С и плотности тока 0,5 А/дм<sup>2</sup>.

Аноды при меднении применяют растворимые. В качестве анода используют медные пластины из меди марки М1, катодом является ремонтируемая деталь. Ванна для меднения облицовывается листовым свинцом. Предварительная обработка наращиваемой поверхности состоит в шлифовании с последующим обезжириванием и тщательной промывкой водой. На ремонтных предприятиях меднение применяют при восстановлении размеров бронзовых втулок, вкладышей подшипников, для облегчения приработки трущихся поверхностей и т.п.

#### Электролитическое никелирование

Электролитический процесс осаждения никеля называется твердым никелированием. Гальванически осажденный никель порист и имеет пониженную пластичность. Твердость никелевых покрытий составляет 3000-6000 МПа.

В зависимости от содержания фосфора в покрытии можно получить матовые и блестящие осадки. При 2%-ном содержании фосфора получают матовые осадки, а при большем содержании - блестящие осадки.

Для получения матового покрытия применяют электролит следующего состава (в г/л): NiSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O - 175; NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O - 50; H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - 50; H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> - 1,3.

Процесс ведется при температуре электролита 75-95 °С и плотности тока 5-40 А/дм<sup>2</sup>. Аноды применяют растворимые из никеля марки Н-1. Содержание фосфора в покрытии увеличивается с уменьшением плотности тока. Скорость осаждения никеля зависит от режима процесса и может достигать 100 мкм/ч. По сравнению с хромированием твердое никелирование характеризуется большим выходом металла по току и меньшим расходом энергии. Вследствие невысокой твердости и малой износостойкости твердое

никелирование преимущественно применяют для восстановления размеров поверхностей в неподвижных сопряжениях, например для восстановления посадочных поверхностей деталей под подшипники.

#### **6.4 Восстановление поверхностей деталей пластическим деформированием**

Восстановление первоначальных размеров рабочих поверхностей пластическим деформированием осуществляется за счет перераспределения материала детали. В процессе деформирования материал детали вытесняется с нерабочих участков на изношенные поверхности, в результате чего восстанавливается форма и размеры этих поверхностей.

При восстановлении поверхностей пластическим деформированием необходимо, чтобы выполнялись следующие основные требования:

1) наличие запаса материала на нерабочих участках ремонтируемой детали;

2) достаточная пластичность материала;

3) механические свойства отремонтированной детали должны быть не ниже, чем у новой;

4) объемы механической и термической обработки должны быть минимальными;

5) при восстановлении этим методом закаленных или поверхностно-упрочненных поверхностей необходимо предварительно произвести отпуск или отжиг детали.

Поверхности деталей из непластичных материалов, например из чугуна, а также деталей с малыми запасами прочности и сложной конфигурации восстанавливать пластическим деформированием невозможно.

На процесс пластического деформирования детали большое влияние оказывают химический состав металла, характер структуры, содержание примесей и размер зерна. Наибольшей пластичностью обладают химически чистые металлы. Уменьшение размера зерна приводит к увеличению сопротивления деформированию, особенно в холодном состоянии.

Температура нагрева детали в значительной мере влияет на сопротивление деформированию. Детали из бронзы, латуни, малоуглеродистых сталей с содержанием углерода до 0,3 % можно

деформировать в холодном состоянии, детали из высокоуглеродистых сталей - только в горячем состоянии.

Для восстановления поверхностей деталей пластическим деформированием рекомендуется пользоваться прессами, допускается применять молоты.

На рис.6.11 представлены схемы различных методов восстановления пластическим деформированием изношенных поверхностей деталей: осадка, раздача, обжатие, вытяжка и накатка.

*Осадка* (см. рис.6.11, а) применяется для увеличения наружных размеров сплошных и полых деталей и уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет снижения их высоты. При осадке направление внешней силы  $P$ , действующей по вертикальной оси детали, не совпадает с направлением деформации  $\delta$ .

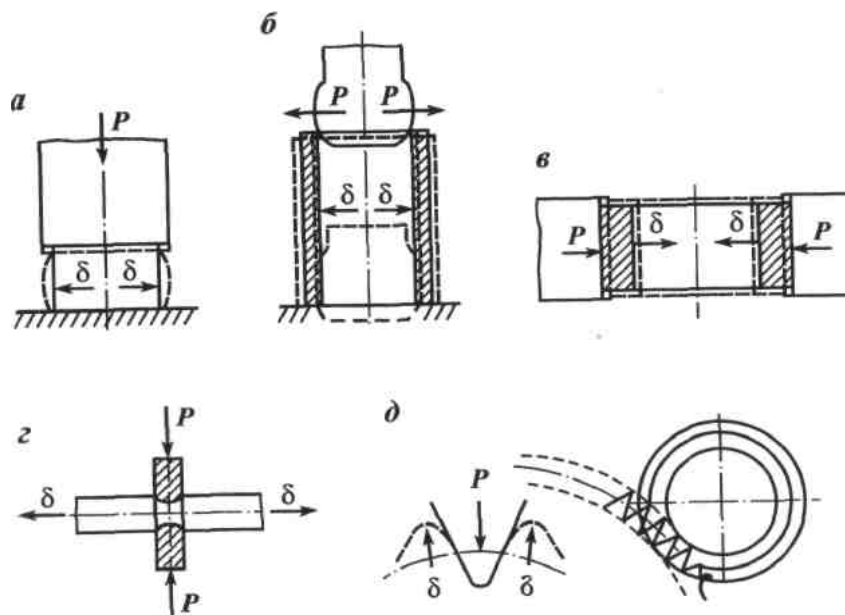


Рис.6.11 Виды обработки деталей пластическим деформированием:  
а - осадка; б - раздача; в - обжатие; г - вытяжка; д - накатка

*Раздача* (см. рис.6.11, б) применяется для увеличения наружных размеров детали при сохранении или незначительном изменении ее высоты. В этом случае направление действующей силы  $P$  совпадает с направлением требуемой деформации  $\delta$ , и металл перемещается от центра к периферии.

*Обжатие* (см. рис 6.11, в) используется для уменьшения размера внутренней поверхности полых детали за счет уменьшения размера ее наружной поверхности. При обжатии направление

действующей силы  $P$  совпадает с направлением требуемой деформации  $\delta$ , происходит перемещение металла от периферии к центру.

*Вытяжка* (см. рис.6.11, г) применяется для увеличения длины детали за счет местного сужения ее поперечного сечения на небольшом участке. При вытяжке направление действующей силы  $P$  не совпадает с направлением требуемой деформации  $\delta$ .

*Накатка* (см. рис. 6.11, д) применяется для увеличения наружных или уменьшения внутренних размеров детали за счет выдавливания металла на отдельных участках поверхностей. При накатке направление действующей силы  $P$  противоположно направлению требуемой деформации  $\delta$

*Правка* (рис.6.12) применяется для восстановления формы деформированных деталей. При правке направление действующей силы  $P$  совпадает с направлением деформации  $\delta$ .

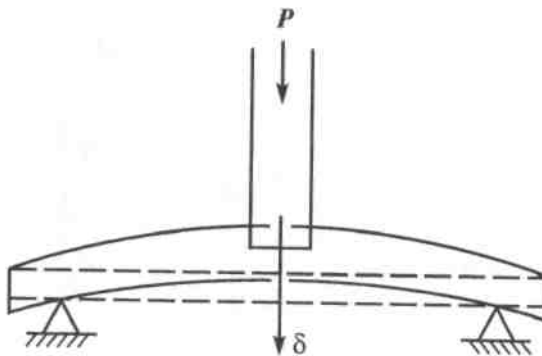


Рис.6.12 Схема правки

Применяется правка статическим нагружением и наклепом. Правку статическим нагружением осуществляют на прессах. Ее недостатками являются трудность получения стабильной формы из-за обратного последействия, снижение усталостной прочности и уменьшение несущей способности детали. Для стабилизации правки статическим нагружением применяют нагрев или двойную правку, т.е. деталь перегибают в противоположную сторону, а затем повторной правкой ее выправляют.

Правка деталей наклепом, в отличие от статического нагружения, позволяет вести процесс в требуемом направлении и на любом участке детали. Правку наклепом обычно осуществляют пневмомолотками. Затем обязательно проверяют детали на отсутствие трещин.

Преимуществами ремонта деталей пластическим деформированием являются высокое качество восстановления поверхностей, использование стандартного оборудования, отсутствие потребности в наращивании металла, т.е. экономичность процесса.

Недостатки способа - ограниченная номенклатура ремонтируемых деталей, необходимость в некоторых случаях в повторной термической обработке и потребность в специальной оснастке для ремонтируемых деталей каждого типоразмера.

На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли указанный метод используют для восстановления изношенных поверхностей бронзовых втулок подшипников скольжения, шестерен (осадка), различных полых деталей (раздача и обжатие), шеек валов под подшипники качения (накатка), для правки изогнутых и скрученных валов, штанг и труб.

## **6.5 Восстановление поверхностей полимерным покрытием**

Восстановление поверхностей деталей полимерными покрытиями заключается в нанесении слоя полимерного материала на изношенную поверхность. Существуют различные методы нанесения полимеров на поверхности деталей машин. Выбор метода нанесения определяется природой полимерного материала, его физическим состоянием при нанесении, толщиной покрытия, габаритными размерами и формой детали.

При нанесении покрытий из расплавов полимеров обычно применяют метод прессования и литье под давлением.

*Прессование* осуществляется на гидравлических или механических прессах. Для прессования обычно используются пресс-порошки из терморезистивных полимеров, переходящих при отверждении в неплавкое и нерастворимое состояние. Ремонтируемую деталь, предварительно очищенную и обезжиренную, помещают в обогреваемую пресс-форму, и в полость между восстанавливаемой поверхностью и пресс-формой засыпают пресс-порошок (рис.6.13, а).

При повышенной температуре порошок приобретает пластичность и под действием давления заполняет все зазоры, прочно соединяясь с поверхностью детали.



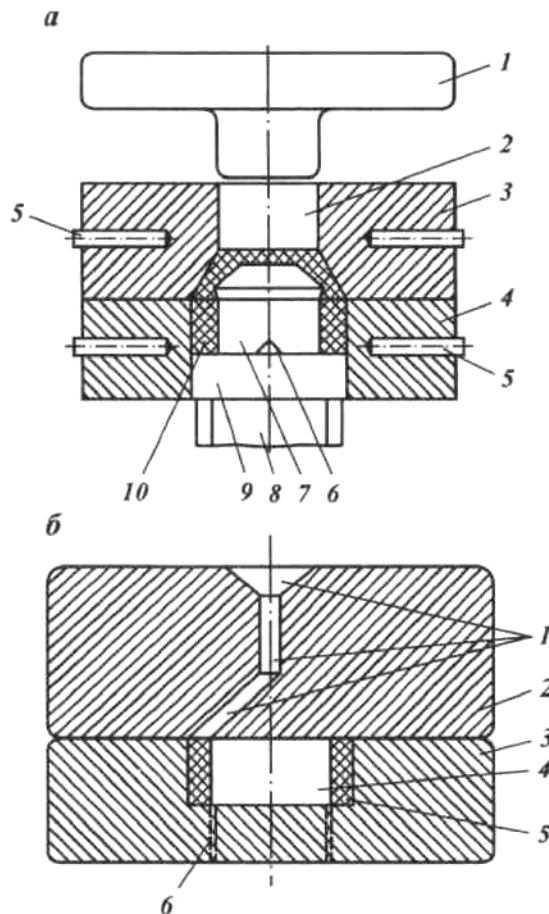


Рис.6.13 Схемы пресс-форм для нанесения полимерных покрытий:  
 а - методом прессования; 1 - пуансон; 2 - загрузочная камера для пластмасс; 3 - крышка; 4 - корпус; 5 - электронагреватель; 6 - установочный выступ; 7 - деталь; 8 - выталкиватель; 9 - опорная плита; 10 - покрытие;  
 б - методом литья; 1 - литник; 2 - крышка; 3 - корпус; 4 - ремонтируемая деталь; 5 - покрытие; 6 - канал для выхода воздуха

Основные параметры процесса прессования - температура, давление и время выдержки. При повышении температуры увеличивается текучесть полимера и ускоряется протекание процесса формирования покрытия. Время выдержки детали под давлением зависит от скорости нагревания детали, скорости перехода полимера в твердое и неплавкое состояние и формы детали. Режимы прессования обычно устанавливают опытным путем.

*Литье под давлением* применяется для нанесения покрытий из термопластичных полимеров, которые при нагревании переходят сначала в пластическое состояние, а затем в вязкотекучее, а при охлаждении - вновь в твердое. Литье под давлением осуществляется на специальных литьевых машинах. Ремонтируемую деталь предварительно очищают от загрязнения, обезжиривают, а затем

устанавливают в пресс-форму (рис.6.13, б). Собранный пресс-форму вместе с деталью устанавливают на литейной машине, а гранулы полимерного материала засыпают в бункер литейной машины.

Процесс состоит из следующих операций: дозирование полимерного материала, нагрев и расплавление материала в цилиндре литейной машины до вязкотекучего состояния, впрыск под давлением порции расплавленного материала через сопло и литниковые каналы в сомкнутую пресс-форму, охлаждение детали в форме, размыкание формы и снятие детали.

Преимущества метода восстановления поверхностей деталей полимерными покрытиями:

- 1) простота технологического процесса;
- 2) высокая химическая стойкость покрытия;
- 3) достаточно высокая износостойкость даже при отсутствии смазки.

Недостатки полимерного покрытия:

- 1) невысокая теплостойкость, в большинстве случаев не превышающая 200-250 °С;
- 2) небольшие допускаемые удельные нагрузки.

## **6.6 Восстановление поверхностей механической обработкой**

Механическую обработку резанием используют в качестве подготовительной и окончательной обработки при восстановлении поверхностей разными технологическими методами. Она служит основой ремонта деталей (гильз цилиндров, коленчатых валов и др.) способами ремонтных размеров и заменой части изношенных деталей.

Качество поверхности и точность механической обработки определяют качество отремонтированных деталей, а следовательно, и отремонтированных машин.

На ремонтных предприятиях практически встречаются все виды механической обработки резанием (точение, фрезерование, строгание, сверление, зенкерование, развертывание, протягивание, зубо- и резьбонарезание, хонингование, притирка, полирование и др.), применяемые на машиностроительных заводах. Однако предварительная обработка изношенных поверхностей и окончательная их обработка имеют свои особенности, которые значительно затрудняют механическую обработку при ремонте

деталей по сравнению с обработкой при изготовлении новых деталей. К таким особенностям относят:

трудности с выбором технологических баз (поверхностей, линий, точек, ориентирующих деталь на станке), так как часто после эксплуатации для них характерны повреждения;

высокая твердость и плохая обрабатываемость резанием из-за закаливания и наличия в нанесенных слоях оксидов, карбидов, шлаковых включений и других примесей. В ряде случаев (например, при наплавке) наблюдают неравномерность толщины наплавленного слоя; его толщина (при различных способах дуговой наплавки) в несколько раз превышает износ, что значительно увеличивает объем последующей механической обработки по сравнению с изготовлением новых деталей. Иногда припуск ограничен (при гальваническом наращивании), что может привести к браку «по черноте». При проектировании технологического процесса механической обработки решают следующие основные задачи: выполнение требований рабочего (ремонтного) чертежа (в частности, выдерживание размеров, допусков, параметров шероховатости, твердости и др.), разработанный процесс должен быть для данных условий наиболее экономичным.

В процессе обработки лезвийным режущим инструментом возникают значительные трудности вследствие особых свойств наращенного слоя (высокой твердости, неравномерной твердости по длине и глубине слоя, структурной неоднородности, наличия неметаллических включений и т.д.).

Детали обрабатывают с применением охлаждающей жидкости (эмульсола 5-8 %, кальцинированной технической соды 0,2 %, остальное - вода). Детали, хромированные гладким хромом, шлифуют кругами из электрокорунда на керамической связке зернистостью 46-50 и твердостью С1-С2. Окружная скорость вращения круга и детали соответственно 30-40 м/с и 15-20 м/мин.

Детали после осталивания обрабатывают на токарных или шлифовальных станках в зависимости от припуска, твердости покрытия, требуемой точности и шероховатости поверхности. Покрытия с твердостью НВ < 200 обрабатывают обычным режущим инструментом, а с НВ 400-450 - твердосплавными резцами и шлифованием. Покрытия твердостью НВ > 400-460 шлифуют кругами из электрокорунда на бакелитовой связке зернистостью 40-25 и твердостью СМ2-СМ1.

## 6.7 Соединение деталей и их отдельных частей методами сварки, пайки и склеивания

*Сваркой* называется процесс образования неразъемного соединения деталей или их отдельных частей вследствие межатомарного взаимодействия или действия сил молекулярного сцепления. Сваркой соединяют металлы и неметаллические материалы, например, стекло, пластмассы и др. При сварке металлов, за исключением холодной сварки, производят местный нагрев соединяемых частей до перехода их в пластическое (сварка давлением) или в расплавленное состояние (сварка плавлением). Стремятся, чтобы металл шва обладал одинаковыми свойствами с основным металлом. Это определяет подбор присадочного материала и режима сварки.

На ремонтных предприятиях нефтегазовой отрасли для ремонта стальных деталей, в основном, применяют ручную, электродуговую и реже ручную газовую сварку. Для деталей из чугуна обычно используют ручную газовую сварку и реже электродуговую. Для ремонта деталей из цветных металлов применяют ручную газовую или аргоно-дуговую сварку.

*Дуговая сварка* основана на использовании тепла, выделяемого электрической дугой, возникающей между скрепляемыми деталями и электродом, который является одновременно присадочным материалом. Питание сварочной дуги осуществляется от источника переменного или постоянного тока. Основными элементами режима ручной электрической сварки являются диаметр электрода, сварочный ток, тип и марка электрода, напряжение горения дуги, род и полярность тока, скорость сварки и положение шва в пространстве. От элементов режима сварки зависят глубина провара и ширина шва. Причем глубина провара при сварке переменным током на 15-20 % меньше, чем при сварке постоянным током обратной полярности. Для предохранения расплавленного металла сварочного шва от окисления применяют флюсы или защитные газы.

*Газовая сварка* заключается в нагревании горелкой кромок скрепляемых деталей и присадочного материала (в виде прутков или проволоки), состав которого зависит от марки свариваемых металлов. Мощность горелки определяется толщиной свариваемых деталей и температурой плавления их материала.

Оборудование, используемое при ремонте деталей сваркой, такое же, как и при сварке новых деталей. Сваркой соединяют отдельные части деталей, заваривают трещины, раковины и устраняют другие дефекты. В процессе сварки происходит значительный разогрев соответствующей части детали. В результате после остывания появляются местные термические напряжения, которые могут вызвать коробление детали и появление трещин в сварочном шве и околошовной зоне. Кроме того, в околошовной зоне может измениться структура металла и нарушиться термообработка. Снижение вредного влияния сварки на качество отремонтированных деталей достигается путем предварительного равномерного прогрева детали и последующего отпуска для снятия остаточных напряжений. Деформирование деталей предупреждается использованием кондукторов или другим способом фиксирования свариваемых частей.

Электродуговая сварка сопряжена с относительно большой глубиной провара основного металла, поэтому для тонкостенных деталей с толщиной стенки менее 4 мм применяется газовая и электроконтактная сварка. Подготовка деталей к сварке заключается в очистке зоны сварки до металлического блеска, V- или X-образной разделке кромок стыкуемых частей под угол 80-100° в стыке. Следы нефтепродуктов удаляют в процессе предварительного прогрева до температуры 250-300 °С.

Электродуговая *сварка стальных деталей* выполняется плавящимся электродом с качественным покрытием, предотвращающим быстрое охлаждение шва и защиту расплава от воздействия кислорода и азота окружающей среды. Структура малоуглеродистых сталей почти не изменяется под воздействием температуры. Эти стали хорошо свариваются любым способом. Чем выше содержание углерода, тем ниже температура плавления, тем труднее сваривается сталь из-за ее склонности к закалке и образованию околошовных трещин. В зависимости от сварочных свойств и, следовательно, условий сварки основные виды конструкционных сталей можно разделить на следующие группы:

сварка без предварительного подогрева и последующей термообработки - конструкции из малоуглеродистых сталей и неотчетливые конструкции из среднеуглеродистых;

сварка с предварительным подогревом до температуры 200 °С и отпуском после сварки при температуре 600-650 °С - конструкции из закаливающих низколегированных и среднеуглеродистых сталей;

сварка с предварительным и сопутствующим подогревом до 250-400 °С с последующим отпуском - сложные узлы и конструкции из низколегированных и среднелегированных сталей;

сварка с предварительным и сопутствующим подогревом до 250-260 °С с последующей термической обработкой в зависимости от марки стали - узлы и конструкции из высокоуглеродистых сталей и легированных сталей с особыми свойствами.

Отечественной промышленностью выпускается большая номенклатура типов и марок электродов применительно к различным свойствам материалов, условиям работы деталей и способам сварки.

Полуавтоматическая и автоматическая сварка выполняется углеродистыми или легированными электродными проволоками под флюсом.

*Сварка деталей из чугуна.* В зависимости от состояния свариваемых деталей различают три способа сварки чугуна: холодная, полугорячая и горячая.

Холодная сварка, т.е. без предварительного нагрева, применяется при ремонте неотчетственных деталей простой формы, с малым объемом наплавки и не требующих последующей механической обработки. Детали можно сваривать стальными электродами с защитно-легирующими покрытиями, чугунными, медными или медно-никелевыми (из монель-металла) электродами со специальными покрытиями. Для уменьшения зоны прогрева материала сварка ведется короткими участками длиной 100-120 мм. Сварка каждого следующего участка начинается после остывания предыдущего до температуры 60-80 °С.

Для холодной сварки чугуна применяют стальные электроды с соответствующими покрытиями. Сварку можно вести переменным или постоянным током. Сварной шов можно усилить предварительной установкой шпилек из малоуглеродистой стали. При этом кромки деталей обрабатываются под угол 45° каждая. Шпильки устанавливаются в шахматном порядке на резьбе перпендикулярно к скошенной и околошовной поверхностям.

Полугорячая сварка чугуна ведется с подогревом детали до 300-400 °С в печах или ацетилено-кислородным пламенем. Электродуговая сварка может выполняться низкоуглеродистыми

стальными электродами с обмазкой. Газовая сварка ведется чугунами прутками марки Б, стальной сварочной проволокой, латунию и другими цветными сплавами.

Горячая сварка чугуна выполняется с предварительным нагревом детали до 600-800°C в печах, горнах или индукционными нагревателями. Вначале рекомендуется медленный нагрев со скоростью примерно 60 °С в час. При достижении температуры 200-250 °С скорость нагрева детали можно увеличивать. Сварка ведется непрерывно электродами из чугуна А или Б с покрытием. При снижении температуры детали до 400 °С сварка прекращается. Для предупреждения остывания в процессе сварки деталь непрерывно подогревается или надежно укрывается термоизоляционным материалом (песком, золой, асбестом и т.п.). Если к концу сварки температура детали оказывается меньше 600 °С, то ее вновь подогревают до 600-650 °С и затем медленно охлаждают вместе с печью или под слоем мелкого древесного угля.

*Сварка алюминия* и его сплавов усложняется химической активностью алюминия, который, соединяясь с кислородом, образует окись алюминия - тугоплавкое (2050 °С), неэлектропроводное соединение. Частицы окиси алюминия осаждаются в расплавленном металле, существенно ухудшая качество шва. Предупреждение образования окиси достигается защитой расплавленного металла инертными газами, например, аргоном или применением растворяющих флюсов. Используется электродуговая или газовая сварка. Независимо от способа сварки деталь предварительно прогревается до температуры 250-300 °С. Для устранения внутренних напряжений и получения мелкозернистой структуры шва необходимо обеспечивать медленное охлаждение детали после сварки.

Ручная электросварка алюминия производится соответствующими электродами.

При газовой сварке присадочным материалом служат стержни из основного металла или электродная проволока. Газовую сварку можно вести без флюса. При этом кусочки присадочного материала укладывают вдоль шва и по мере проплавления основного металла вводят стальным крючком в сварочную ванну. Тугоплавкие частицы и окисную пленку удаляют крючком в процессе перемешивания расплава.

*Сварка меди* и медных сплавов выполняется теми же способами, что и алюминиевых сплавов, но технологически значительно проще.

При газовой или дуговой сварке угольными электродами в качестве присадочных материалов для медных деталей применяют пруток из фосфористой меди или меди для латунных и бронзовых деталей - прутки из этих же или близких по составу материалов. В качестве флюса можно применять смесь буры и борной кислоты в соотношении 1:1.

Основными технологическими операциями сварки являются подготовка деталей к сварке, сборка их в приспособлениях для сварки, сварка, термообработка сварного шва, и контроль сварного соединения.

Подготовка деталей к сварке заключается в очистке свариваемых поверхностей, обеспечении прилегания деталей друг к другу с равномерным зазором и разделке места под шов. Поверхности деталей промывают, очищают щетками, напильниками, обрабатывают пескоструйными установками и другими способами.

После очистки поверхности выявляют дефекты. При обнаружении трещины на концах трещины сверлят отверстия, предотвращающие дальнейшее ее распространение. Затем по всей длине трещины прорубают фаску. Если толщина детали превышает 12 мм, фаску снимают с обеих сторон. При ремонте деталей с помощью накладок поверхность вокруг трещины зачищают на расстоянии 25-30 мм.

Сборку деталей в приспособлениях для сварки выполняют для обеспечения правильного взаимного положения соединяемых деталей и предотвращения их деформации из-за неравномерности нагрева при сварке.

Контроль сварного соединения, как правило, осуществляют визуально (выявляют трещины, прожоги, коробления и другие дефекты). Сварные соединения, несущие большие нагрузки, к качеству которых предъявляют высокие требования, например резервуары высокого давления, подвергают рентгеновскому, магнитному и ультразвуковому контролю.

#### Соединение деталей пайкой

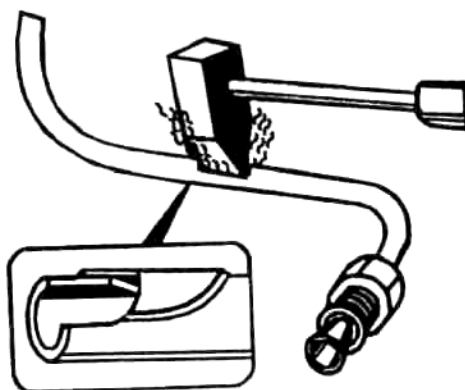
*Пайкой* называется процесс образования неразъемного соединения нагретых поверхностей металла, находящихся в твердом состоянии, при помощи расплавленных сплавов (припоев), имеющих меньшую температуру плавления по сравнению с температурой плавления основного металла. Расплавленный припой заливается в



зазор между соединяемыми поверхностями и прочно соединяет их после охлаждения.

Соединение деталей пайкой происходит вследствие диффузии присадочного материала (припоя) в основной металл. Так как температура плавления припоя значительно ниже температуры плавления основного металла, при пайке исключается возникновение опасных напряжений, а также изменение его химического состава, структуры и механических свойств. Поэтому пайку используют для соединения или закрепления тонкостенных деталей и деталей из разнородных металлов, уплотнения резьбовых соединений, устранения пористости и трещин, заделки свищей (рис.6.14).

При ремонте машин применяют мягкие (легкоплавкие) и твердые (тугоплавкие) припои. Мягкие припои состоят в основном из олова и свинца, имеют температуру плавления 400-500 °С и сравнительно невысокую механическую прочность. Температура плавления твердых припоев, состоящих из меди, цинка, серебра, никеля и других металлов, выше 500 °С. При пайке газовой горелкой наиболее распространены медно-цинковые (латунные) припои, с температурой плавления 800-900 °С. Указанные припои позволяют получать швы с пределом прочности на растяжение 300-350 МПа.



*Рис.6.14* Запайвание трещины топливопровода низкого давления с помощью накладки

Технологический процесс пайки включает следующие операции: подготовку деталей к пайке, сборку их для пайки, нагрев места пайки (до температуры, превышающей на 45-50 °С температуру плавления припоя); предохранение поверхностей от окисления при пайке; введение припоя в место пайки и обработку шва; контроль качества паяных соединений.

Подготовка поверхностей заключается в удалении загрязнений, жировых и окисных пленок, а также в придании им в местах стыка некоторой шероховатости с целью улучшения сцепления припоя с соединяемыми деталями. Для этого применяют механическую обработку, обезжиривание в щелочах и травление в кислотах.

Сборка деталей для пайки выполняется в специальном приспособлении, обеспечивающем выдерживание заданного зазора между соединяемыми деталями, который должен быть не более 0,4 мм при использовании мягких припоев и 0,04-0,08 мм - твердых.

Припои при сборке располагают строго в определенных местах: проволоку - вокруг зазора; фольгу накладывают на места спая и закрепляют; пастой обмазывают места стыка. Разнообразие припоев определяет метод пайки: электропаяльником, ультразвуковым паяльником, паяльной лампой, газовой горелкой. Нагревать соединения можно также в электропечах, токами высокой частоты и другими способами.

### Склеивание деталей

Склеивание металлов основано на способности некоторых неметаллических материалов образовывать достаточно прочные связи с металлом. Клеи для металлов обычно готовят на основе терморезистивных или термопластичных полимеров, которые после отверждения обладают достаточно высокой механической прочностью (когезионная прочность) и хорошим сцеплением с металлами (адгезионная прочность).

Клеи на основе терморезистивных полимеров позволяют получать прочные и термостойкие соединения. По отношению к тепловому воздействию они являются необратимыми системами. Клеи этой группы применяют в силовых металлоконструкциях.

Клеи на основе термопластичных полимеров обладают меньшей прочностью и более низкой термостойкостью. С повышением температуры подобный клеевой слой размягчается и склеенные поверхности разъединяются. Применяют их для несильных конструкций, работающих при невысоких температурах.

По внешнему виду клеи для металлов можно разделить на жидкие, пастообразные, пленочные и порошкообразные.

В зависимости от температуры отверждения клеи делятся на холодного и горячего отверждения. Клеи холодного отверждения не требуют специального прогрева в процессе склеивания. Однако они

обладают меньшей прочностью и более низкой теплостойкостью по сравнению с клеями горячего отверждения.

Клеи могут быть однокомпонентными и многокомпонентными. Однокомпонентные клеи готовят на химическом предприятии и поставляют потребителю в готовом виде, многокомпонентные готовят перед употреблением.

В состав многокомпонентного клея, помимо основного пленкообразующего вещества, могут входить: отвердители клеевого состава, растворители, препятствующие преждевременному отверждению клея и облегчающие его нанесение на склеиваемые поверхности; инициаторы, ускоряющие процесс отверждения клеевого слоя; наполнители и пластификаторы, позволяющие получить клеевой слой с требуемыми физико-механическими свойствами, а также стабилизаторы, тормозящие процессы старения в клеевом слое при эксплуатации.

Для склеивания металлов используют большое число различных клеев. В нагруженных металлоконструкциях наиболее часто применяют клеи на основе феноло-формальдегидных, эпоксидных, полиуретановых, полиамидных, полиэфирных и кремнийорганических смол. Соединения металлов на этих клеях различны по физико-механическим свойствам и технологии изготовления.

Основными операциями процесса склеивания являются:

- 1) подготовка металлических поверхностей к склеиванию;
- 2) приготовление клеевого состава;
- 3) нанесение клея на поверхность (способ нанесения клея, его количество и режимы подсушивания нанесенного клея перед соединением поверхностей);
- 4) отверждение клеевого слоя (продолжительность выдержки, температура и давление в процессе отверждения).

На рис.6.15 представлены наиболее распространенные схемы клеевых соединений листовых материалов, труб и валов.

На ремонтных предприятиях склеивание применяют для следующих работ:

- 1) соединение частей разрушенных деталей;
- 2) заделка трещин, свищей и раковин;
- 3) посадка втулок в гнезда взамен запрессовки, приварки и пайки;
- 4) восстановление и упрочнение прессовых посадок

подшипников качения и скольжения;

5) фиксация сменных деталей;

6) наложение заплат;

7) герметизация неплотностей в резьбовых, фланцевых и сварных соединениях;

8) наклеивание фрикционных накладок.

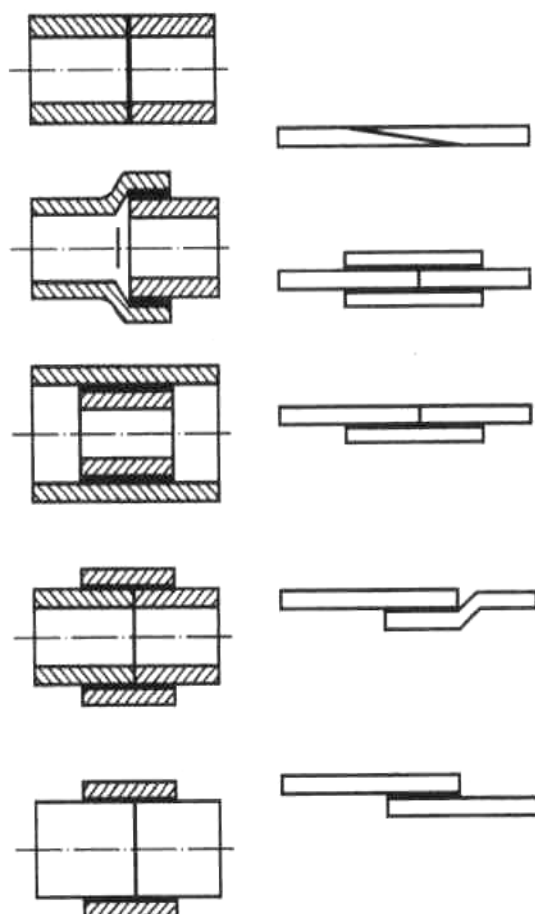
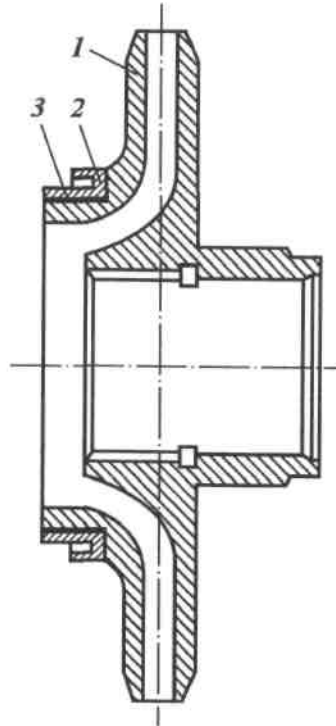


Рис.6.15 Схемы клеевых соединений листовых материалов, труб и валов

В практике ремонта оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи эпоксидные клеи используют для устранения сквозных свищей в нефтяных резервуарах и трубопроводах, для соединения различных деталей трубопроводной арматуры, насосного и компрессорного оборудования, герметизации неразъемных соединений в теплообменной аппаратуре и др.

На рис.6.16 представлено рабочее колесо центробежного насоса, отремонтированное способом дополнительных ремонтных деталей с применением клеевого соединения.



*Рис.6.16* Рабочее колесо центробежного насоса, отремонтированное с применением клеевого соединения: 1 - рабочее колесо; 2 - кольцо; 3 - клеевой слой

Широкое применение находят эпоксидные клеи при ремонте двигателей внутреннего сгорания и компрессоров, в частности, для устранения мелких и глубоких коррозионных раковин на внутренней полости рубашки цилиндра и в колодцах анкерных шпилек, сквозных трещин на боковой поверхности блока цилиндров, глубоких коррозионных раковин на наружных поверхностях гильз блока цилиндров, сквозных трещин и пор в картере двигателя и в крышках блока, а также для устранения других повреждений.

Применение клеев значительно упрощает технологический процесс ремонта деталей, ускоряет его и снижает стоимость ремонта.

Недостатки клеевых соединений:

- 1) невысокая температура эксплуатации, не превышающая 200-300 °С;
- 2) низкая прочность при неравномерном отрыве;
- 3) склонность к «старению» при воздействии различных внешних факторов.

## ТЕМА 7 ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ

### 7.1 Ремонт деталей типа валов

Большинство деталей этого типа в процессе работы воспринимают значительные крутящие моменты (валы, шпиндели) или знакопеременные осевые нагрузки (штоки, плунжеры и т.п.).

На валах, воспринимающих большие нагрузки, которые направлены перпендикулярно к оси, наблюдаются прогибы. Последние приводят к эксцентричному вращению вала и, как следствие этого, к быстрому изнашиванию опорных поверхностей. В местах посадки шестерен, шкивов или кулачковых муфт происходит разрушение или смятие шпоночного паз. Наиболее характерными дефектами валов являются:

- 1)износ поверхностей трения в опорах;
- 2)износ поверхностей, сопрягаемых с подшипниками качения;
- 3)разрушение или смятие шпоночных пазов;
- 4)изгиб оси вала;
- 5)износ резьбовых поверхностей.

У деталей, передающих нагрузки вдоль оси и работающих в направляющих втулках или сальниковых устройствах, основными дефектами являются:

- 1)износ трущихся поверхностей;
- 2)продольный изгиб вала;
- 3)износ резьбовых поверхностей.

В соответствии с систематизацией дефектов, встречающихся в деталях данного типа, можно обобщить и способы ремонта этих деталей. Восстановление размеров изношенных шеек вала ведется двумя путями - восстановлением первоначальных и введением ремонтных размеров. Так как в последнем случае может произойти ослабление вала, то наиболее правильным следует считать восстановление первоначальных размеров. Для этого применяют следующие способы ремонта: электродуговую наплавку, металлизацию, вибродуговую наплавку, хромирование, осталивание и полимерные покрытия.

Шейки валов буровых лебедок, насосов и трансмиссий силовых приводов, а также изношенные поверхности ствола вертлюга

рекомендуется наращивать металлизацией, так как их изготавливают из сталей, чувствительных к перегреву.

Изношенные шпоночные пазы на валах восстанавливают несколькими способами. Если шпоночное соединение не должно фиксировать положение сопрягаемой детали относительно вала, то под некоторым углом к старому пазу размечают и фрезеруют новый паз по первоначальным размерам. Если шпоночное соединение строго фиксируется, то необходимо восстанавливать изношенный паз. Обычно наплавляют смятые кромки или шпоночный паз полностью, и фрезеруют новый паз на месте наплавки.

Вал с изношенной поверхностью или с наращенным слоем подвергают механической обработке для получения требуемой формы, размеров и шероховатости поверхности.

Установочными базами при механической обработке в большинстве случаев служат центровые отверстия и реже наружная цилиндрическая поверхность.

Наиболее сложно ремонтировать коленчатые валы. У большинства машин поршневого типа (насосы, компрессоры, двигатели внутреннего сгорания) это одна из наиболее ответственных и дорогостоящих деталей. Основными видами разрушения коленчатых валов являются износ рабочих поверхностей коренных и мотылевых шеек, а также изгиб вала и расхождение щек. Механическую обработку восстанавливаемых шеек коленчатых валов быстроходных двигателей осуществляют на специализированных шлифовальных станках. Коленчатые валы тихоходных двигателей, компрессоров, насосов с относительно большими габаритами обрабатывают, как правило, на токарных станках.

При обработке коренных шеек вал устанавливают в центрах токарного или шлифовального станка. Для придания жесткости валу щеки его распирают параллельно шатунным шейкам распорками или специальными домкратами. Установка вала на станке более усложнена при обработке шатунных шеек. Прежде чем установить вал на станке на первую и последнюю коренные шейки надевают специальные приспособления - центросместители, которые определяют новую линию центров, а затем вал с центросместителями устанавливают в центрах станка. На патроне передней бабки и на центросместителе со стороны задней бабки станка крепят контргрузы, масса которых уравнивает часть вала, вращающуюся эксцентрично. Для повышения жесткости вал специальными

винтовыми распорками распирается в патрон и центросместитель (рис.7.1). После установки и выверки вала производят механическую обработку.

При эксплуатации крупногабаритных коленчатых валов встречаются случаи возникновения трещин и поломок вала в щеках и шатунных шейках. При наличии в щеке вала трещины на концах ее предварительно рассверливают отверстия, препятствующие дальнейшему распространению трещины. Затем трещину вырубают на всю толщину металла щеки с одновременной разделкой кромок под сварочный шов и заваривают электродуговой сваркой.

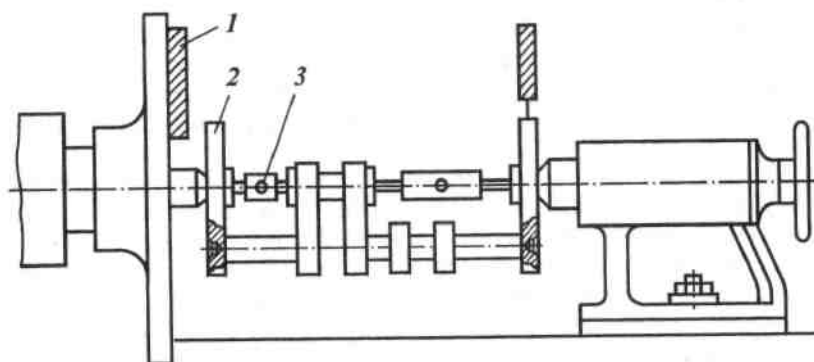


Рис.7.1 Схема установки коленчатого вала при обработке шатунных шеек:  
1 – противовес; 2 – центросместитель; 3 – распорные домкраты

После заварки следует провести отпуск для снятия внутренних напряжений. Если это сложно для всего вала, то производят местный отпуск в зоне заварки трещины. Для этого газовой горелкой нагревают сварной шов и прилегающую к нему зону до температуры 150-200 °С, а затем нагретые места быстро закрывают асбестом и медленно охлаждают. При глубоких трещинах в щеке вала, но без его поломки, на дефектную щеку устанавливают стальной бандаж, предварительно нагретый до 260 °С. Бандаж, остывая, надежно стягивает и усиливает щеку вала. Перед установкой бандажа щеку стягивают при помощи фасонной шпонки.

При поломке или трещинах в шатунных шейках вала ремонт его значительно усложняется. В этом случае дефектную шейку полностью удаляют, обрабатывая ее на токарном станке, затем в щеках по тщательной разметке делают расточку под напряженную посадку новой шейки, изготовленной с припуском под последующую обработку. Далее производят разметку шеек вала, чтобы определить общие горизонтальную и вертикальную оси, после чего щеки вала поочередно нагревают до температуры 250-270 °С и в расточенные



отверстия вставляют шейку вала. При посадке следят за совпадением разметочных линий, определяющих оси вала. Затем валу дают остыть и производят токарную обработку. При токарной обработке новую шейку вала обрабатывают на ремонтный размер, а также выверяют и доводят до необходимого ремонтного размера и остальные шейки вала.

Одна из часто встречающихся операций при ремонте валов оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи - правка. В зависимости от диаметра и прогиба валы можно править в холодном и нагретом состояниях. Обычно длинные валы диаметром 10-100 мм при местном прогибе до 0,008 от длины вала правят в холодном состояниях. При большей величине стрелы прогиба и больших диаметрах править валы рекомендуется с нагревом.

Правка изогнутого коленчатого вала является ответственной операцией. Она обычно состоит из двух последовательных правок. При прогибе вала более 0,3 мм вначале его правят под прессом. Для этого вал устанавливают на призмы и при помощи индикатора определяют место максимального прогиба. Если на участках вала имеются стрелы прогиба, направленные в разные стороны, то правку производят в два приема. Вначале устраняют один прогиб, затем второй. При этом следят за правильным расположением опор и местом приложения усилия прессы.

На рис.7.2 показана схема правки коленчатого вала. При правке вал нагружают так, чтобы он прогнулся в обратном направлении на 3 мм. Затем нагрузку снимают и проверяют биение шеек вала. Если эта правка не дала положительных результатов, то процесс повторяют с увеличением нагрузки, доводя упругий прогиб вала до 4-5 мм. Такой правкой величину прогиба доводят до 0,2-0,3 мм.

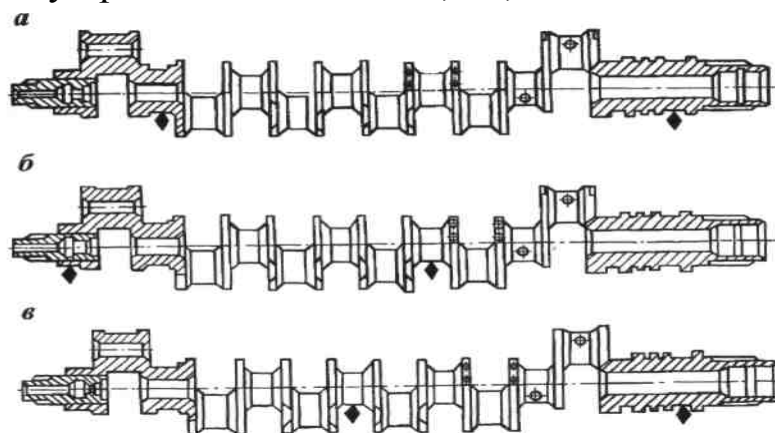


Рис.7.2. Схема правки коленчатого вала: а - правка коренных шеек вала; б - правка первого участка вала; в - правка второго участка вала

После этого правку продолжают механическим наклепом щеки вала, как показано на рис.7.3.

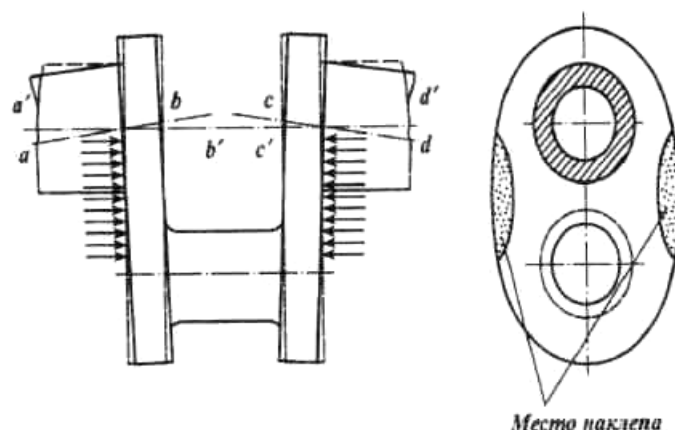


Рис.7.3. Схема правки наклепом шеек коленчатого вала:  
*ab* и *cd* - оси шеек вала до правки; *a'b'* и *c'd'* -после правки

Наклеп производят при помощи пневматического молотка, оснащенного приспособлением, позволяющим наносить частые, но легкие удары по щеке вала.

Отремонтированный вал должен быть проверен магнитной дефектоскопией или другим методом на отсутствие внутренних трещин.

## 7.2 Ремонт деталей типа втулок

К деталям типа втулок относятся вкладыши подшипников, направляющие втулки, детали сальниковых уплотнений, гильзы цилиндров компрессоров, цилиндрические втулки насосов и др. Основные дефекты деталей этого типа - износ наружных, внутренних цилиндрических и торцовых поверхностей, износ резьб, задиры и риски на трущихся поверхностях, трещины.

При ремонте подобных деталей вначале устраняют трещины, а затем наращивают изношенные рабочие поверхности способами наплавки, металлизации, гальваническими и пластмассовыми покрытиями или заливкой антифрикционными сплавами. В отдельных случаях, например, при ремонте гильз двигателей внутреннего сгорания, цилиндрических втулок насосов и компрессоров применяют способ ремонтных размеров или дополнительных ремонтных деталей.

Сменные цилиндрические втулки обычно применяют в машинах поршневого типа - компрессорах, насосах, двигателях внутреннего

сгорания, скважинных штанговых насосах и др. Характерным дефектом этих деталей является износ внутренней рабочей поверхности, что приводит к увеличению зазора между трущимися поверхностями поршня и втулки и, следовательно, к нарушению плотности сопряжения. Несмотря на то, что цилиндрические втулки различных машин могут отличаться формой и размерами, процесс их ремонта аналогичен.

Цилиндрическую втулку обычно ремонтируют способом ремонтных размеров. В зависимости от размера втулки выбирают станочное оборудование. Для малогабаритных втулок - гильз используют вертикальные расточные станки, а окончательную обработку выполняют на специальных хонинговальных станках.

Крупногабаритные втулки обычно растачивают на горизонтальных расточных станках многолезцовыми головками, закрепленными на бортштанге. После расточки поверхность подвергают шлифованию и хонингованию.

При коррозионно-механическом разрушении наружных уплотнительных поясков или буртов рекомендуется перед растачиванием внутренней поверхности втулки предварительно нарастить пояски и бурты наплавкой. Следует иметь в виду, что высокая температура при наплавке может вызвать коробление, а иногда и образование трещин. Поэтому лучше применять металлизацию или газовую наплавку с использованием медных электродов и в качестве флюса - буру. После наплавки уплотнительные бурты и пояски следует обточить на токарном станке и, приняв обточенные пояски за базовую поверхность, предварительно расточить, а затем шлифовать отверстие на заданный ремонтный размер.

### **7.3 Ремонт деталей типа дисков(зубчатых колес, цепных колес)**

К этой группе ремонтируемых деталей оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи относятся зубчатые колеса редукторов и коробок скоростей, цепные колеса лебедок, шкивы и др.

Характерными дефектами этих деталей являются износ, задиры и риски на рабочих поверхностях, смятие шпоночных канавок, коробление или погнутость. Эти детали ремонтируют преимущественно способами механической обработки, в частности,

способом ремонтных размеров или дополнительных ремонтных деталей.

В процессе работы зубчатых передач происходит износ зубьев и посадочного отверстия, смятие шпоночных пазов. В отдельных случаях на рабочих поверхностях цементированных зубьев можно наблюдать «шелушение» и выкрошивание цементованного слоя. При износе более 80 % толщины цементованного слоя зубчатые колеса заменяют новыми.

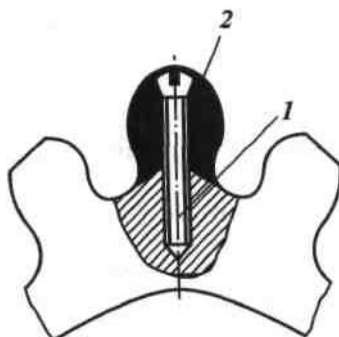
Процесс ремонта зубчатых колес в значительной степени определяется характером повреждения и размерами детали. Изношенное отверстие ступицы зубчатого колеса восстанавливают наплавкой, способом ремонтных размеров или дополнительных ремонтных деталей.

Выбор способа ремонта определяется диаметром отверстия и длиной ступицы. При диаметре отверстия свыше 100 мм и длине ступицы в пределах размера диаметра изношенную поверхность отверстия ступицы наращивают наплавкой, а затем отверстие растачивают до первоначального размера. При меньших размерах диаметра изношенного отверстия и длинной ступице отверстие растачивают до нового ремонтного размера из-за трудности наплавки. Однако в этом случае необходимо наращивать до нового ремонтного размера посадочную шейку вала, что усложняет процесс восстановления сопряжения вала с зубчатым колесом. Поэтому, когда в отверстии зубчатого колеса отсутствуют шпоночные или шлицевые канавки и толщина стенки ступицы позволяет произвести обработку на больший диаметр, изношенное отверстие зубчатого колеса растачивают и в него запрессовывают стальную втулку, т.е. применяют способ дополнительных ремонтных деталей. После этого колесо вторично устанавливают на станке и отверстие во втулке растачивают до первоначального размера.

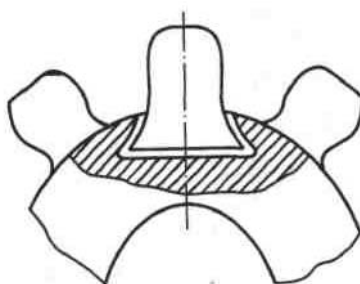
При смятии или разрушении кромок шпоночной канавки в отверстии зубчатого колеса обрабатывается на долбежном станке новая канавка под углом 120-180° к оси старой канавки. Продольная ось новой шпоночной канавки должна быть параллельна оси отверстия.

В отдельных случаях необходимо восстанавливать изношенные поверхности зубьев или поломанные зубья. Изношенные поверхности зубьев ремонтируют наплавкой, способом дополнительных ремонтных деталей, давлением и др. Наплавку ведут электродами,

специально подобранными по составу основного металла. После наплавки производят разметку и фрезерование зубьев. Разрушенные отдельные зубья могут быть восстановлены способами, показанными на рис. 7.4 и 7.5.



*Рис.7.4* Установка свертыша с последующей наплавкой на месте сломанного зуба: 1 – свертыш; 2 – наплавленный металл



*Рис.7.5* Установка нового зуба шестерни в «ласточкин хвост»

При изломе или выкрошивании большого числа зубьев рекомендуется зубчатое колесо отжечь и обработать по наружной поверхности до полного удаления зубчатого вооружения. На оставшуюся часть зубчатого колеса следует установить по горячей посадке кольцо-венец, на котором нарезать новые зубья и затем их термически обработать. Термическую обработку рекомендуется проводить токами высокой частоты, чтобы не нарушить натяг, полученный при горячей посадке венца. Отремонтированное зубчатое колесо должно быть обкатано на стенде в паре с зубчатым колесом, с которым оно будет работать.

Обкатку ведут с применением абразивного порошка, смешанного с маслом или керосином. Для более ответственных и быстроходных зубчатых передач применяют пасту ГОИ. Пасту или абразивный материал наносят тонким слоем на зубья, а зубчатым колесам сообщают небольшие обороты. По мере увеличения площади прилегания зубьев число оборотов постепенно увеличивают с таким

расчетом, чтобы окружная скорость на поверхности зубьев была не более 3 м/с.

Цепные передачи широко используются в буровых лебедках, цепных редукторах, роторных приводах и в других машинах для бурения скважин и нефтегазодобычи.

Основными дефектами цепных колес являются износ посадочной внутренней поверхности втулки из антифрикционного материала, запрессованной в ступицу колеса, изменение размеров профиля зубьев и диаметров впадин, смятие или разрушение кромок шпоночных канавок в ступице цепного колеса.

Изношенную антифрикционную втулку выпрессовывают из ступицы и вместо нее запрессовывают новую, имеющую припуск по внутреннему диаметру. Затем цепное колесо вместе с втулкой устанавливают на карусельный или токарный станок и растачивают втулку на заданный размер.

Цепные колеса, имеющие износ по профилю зуба и диаметру впадин, чаще всего ремонтируют способом замены части детали. Для этого на ремонтируемом колесе газовой горелкой срезают изношенные зубья и обтачивают колесо по наружной поверхности под горячую посадку. Отдельно изготавливают кольцо-венец, имеющий припуск на наружной поверхности.

Кольцо устанавливают по горячей посадке на подготовленную поверхность цепного колеса, а затем в двух-трех местах стыка просверливают отверстия, нарезают резьбу и ввинчивают стопоры или накладывают прерывистые сварные швы (рис.7.6).

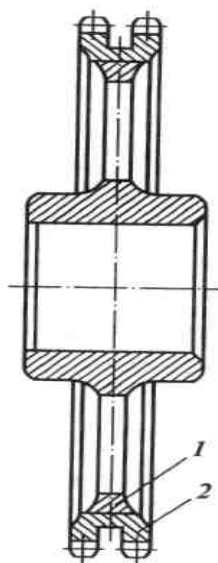


Рис.7.6 Ремонт цепного колеса способом замены части детали: 1 - цепное колесо; 2 - зубчатый венец

Цепное колесо с кольцом устанавливают на карусельный или токарный станок и обтачивают под заданный размер для последующего нарезания зубьев. Зубья нарезают на зубофрезерных или фрезерных станках.

В отдельных случаях зубья восстанавливают электронаплавкой. Наплавленные зубья размечают и затем обрабатывают. При этом строго контролируют по шаблонам профиль зубьев и их шаг.

#### **7.4 Ремонт корпусных деталей (станины и стола ротора, корпуса вертлюга, клапанных коробок буровых насосов, корпусов задвижек фонтанной и трубопроводной арматуры, корпуса турбобура)**

К корпусным деталям относятся базовые детали оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи, служащие для установки и определения относительного положения других деталей. В большинстве случаев они имеют большие размеры, сложную форму и требуют для своей обработки крупного станочного оборудования и специальной оснастки. Обычно эти детали ремонтируют реже остальных деталей оборудования и их ремонт приурочивают к капитальному ремонту оборудования.

Среди деталей этого типа имеется группа деталей, имеющих форму тел вращения, например, стол ротора, корпус крейцкопфа, корпус турбобура.

Большую группу составляют корпусные детали коробчатого типа. Это станины лебедок, роторов, насосов, картеры компрессоров, блоки двигателей внутреннего сгорания, клапанные коробки буровых насосов, цилиндры газомоторных компрессоров и т.д. Учитывая значительную стоимость корпусных деталей, их бракуют только при больших дефектах, когда ремонт экономически нецелесообразен или не может быть выполнен по техническим причинам.

Характерными дефектами корпусных деталей являются: механические повреждения в виде трещин, пробоин, раковин, поломки шпилек, срыв резьб, коробление, износ посадочных поверхностей под подшипники, втулки и др.

Ремонт корпусных деталей обычно начинают с устранения дефектов от механических воздействий и удаления обломанных шпилек. Трещины, свищи, раковины и пробоины устраняют при

помощи сварки. В некоторых случаях применяют синтетические клеи или мастики.

Для устранения трещин в неответственных деталях применяют способ штифтовки (рис.7.7), а также устанавливают дополнительные накладки на винтах или заклепках (рис.7.8).

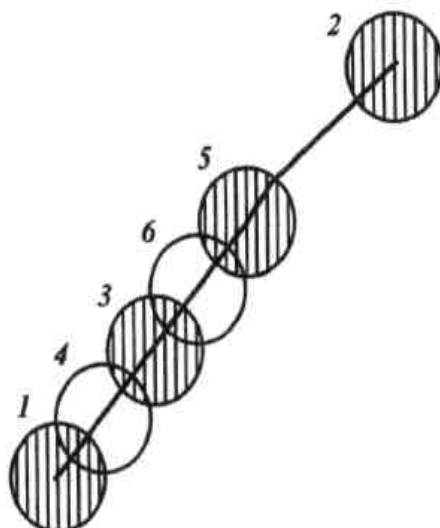


Рис.7.7 Последовательность сверления отверстий для штифтовки

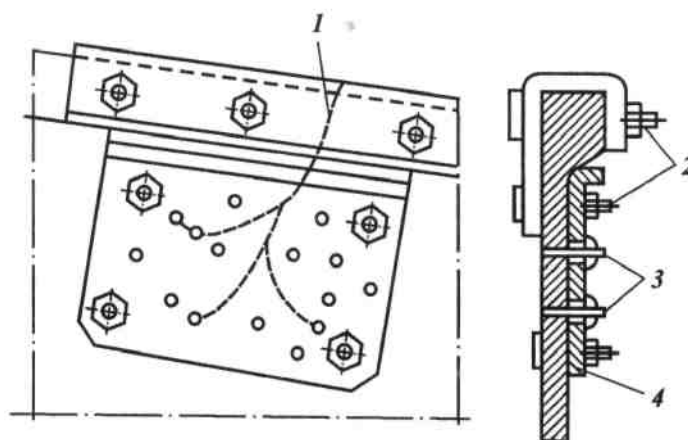


Рис.7.8 Установка накладки с болтами и ввертышами на месте трещины: 1 - трещина; 2 - болты; 3 - ввертыши; 4 - накладка

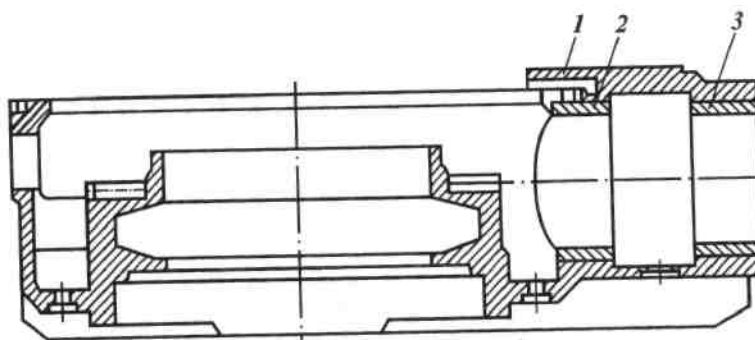
После проведения всех сварочных и наплавочных работ устраняют коробление присоединительных плоскостей. Для этого применяют шлифование или шабрение; в отдельных случаях используют фрезерование. Затем восстанавливают посадочные поверхности под подшипники, вкладыши, пальцы или втулки. Для восстановления этих поверхностей в большинстве случаев применяют дополнительные ремонтные детали, металлизацию, наплавку, гальванические или полимерные покрытия.



### Ремонт станины и стола ротора

Основные дефекты станины ротора - износ поверхности, сопрягаемой с опорным подшипником, и посадочных поверхностей в горловине под стаканы подшипников приводного вала. Износ указанных поверхностей вызывает нарушение сопряжения зубчатой пары и перекос стола ротора относительно вертикальной оси станины, вследствие чего нарушается перпендикулярность осей зубчатой пары, возникают шум и удары в зубчатой передаче, а также изнашиваются зубья. Перекос стола ротора приводит к местному нагреву ротора и неравномерной выработке в станине.

Для восстановления изношенных поверхностей станины ротора применяют способы ремонтных размеров, дополнительных ремонтных деталей, наплавку или металлизацию. При незначительных износах отверстий в горловине их растачивают под ремонтный размер; под новый размер отверстия изготавливают стаканы подшипников. При восстановлении изношенных посадочных поверхностей в горловине способом дополнительных ремонтных деталей растачивают эти поверхности на больший диаметр с последующей запрессовкой втулок и расточкой их под посадочный размер стаканов подшипников (рис.7.9). Одновременно восстанавливают отверстие в станине под ось стопорной защелки. Отверстие рассверливают на больший размер, запрессовывают втулку, а затем отверстие во втулке развертывают до необходимого размера сопряжения с осью защелки.



*Рис.7.9.* Ремонт станины ротора с применением дополнительных ремонтных деталей: 1 - корпус; 2,3 - втулка

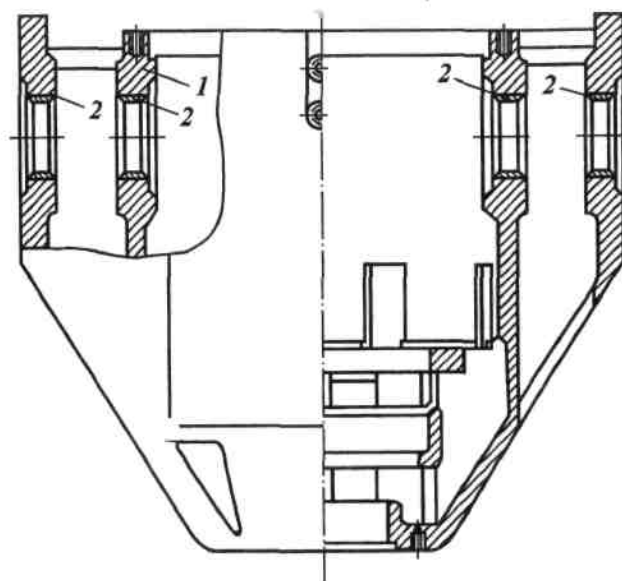
Основными дефектами стола ротора являются износ поверхностей, сопрягаемых с вкладышами, повреждение лабиринтного уплотнения и резьбы.

Изношенные поверхности под вкладыши восстанавливают электродуговой наплавкой с последующей механической обработкой на долбежных станках. При незначительном повреждении резьбы ее восстанавливают слесарно-механическими способами обработки. Когда резьба сильно повреждена, и восстановить ее невозможно, часть стола с резьбой отрезают газовой горелкой или на станке, торец стола со стороны отрезанной части подготавливают под сварку и приваривают надставку стола ротора, на которой нарезают новую резьбу. Резьбу контролируют подготовленной гайкой.

### Ремонт корпуса вертлюга

Характерными дефектами корпуса вертлюга являются износ поверхностей, сопрягаемых с пальцами серьги и радиальными подшипниками, и отверстия, в котором установлен нижний сальник.

Изношенные поверхности, сопрягаемые с пальцами серьги, восстанавливают способом дополнительных ремонтных деталей. Для этого отверстия под пальцы растачивают на больший размер, запрессовывают в них подготовленные втулки, а затем отверстия во втулках растачивают на первоначальный размер (рис.7.10).



*Рис.7.10* Ремонт корпуса вертлюга способом дополнительных ремонтных деталей: 1 - корпус; 2 - втулки

Изношенные поверхности, сопрягаемые с радиальным подшипником и с нижним масляным уплотнением, восстанавливают металлизацией с последующей механической обработкой на первоначальные размеры.

### Ремонт корпуса крейцкопфа бурового насоса

Основными дефектами корпуса крейцкопфа являются износ отверстий под палец и разрушение резьбы под надставку штока. Изношенные отверстия под палец крейцкопфа восстанавливают металлизацией или способом дополнительных ремонтных деталей.

При восстановлении способом дополнительных ремонтных деталей изношенные отверстия растачивают на больший размер, запрессовывают в них втулки, имеющие припуск по внутреннему диаметру, и обваривают втулки с внешней стороны корпуса сплошным швом. Затем крейцкопф устанавливают на токарном станке и растачивают отверстия во втулках с одной установки на первоначальный размер.

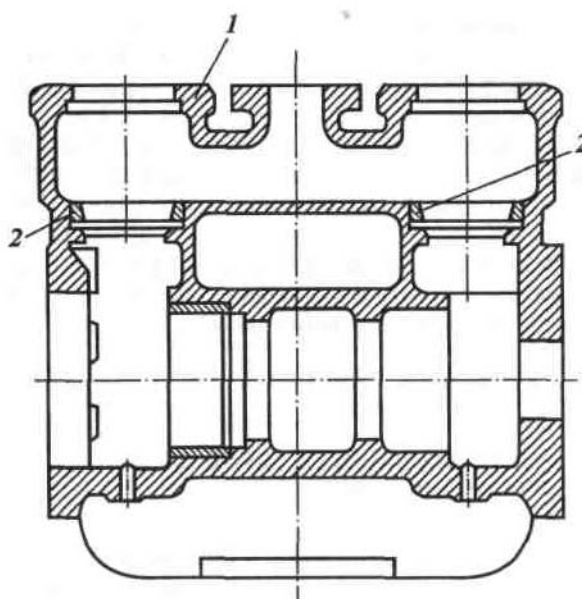
Для восстановления резьбы в отверстиях под надставку штока также применяют дополнительные ремонтные детали. Отверстие с поврежденной резьбой растачивают на больший размер и запрессовывают втулку. Втулка имеет бурт, удерживающий ее в корпусе крейцкопфа; с противоположной стороны бурта втулка приваривается к корпусу крейцкопфа. Затем втулку растачивают и нарезают резьбу первоначального размера.

### Ремонт клапанных коробок буровых насосов

Основными дефектами клапанных коробок буровых насосов является износ поверхности упорного бурта внутри цилиндра под уплотнение цилиндрической втулки, а также поверхностей сопряжения седел и цилиндрических втулок с корпусом. Изношенные поверхности клапанных коробок восстанавливают наплавкой или способом ремонтных размеров. При незначительных износах восстановление изношенных поверхностей ведется при помощи электродуговой наплавки с последующей расточкой наплавленных поверхностей на расточных станках. При значительных разрушениях гнезда клапанов восстанавливают способом дополнительных ремонтных деталей. В этом случае отверстие гнезда клапана растачивают на больший размер и запрессовывают втулку, которую затем растачивают до первоначального размера сопряжения гнезда с седлом клапана. Для создания надежной герметичности восстанавливаемую поверхность гнезда растачивают на конус при помощи специального приспособления и при запрессовке втулки под ее торец подкладывают уплотняющую прокладку из свинца, а также применяют обварку по кромке запрессованной в гнездо втулки. Конусную поверхность

втулки под седло клапана после расточки пришабривают и притирают. На некоторых ремонтных предприятиях крепление втулок в гнезде клапана осуществляют способом склеивания. При этом устраняется необходимость в механической обработке втулки после ее установки в клапанной коробке, так как отсутствует коробление, имеющееся при сварке.

При значительных износах в местах посадки цилиндрических втулок также применяют способ дополнительных ремонтных деталей, т.е. производят предварительную расточку поверхностей под цилиндрические уплотнения с последующей запрессовкой втулки (рис.7.11).



*Рис.7.11* Ремонт клапанной коробки бурового насоса способом дополнительных ремонтных деталей: 1 - корпус; 2 - втулки

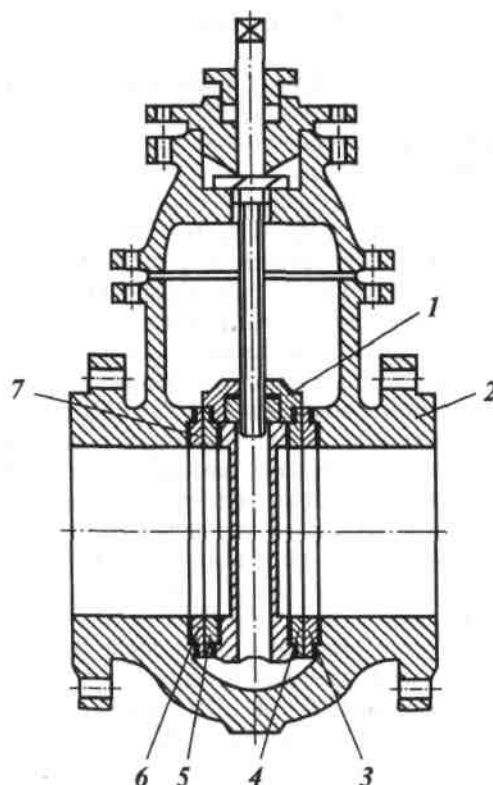
### Ремонт корпусов задвижек фонтанной и трубопроводной запорной арматуры

Наиболее характерными повреждениями корпусов фонтанной и трубопроводной запорной арматуры является износ уплотнительных поверхностей корпуса, сопрягаемых с клином.

Для восстановления уплотнительных поверхностей обычно применяют наплавку или способ дополнительных ремонтных деталей. Перед наплавкой восстанавливаемые поверхности подвергают предварительной механической обработке на токарном или расточном станках для удаления дефектного слоя и придания правильной геометрической формы. После наплавки производят механическую обработку наплавленного слоя. Более прогрессивным

способом ремонта является приклеивание на восстанавливаемые уплотнительные поверхности дополнительных ремонтных колец (рис. 7.12).

Изношенные уплотнительные поверхности предварительно подрезают на станке и со стороны уплотнительных поверхностей растачивают отверстия на глубину 3-4 мм для установки приклеиваемых стальных колец. Сопряжение приклеиваемых колец с отверстием в корпусе осуществляется по посадке с зазором. Рабочие торцы колец, контактирующие с клином, перед установкой в корпус шлифуют.



*Рис. 7.12* Ремонт корпуса и клина задвижки способом дополнительных ремонтных деталей с применением клеевого соединения: 1 - клин; 2 - корпус; 3, 4, 5, 7 - кольцо уплотнительное; 6 - клеевой слой

Склеиваемые поверхности корпуса и колец обезжиривают ацетоном, а затем на них наносят эпоксидный клей и устанавливают кольца в корпус. Клин с корпусом собирают сразу же после установки колец до отверждения клеевого слоя, что позволяет осуществить самоустановку колец и тем самым обеспечить их плотное прилегание к поверхности клина без дополнительной притирки. После установки клина проводится отверждение клеевого слоя

### Ремонт корпуса турбобура

Корпус является основной деталью турбобура. В процессе работы турбобура возникают следующие дефекты корпуса: прогиб, различные виды разрушения резьб, износ упорных торцов, вмятины.

Прогиб устраняют способом давления. Для восстановления изношенной резьбы применяют способ замены части детали. Незначительные дефекты резьбы (забоины и задиры) устраняют слесарно-механической обработкой.

Правку корпуса производят на гидравлическом прессе. Подставки пресса устанавливают симметрично относительно места наибольшего прогиба. Вмятины корпуса правят при помощи специальной прошивки (рис.7.13), которая состоит из отрезка забракованного вала турбобура с установленными на нем калибрующими кольцами, затянутыми гайкой. Для устранения вмятин корпус устанавливают на раму пресса и вводят прошивку, навинчивая ее на удлинитель.

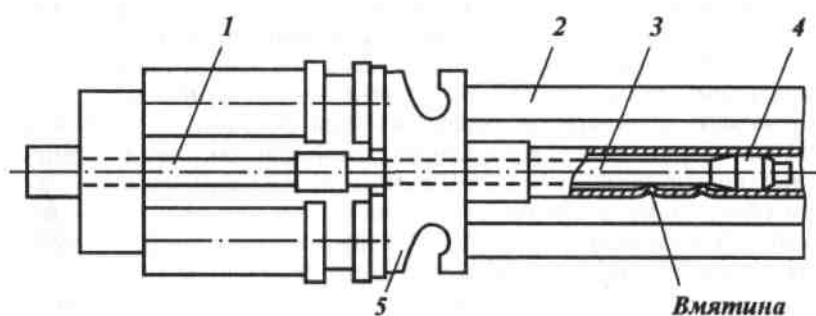


Рис.7.13 Схема правки вмятин в корпусе турбобура: 1 - удлинитель; 2 - рама пресса; 3 - вал; 4 - калибрующее кольцо; 5 – элеватор

При проталкивании прошивки через корпус происходит выправление вмятин. Затем проверяют присоединительные резьбы корпуса по шаблону и калибру. При износе резьбы или промывках ее на одном или обоих концах, концы корпуса с изношенной резьбой отрезают, а для сохранения номинальной длины устанавливают надставки, т.е. применяют способ замены части детали (рис.7.14). Сборку надставок с корпусом осуществляют по прессовой посадке в сочетании с резьбовым соединением.

При обработке корпуса под надставку восстанавливаемый конец корпуса подрезают на определенную длину, обтачивают по садочные цилиндрические пояски под надставку, между которыми нарезают резьбу. Во избежание ослабления корпуса сбега резьбы под надставку

должен заканчиваться на расстоянии не менее 40 мм от конца утолщенной части корпуса.

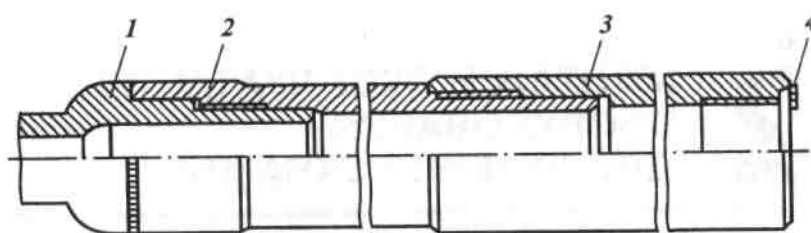


Рис.7.14 Восстановление нижней резьбы корпуса турбобура способом замены части детали: 1 - переводник; 2 - корпус турбобура; 3 - надставка к корпусу; 4 - упорная планка

Аналогичные пояски растачивают и нарезают резьбу в присоединительном конце надставки. Затем конец корпуса нагревают на длине 400 мм до температуры 400-500 °С и на него навинчивают надставку до упора ее торца в торец корпуса. После сборки корпуса с надставкой иногда дополнительно обваривают стык.

## ТЕМА 8 РЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

### 8.1 Эксплуатация колонны насосно-компрессорных труб

Насосно-компрессорные трубы (рис.8.1, 8.2, 8.3, 8.4) транспортируют автомобильным, железнодорожным, водным и воздушным транспортом.

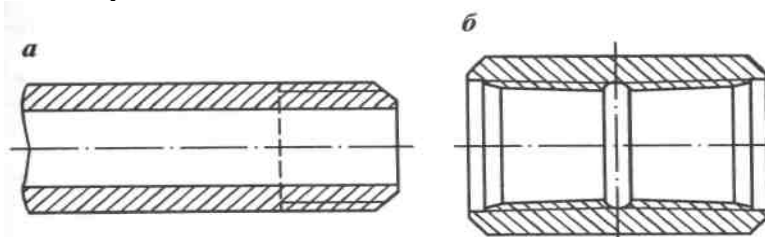


Рис.8.1 Гладкие насосно-компрессорные трубы и муфты к ним:  
а - труба; б – муфта

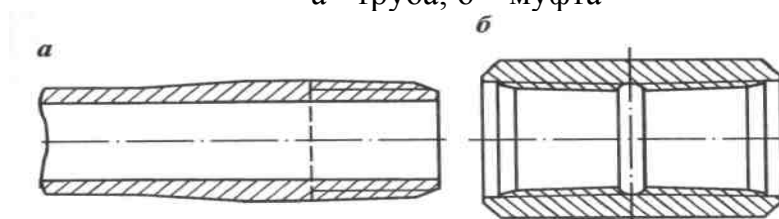


Рис.8.2 Насосно-компрессорные трубы с высаженными наружу концами и муфты к ним а - труба; б – муфта

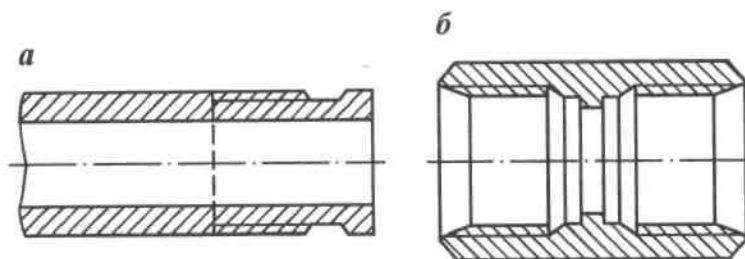


Рис.8.3 Гладкие высокогерметичные насосно-компрессорные трубы и муфты к ним: а - труба; б – муфта

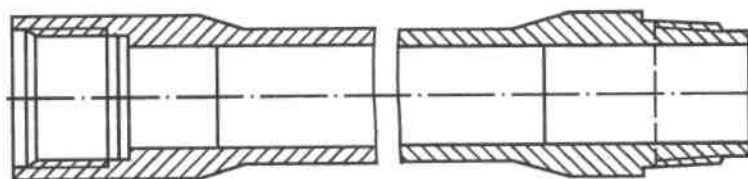


Рис.8.4 Безмуфтовые высокогерметичные насосно-компрессорные трубы (НКБ)

Насосно-компрессорные трубы (НКТ) транспортируют пакетами, увязанными не менее чем в двух местах. Масса пакета не должна превышать 5 тн, а по требованию потребителя - 3 тн.

При увязке НКТ в пакеты муфты на трубах должны быть сориентированы в одну сторону. Концы их не должны выступать более чем на 1 м за пределы транспортных средств.

При погрузке не допускаются удары труб или пакетов о металлические части транспортных средств или друг о друга.

Каждая отгруженная партия труб должна иметь сопроводительную документацию (сертификат, товарно-транспортную накладную и т.п.).

Перед погрузкой на транспортное средство резьба труб и муфт должна быть покрыта противокоррозионной смазкой и предохранена специальными кольцами и ниппелями. Перед погрузкой следует обязательно проверить наличие предохранительных деталей.

При перевозке НКТ по железной дороге в один вагон должны загружаться трубы только одной партии. Допускается отгрузка в одном вагоне пакетов труб разных партий при условии их разделения.

Перевозка НКТ с трубной базы нефтегазодобывающего предприятия на скважину производится на специально оборудованных для этой цели трубовозах, прицепах, санях и т.п.

Категорически запрещается транспортировать НКТ волоком.

При погрузке и выгрузке для захвата труб следует пользоваться специальными клещами, траверсами, стропами. После погрузки на



транспортное средство необходимо надежно закрепить НКТ, закрыть боковые стойки и снять накаты. Перед разгрузкой (до открытия стоек) следует проверить крепление труб. При ручной разгрузке НКТ нужно скатывать по накатам, предохраняя от самопроизвольного скатывания. При выгрузке нельзя сбрасывать НКТ, а также ударять их друг о друга или о крепкий грунт.

Укладывать НКТ необходимо муфтами к устью скважины.

Подготовку НКТ к перевозке вертолетом производят на площадке, оборудованной грузоподъемным механизмом с динамометром и расположенной рядом с вертолетной площадкой. НКТ перевозят в упакованных и взвешенных пакетах. Массу пакета допускается определять по данным маркировки на трубах.

Порядок подвешивания пакета НКТ к вертолету определяется экипажем вертолета в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

Для перевозки водным транспортом НКТ следует укладывать в трюм или на палубу судна на деревянные брусья, расположенные друг от друга на расстоянии не более 3 м и установленные горизонтально. Штабеля должны быть закреплены так, чтобы НКТ не перемещались при качке и крене.

НКТ предъявляют к приемке партиями. Партия должна состоять из труб одного условного диаметра, одной толщины стенки и групп прочности, одного типа и сопровождается единым документом, удостоверяющим соответствие их качества требованиям стандарта и содержащим: наименование завода-изготовителя, условный диаметр НКТ и толщину стенки, мм; длину НКТ, м; массу НКТ, кг; тип НКТ, группу прочности, номер плавки; массовую долю серы и фосфора для всех входящих в партию плавок; номера труб (от-до) каждой плавки; результаты испытаний; обозначение стандарта

Приемка новых НКТ от заводов-изготовителей, входной контроль и приемка НКТ, бывших в эксплуатации, должны осуществляться в соответствии с существующей нормативно-технической документацией.

Проверке внешнего вида, величины дефекта и геометрических размеров должна быть подвергнута каждая труба и каждая муфта.

Проверке соосности резьб должно быть подвергнуто не менее 1 % муфт от каждой партии. Проверке качества сопряжения торцов трубы НКМ и упрочненного уступа муфты подвергают каждое соединение партии.

Проверка резьбы трубы и муфт заключается в определении отклонений по конусности и натягу.

Резьбовые концы НКТ должны быть защищены предохранительными кольцами и ниппелями. При навинчивании предохранительных колец и ниппелей резьба смазывается антикоррозионной смазкой.

Перед укладкой на хранение НКТ необходимо очистить, покрыть антикоррозионной смазкой их неокрашенные части и резьбы и навинтить на резьбы предохранительные детали. Забракованные НКТ следует хранить отдельно от исправных.

НКТ рекомендуется хранить в складских помещениях, при их отсутствии допускается хранение на специально подготовленных открытых площадках. НКТ должны укладываться на деревянных подкладках так, чтобы нижний ряд находился на высоте не менее 35 см от пола или земли.

Подкладки должны располагаться горизонтально, число их по длине должно составлять не менее трех. Смежные ряды труб следует разделить деревянными прокладками (3-4 в ряду). Высота прокладки должна быть такой, чтобы муфты труб не касались друг друга. Высота штабеля не должна превышать 3 м, причем НКТ необходимо надежно закреплять во избежание раскатывания. Отбракованные и подлежащие ремонту НКТ следует передавать труборемонтной базе.

Весь парк НКТ, находящихся в эксплуатации, подлежит учету, для чего бухгалтерия нефтегазодобывающего предприятия должна вести специальную инвентарную карточку. Карточка заводится для каждого подотчетного лица по каждому диаметру труб. Кроме этого учет наличия и движения НКТ должны вести трубные базы (участки) и мастера по добыче нефти и газа.

Учет работы и движения НКТ осуществляют в порядке, установленном нормативно-технической документацией. Списание НКТ производят в соответствии с Инструкцией о порядке списания пришедшего в негодность оборудования.

Решение о списании НКТ принимает постоянно действующая комиссия совместно с представителями трубной базы.

НКТ, вышедшие из строя в результате аварий, списывают на основании акта о расследовании аварии с колонной НКТ

Эксплуатация насосно-компрессорных труб осуществляется в соответствии с существующими правилами и инструкциями.

Конструкция колонны НКТ для спуска во вновь пробуренные скважины и в скважины после капитального ремонта определяется технологическим отделом нефтегазодобывающего предприятия.

Подбор труб для спуска штанговых насосов и изменение конструкции колонны после текущего ремонта скважины производится технологической службой предприятия.

Все НКТ, спущенные в скважины, сдаются по акту мастерам по добыче нефти и газа и находятся в их подотчете.

Подготовка новых и бывших в эксплуатации НКТ должна производиться на трубных базах в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

Перед спуском НКТ в скважину следует проводить контроль качества труб путем проверки резьб, ниппеля и муфты, а также целостности тела трубы.

Для проверки на герметичность каждую НКТ с навинченной на нее муфтой подвергают испытанию внутренним гидравлическим давлением. Продолжительность испытания не менее 10 с. НКТ, при гидроиспытании которых обнаружена утечка испытательной жидкости в резьбовом соединении, подлежат восстановлению, а в теле - бракуются.

Перед спуском в скважину НКТ следует комплектовать по типам и размерам. При необходимости их соединяют между собой переводниками. Поднимаемые с мостков НКТ должны иметь навинченные на ниппельных концах предохранительные кольца.

Перед спуском в скважину длина каждой НКТ должна быть измерена стальной рулеткой или другим устройством. Длина НКТ замеряется от торца муфты на одном конце до конца сбег резьбы на другом. Сумма результатов измерений длин отдельных НКТ дает длину колонны.

Все НКТ при спуске в скважину проверяют шаблоном-оправкой. Длина оправок 1250 мм. При затруднении прохождения шаблона-оправки НКТ бракуют.

При подъеме НКТ с мостков следует предохранить от ударов концы трубы о фланец колонны или о другие металлические предметы. Подняв трубу, следует отвинтить предохранительное кольцо, тщательно очистить резьбу ниппеля, а также резьбу муфты ранее спущенной трубы волосяной щеткой и смазать резьбовой смазкой.

Поднятую НКТ следует направлять в муфту вертикально. Посадку НКТ в муфту необходимо производить осторожно, чтобы не повредить резьбу.

Свинчивание производится двумя ключами, после того, как резьбы войдут в сопряжение. Если при свинчивании труб муфта свободно навинчивается на ниппель до последнего витка резьбы или после свинчивания остается более двух открытых витков, то следует забраковать обе трубы.

Для предотвращения зацепления и обрыва глубинных приборов при исследовании скважин низ колонны насосно-компрессорных труб оборудуется воронкой, представляющей муфту трубы с развальцованным концом.

В скважинах, дающих нефть с большим содержанием парафина, необходимо очищать внутреннюю поверхность труб с помощью пластинчатых скребков.

Подъем колонны НКТ (освобождение элеватора или снятие с клиньев), спуск в скважину и посадку ее на фланец следует производить плавно, без ударов и рывков, с использованием специальной направляющей воронки. Последняя служит также для предохранения верхней НКТ от истирания штангами и муфтами при спуске насосных штанг.

Спущенная в скважину колонна НКТ соединяется с планшайбой при помощи патрубка длиной 0,5-0,6 м, который по размерам и прочностным показателям должен быть аналогичен верхней трубе. При подъеме планшайбы с колонной насосно-компрессорных труб нужно применять специальный патрубок.

Трубные ключи необходимо устанавливать на тело НКТ вблизи муфты. При развинчивании соединений нельзя наносить удары по муфте кувалдой, можно лишь обстукивать ручником, при этом не рекомендуется наносить удары по торцу муфты. Отвинченную НКТ можно поднимать лишь после выхода ее из соединения.

Для выявления дефектов, препятствующих дальнейшему использованию НКТ, при подъеме их тщательно осматривают.

НКТ с условным диаметром 48 и 60 мм поднимать свечами не рекомендуется; но если это все же необходимо, то для предохранения от изгиба в середине пролета следует установить второй палец. При установке НКТ за палец они должны опираться на прочную платформу (подтрубник). При оставлении на длительное время необходимо надежно прикрепить их к патрубку.

Укладывать НКТ на мостки следует рядами, отделяя их деревянными прокладками. Перед укладыванием НКТ на ее нижний конец нужно навинтить предохранительное кольцо и опускать, оперев концом на специальный совок.

Для равномерного износа НКТ целесообразно при проведении текущего ремонта скважин периодически менять местами трубы верхней и нижней части колонны.

После сильного натяжения колонны НКТ при срыве пакера или освобождения ее от прихвата все резьбовые заводские соединения следует докрепить.

В процессе эксплуатации колонны НКТ на внутренней поверхности труб часто образуются значительные отложения парафинов и минеральных солей, что приводит к существенному сужению их проходного сечения. При контакте с агрессивной продукцией скважины протекает интенсивная коррозия труб, приводящая к нарушению герметичности или обрыву труб.

В результате многократных спуско-подъемных операций, в особенности при добыче нефти скважинными штанговыми насосными установками (СШНУ), происходит износ сопряженных резьбовых поверхностей НКТ и муфт, в значительной мере обусловленный фреттинг-коррозией. Кроме этого при эксплуатации СШНУ происходит износ внутренней поверхности НКТ вследствие контакта с насосными штангами и штанговыми муфтами, что приводит к потере герметичности или излому труб.

Для определения пригодности отработавших НКТ к дальнейшей эксплуатации или необходимости ремонта НКТ следует предварительно очистить от грязи и отложений, а затем произвести контрольно-сортировочные работы (разбраковку).

Контрольно-сортировочные работы разделяют на две стадии:

визуальное выявление дефектов;

выявление дефектов различными методами специального контроля (дефектоскопией) и с помощью универсальных мерительных инструментов (калибров, шаблонов и т.п.).

При визуальном контроле выявляют наличие на поверхности НКТ плен, сквозных свищей, видимых трещин, вмятин, глубоких рисок или надрезов, дефектов резьбы, отложений парафинов, солей и др. Дефектоскопию, в частности ультразвуковую или индукционную, используют для выявления внутренних скрытых дефектов, в частности микротрещин, расслоений и др.

С помощью универсальных мерительных приборов проверяют отклонения по наружному диаметру, овальность труб и муфт. Резьбовыми и гладкими калибрами проверяют овальность, отклонения по конусности и натяги резьб, и при помощи шаблонов контролируют соответствие внутреннего диаметра НКТ номинальному размеру.

В процессе разбраковки разделяют НКТ на две группы: с устранимыми и неустранимыми дефектами. Отнесение фактических дефектов НКТ и муфт к той или иной группе определяется действующей НТД.

НКТ, имеющие значительное искривление, вмятины, трещины, видимые плены, раковины и расслоения, заметную скрученность, а также другие недопустимые дефекты, обнаруженные при визуальном, инструментальном контроле и дефектоскопии, маркируют как брак для списания. НКТ, имеющие устранимые дефекты, направляют на ремонт. Ремонт осуществляют на трубной базе.

НКТ, поступившие в цех на ремонт, подвергают очистке и мойке на специальной установке. Наружная поверхность трубы подвергается мойке водой, подогретой до температуры 90 °С, и очистке ее металлическими щетками. Внутренняя поверхность трубы подвергается мойке горячей водой, подаваемой под давлением внутрь трубы. Для повышения эффективности внутренней мойки внутрь трубы одновременно с подачей моющей жидкости подается периодически, порциями сжатый воздух.

Очистку резьбы труб и муфт производят при помощи специального приспособления со сменными щетками. Очищенные НКТ сортируют и складывают по диаметрам и группам прочности стали, а затем осматривают для определения вида и объема ремонта каждой трубы по следующим признакам:

- сорвана, промыта или повреждена резьба трубы;
- муфта значительно деформирована или резьба муфты повреждена;
- искривлена труба;
- износ поверхности трубы или муфты;
- отдельные дефекты в виде плен, закатов, рисок, вырывов и др.

В процессе эксплуатации часть НКТ получает искривления, выходящие за пределы допустимых. Для устранения образовавшейся непрямолинейности трубы подвергают правке в холодном состоянии.

Холодная правка труб относится к числу широко и давно применяемых технологических операций при ремонте труб. Однако этот метод правки имеет ряд недостатков, основным из которых следует считать то, что в холодноправленной трубе имеются остаточные напряжения и она может легко изменить прямолинейную форму при воздействии на нее силовых факторов, противоположных по знаку тем, которые были применены при холодной правке.

Искривленные трубы по характеру и размеру подразделяют на три категории, каждая из которых характеризуется следующими признаками:

малая кривизна - едва заметная на глаз, но не позволяющая без правки производить ремонт на трубонарезном станке;

средняя кривизна - явно выделяющаяся при перекачивании трубы по стеллажу;

большая кривизна - когда труба сильно искривлена в нескольких местах.

Правильщик должен уметь устанавливать опоры, на которых покоится труба в процессе правки, на нужном расстоянии, так как каждому типоразмеру трубы соответствует определенное оптимальное расстояние между ними.

При малом расстоянии между опорами для правки потребуется чрезмерно большое усилие. При большом расстоянии прогиб может стать полностью упругим, остаточные деформации не образуются и, следовательно, правка не происходит.

Прямолинейность отремонтированных труб должна отвечать требованиям ГОСТ 633.

На концевых участках, равных одной трети длины трубы, допускается изогнутость не более 1 мм на 1 м длины.

Изогнутость определяется исходя из величины стрелы прогиба и вычисляется как частное от деления стрелы прогиба в миллиметрах на расстояние от места измерения до ближайшего конца трубы в метрах. Общую изогнутость трубы проверяют одновременно с внутренним диаметром при помощи цилиндрической оправки длиной 1250 мм, которая должна свободно пройти по всей длине трубы.

НКТ после ремонта могут быть использованы по прямому назначению для эксплуатации скважин в том случае, если они отвечают всем требованиям стандарта.

Если после эксплуатации и ремонта толщина стенки труб будет менее допустимой по ГОСТ 633, то трубы применяют согласно их

прочностным характеристикам для других целей (для изготовления фильтров, хвостовиков и т.п.).

На отремонтированные НКТ наносят маркировку светлой краской в виде поясков по окружности на расстоянии 0,3-0,4 м от муфты или муфтового конца трубы: один пояска - на трубах, отвечающих требованиям ГОСТ 633; два пояска - на трубах, которые должны применяться не по прямому назначению.

## 8.2 Эксплуатация и ремонт фонтанной арматуры

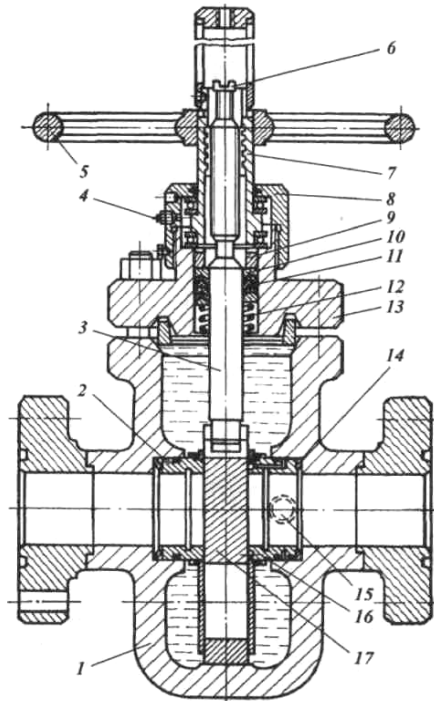
В процессе работы фонтанной арматуры при необходимости замеряют температуру проходящей среды. Температуру замеряют с помощью термометров через термокарман.

В фонтанной арматуре чаще всего используют шибберные задвижки и пробковые краны. Клиновые задвижки применяют только в малодобитных и низконапорных скважинах. В отличие от клиновой задвижки в прямоточной задвижке (рис.8.5) и в пробковом кране (рис.8.6) запорный элемент уплотняется смазкой, которая одновременно служит для снижения трения, и поэтому они не требуют больших усилий при управлении ими. В прямоточных задвижках для достижения герметичности категорически запрещается применять рычаг, так как герметичность при плоских плашках от усилия затяжки не зависит, а можно сломать шпindel. Категорически запрещено эксплуатировать задвижки в полуоткрытом состоянии.

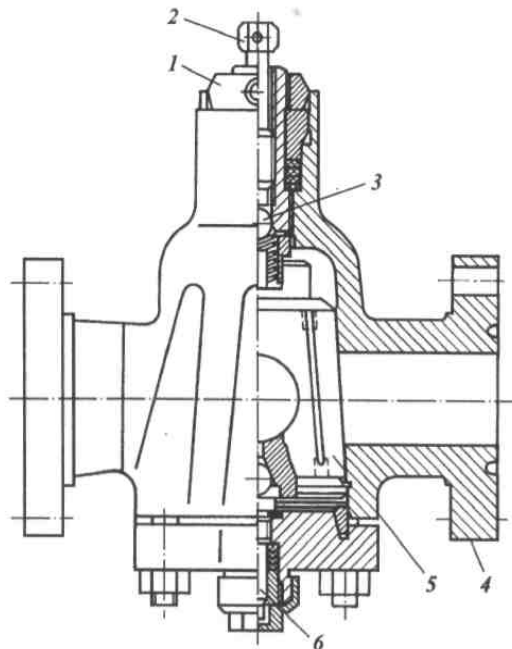
В процессе эксплуатации фонтанной арматуры с прямоточными задвижками требуется через каждые 20 открытий - закрытий, но не реже одного раза в три месяца, через клапан нагнетательный набивать корпус смазкой. Марка смазки указывается в нормативно-технической документации. Заполнение корпуса смазкой не дает возможности оседать различным механическим примесям, а также скапливаться агрессивной жидкости. Герметичность затвора прямоточной задвижки повышается за счет применения уплотнительной смазки, которая автоматически подается к поверхности затвора за счет давления среды в корпусе задвижки.

Раз в два-три месяца необходимо смазывать подшипники шпинделя. Марка смазки указывается в нормативно-технической документации.





*Рис.8.5* Прямоточная задвижка с ручным управлением:  
 1 - корпус; 2 - входное седло; 3 - шпindelь; 4 - масленка; 5 - маховик; б -винт регулировочный; 7 - гайка ходовая; 8 - крышка подшипников; 9 - гайка нажимная; 10 - кольцо нажимное; 11 - манжета; 12 - пружина сальника; 13 - крышка корпуса; 14 - пружина тарельчатая; 15 - клапан нагнетательный; 16 - выходное седло; -17 - шибер



*Рис.8.6* Пробковый кран: 1 - рукоятка; 2 - нажимной болт; 3 - обратный клапан; 4 - корпус; 5 - конусная пробка; 6 - винт

В фонтанной арматуре с крановыми запорными устройствами после установки на скважине необходимо провести дополнительную набивку уплотнительной смазкой всех кранов и проверить краны на плавность работы затвора. Смазка набивается масленкой, которая ввинчивается в резьбовое отверстие шпинделя вместо вывинченного нажимного болта.

Кран в момент набивки смазки должен быть или полностью открыт, или полностью закрыт. Допускается проводить поднабивку смазки при помощи нажимного болта. Однако это менее удобно и требует больших затрат времени.

После заполнения крана смазкой нажимной болт необходимо поставить в исходное положение. Рекомендуется завернуть его на половину длины, чтобы в процессе эксплуатации продавливать смазку на уплотнительные поверхности вращением нажимного болта на 5-6 оборотов. Регулярная подача смазки на уплотнительные поверхности крана обеспечит постоянную герметичность затвора. Если давление среды в скважине близко к рабочему давлению крана (14 МПа), то смазку рекомендуется подавать при помощи нажимного болта после 3-5 перекрытий затвора. Необходимо обязательно проводить поднабивку смазки после депарафинизации скважин паром и после других технологических операций, проводимых при давлениях, близких к рабочему. Для надежной работы затвора необходимо регулярно проверять наличие смазки в системе крана и по мере необходимости, но не реже одного раза в три месяца, проводить поднабивку смазки масленкой.

Смазку необходимо подавать в масленку до тех пор, пока подача смазки не станет затруднительной. Если кран разбирался, то при сборке необходимо установить зазор между уплотнительными поверхностями корпуса и пробки в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Для этой цели уплотнительные поверхности, как корпуса, так и пробки должны быть очищены от старой смазки, протерты досуха чистой тряпкой и промыты в керосиновой ванне. Полость над пробкой должна быть заполнена смазкой, а уплотнительная поверхность пробки вновь смазана тонким слоем уплотнительной смазки. Только после этого пробка может быть поставлена на место. По окончании сборки крана регулировочный винт необходимо затянуть до отказа, а потом ослабить на 1/8 оборота. Это обеспечит нормальный эксплуатационный зазор между уплотнительными поверхностями

корпуса и пробки. После установки зазора между корпусом и пробкой кран заполняют смазкой.

При заклинивании пробки надо отвинтить регулировочный винт на один-два оборота, а затем добавлять масленкой в кран смазку и закручивать нажимной болт в шпindel до тех пор, пока пробка не освободится от заклинивания. После ликвидации заклинивания требуется закрутить регулировочный винт. Перед сменой манжеты под давлением надо отвинтить регулировочный винт до отказа. Этим будет достигнута герметичность регулировочного винта и нижней крышки. Затем можно менять манжеты. После смены манжет нужно снова отрегулировать винт.

Фонтанную арматуру, находившуюся до установки в эксплуатации на другой скважине, необходимо очистить от грязи, промыть и проверить, а если требуется, то провести ремонт с обязательным последующим гидроиспытанием. Ремонт задвижки или пробкового крана включает: разборку и промывку деталей в керосиновой ванне, замер деталей и их отбраковку, ремонт изношенных деталей и изготовление новых, сборку и гидроиспытание.

Этот порядок сохраняется при ремонте задвижек всех диаметров и типов. В процессе разборки и сборки применяют разнообразный слесарный инструмент и необходимые приспособления. Технологические операции в процессе ремонта в основном сводятся к ликвидации раковин наплавкой с последующей механической обработкой, к исправлению резьбы, шабровке уплотнительных поверхностей и др.

Простые по конструкции и не требующие высокой точности и специальной термической обработки запасные детали изготавливают в ЦБПО или БПО. Возможности изготовления запасных деталей определяются мощностью и технической оснащённостью предприятия, выполняющего ремонт.

После ремонта составляют сертификат или другой документ, удостоверяющий качество ремонта.

В арматуре с прямоточными задвижками во фланцевых соединениях, за исключением соединений крестовика с тройником, тройника с переводной катушкой, применены прокладки одностороннего касания. В связи с этим на затяжку шпилек требуется значительно меньше усилия, чем при использовании овальных прокладок с двусторонним касанием. Поэтому при сборке фонтанной

арматуры с прямоточными задвижками не следует прибегать к дополнительным удлинителям ключей.

### 8.3 Эксплуатация и ремонт скважинных газлифтных установок

Скважинная газлифтная установка включает устьевую арматуру 1 и скважинное оборудование, состоящее из скважинных камер 2, газлифтных клапанов 3, пакера 4 и приемного клапана 5 (рис.8.7).

Арматура, устанавливаемая на устье газлифтных скважин, аналогична фонтанной арматуре и имеет то же назначение - герметизацию устья, подвеску подъемных труб и возможность осуществления различных операций по переключению направления закачивания газа, операций по промывке скважины и пр.

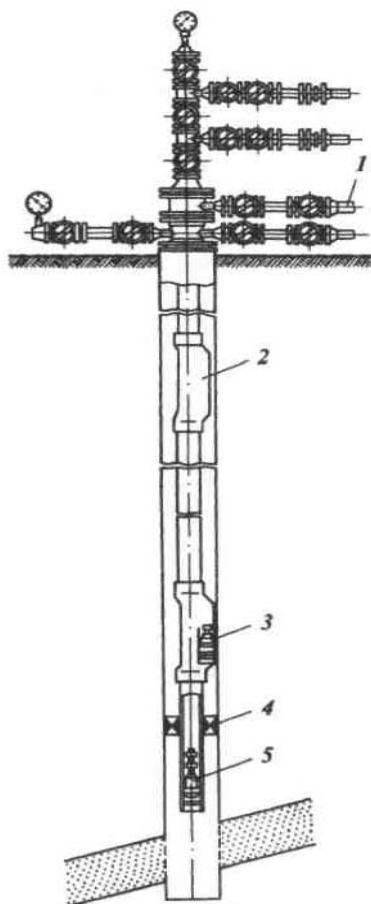


Рис.8.7 Газлифтная установка: 1 - фонтанная арматура; 2 - скважинная камера; 3 - газлифтный клапан; 4 - пакер; 5 - приемный клапан

На газлифтных скважинах часто используют фонтанную арматуру, остающуюся после фонтанного периода эксплуатации, но

обычно применяют специальную упрощенную и более легкую арматуру, поскольку возможные неполадки в ней не угрожают открытым фонтаном. Часто арматуру приспособливают для нагнетания газа либо только в межтрубное пространство, либо в центральные трубы. Когда эксплуатация газлифтных скважин сопровождается интенсивным отложением парафина, арматуру устья дополнительно оборудуют лубрикатором, через который в НКТ вводят скребок, спускаемый на проволоке, для механического удаления парафина с внутренних стенок труб.

На устье газлифтных скважин устанавливают регулирующую аппаратуру - обычно клапан-регулятор давления с мембранным исполнительным механизмом, регулирующим давление после себя, для поддержания постоянного давления нагнетаемого в скважину

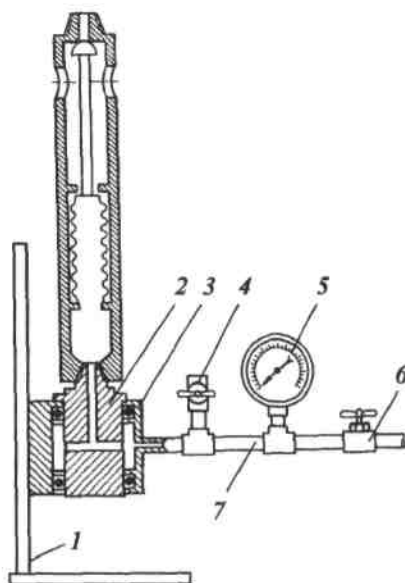
газа, так как в магистральных линиях часто наблюдаются колебания давления, нарушающие нормальную работу скважин, а иногда вызывающие и их остановку. В системах централизованного газоснабжения регуляторы давления, различные расходомеры, а также запорную арматуру устанавливают на газораспределительных пунктах (ГРП). При такой централизации контроля и управления за работой газлифтных скважин улучшается надежность и качество их обслуживания.

Рабочие параметры многих элементов скважинного оборудования устанавливают в зависимости от конкретных условий эксплуатации скважины. Поэтому требуется соответствующая подготовка этого оборудования к спуску в скважину.

Технологический процесс подготовки газлифтных клапанов состоит из следующих основных операций: зарядки газлифтного клапана азотом, проверки давления открытия клапана, испытания (опрессовки) газлифтных клапанов в камере высокого давления для выявления остаточной деформации сильфонов, термостатирования газлифтных клапанов при температуре 15,5 °С, предварительной тарировки газлифтных клапанов на заданное давление открытия, установки газлифтных клапанов в скважинные камеры или оправки, опрессовки газлифтных клапанов и скважинных камер или оправок. Газлифтные клапаны обычно поставляются заводом-изготовителем в собранном виде, заряженные на давление 5-7 МПа.

Последовательность подготовки клапанов к спуску такова. Сильфонный газлифтный клапан устанавливают в специальный шарнирный ключ, захватив его за корпус сильфонной камеры, и

отворачивают глухую пробку ключом с регулируемым усилием. Затем клапан переставляют в ключе и отворачивают корпус обратного клапана. Перед зарядкой газлифтного клапана систему для зарядки и тарировки (корпус, трубки, вентили) продувают. Затем на корпус обратного клапана наворачивают регулировочную втулку, и газлифтный клапан устанавливают в корпусе стенда (рис. 8.8).



*Рис.8.8* Стенд для зарядки и тарировки газлифтного клапана:

1 - стойка; 2 - корпус стенда; 3 - испытательная втулка; 4 - вентиль впускной; 5 - манометр; 6 - вентиль выпускной; 7 - трубка высокого давления

При этом впускные отверстия клапана должны находиться между уплотнительными кольцами корпуса клапана. Закрывают выпускной вентиль б, а впускной 4 открывают, проверяя по манометру 5 давление, при котором клапан открывается. Если это давление окажется более чем на 0,7 МПа выше расчетного, то избыточное давление в сильфонной камере снижают. Если же давление открытия клапана окажется ниже расчетного, то следует дозарядить сильфон.

Для зарядки сильфона азотом газлифтный клапан извлекают из стенда (предварительно закрыв впускной и открыв выпускной вентили), устанавливают в шарнирном ключе и отворачивают регулировочную втулку. Затем клапан переставляют в шарнирном ключе и в его сильфонный узел вворачивают зарядную втулку. Зарядная втулка вместе с газлифтным клапаном вставляется в корпус стенда. При этом фланец зарядной втулки должен плотно прилегать к верхнему торцу корпуса стенда. Вентили стенда переключаются для

подачи азота. Закрывают выпускной вентиль 6, а впускной 4 держат открытым до тех пор, пока манометр 5 не зафиксирует необходимое давление. Обычно на практике оно на 1,4 МПа больше расчетного давления открытия клапана. До давления 0,7-1 МПа азот подается медленно для плавной посадки штока на седло клапана во избежание деформации седла. Закрытием впускного и открытием выпускного вентилях разряжают установку. Клапан с зарядной втулкой извлекают из корпуса стенда. Установив клапан в шарнирный ключ, отворачивают зарядную втулку. Герметичность узла зарядки клапана проверяют опрессовкой водой.

Заполнив азотом сильфонную камеру, приступают к тарировке клапана. Для этого вновь используют регулировочную втулку. После присоединения к клапану ее устанавливают в корпус стенда. Пересоединяют установку на подачу сжатого воздуха. Закрывая выпускной и открывая впускной вентилях, в установку подают сжатый воздух и по манометру определяют давление открытия клапана (впускной вентиль открывают плавным вращением маховика). Если давление открытия окажется выше расчетного, то избыточное давление в сильфоне клапана снижают с помощью регулировочного ключа. Если же давление открытия окажется ниже расчетного, то операции по зарядке сильфона азотом повторяются. Для проверки давления открытия клапан открывают и закрывают 3-4 раза. При достижении расчетного давления открытия проверяют, нет ли пропуска воздуха через седло клапана. Если пропуск есть, то, закрыв впускной и открыв выпускной вентилях, извлекают клапан из стенда, после чего отворачивают регулировочную втулку, вставив в корпус седла стержень (из мягкого металла) диаметром, несколько меньшим диаметра отверстия седла, и, ударя несколько раз легким молотком по стержню, вновь проверяют давление открытия клапана. Если пропуск не прекратился, то седло заменяют. Для этого отворачивают корпус седла, извлекают пружину, удерживающую седло в корпусе, затем ударником выбивают седло из корпуса и заменяют его новым. Повторяют все операции по зарядке и тарировке газлифтного клапана. При отсутствии пропуска, закрыв впускной и открыв выпускной вентилях, извлекают клапан и, установив в ниппеле новую медную прокладку, ввинчивают в него глухую пробку, предварительно надев на нее уплотнительное резиновое кольцо, обильно смазав силиконовым вазелином. Пробку затягивают ключом с усилием порядка 70-80 Нм.

При необходимости замены штока клапана разряжают его сильфонную камеру и отворачивают корпус сильфонной камеры. Затем отворачивают шток и меняют на новый.

Подобным образом на описанной выше установке, имея набор соответствующих втулок и инструментов, можно тарировать сильфонные газлифтные клапаны различных конструкций.

Далее клапан помещают в камеру высокого давления (рис.8.9). На верхнюю резьбу клапана вместо фиксатора наворачивают держатель для легкого и быстрого ввода и извлечения газлифтных клапанов из камеры. В камеру помещают несколько газлифтных клапанов в зависимости от их габаритных размеров и заполняют ее маслом. Насосом высокого давления в камере создают давление 28 МПа и для проверки сильфона на остаточную деформацию выдерживают давление в течение часа. Затем разряжают камеру, извлекают клапан и отворачивают держатель. Устанавливают клапан в шарнирном ключе, отворачивают глухую пробку, снимают медную прокладку и помещают в установку для термостатирования, где выдерживают его 20 мин при температуре 15,5 °С для того, чтобы клапан (а следовательно, и азот в сильфонной камере) имел при тарировке температуру 15,5 °С. Для этого в емкость термостата заливают дистиллированную воду, на контактном термометре устанавливают необходимую температуру термостатирования и клапаны погружают в ячейки. Затем подключают блок автоматики к сети (220 В).

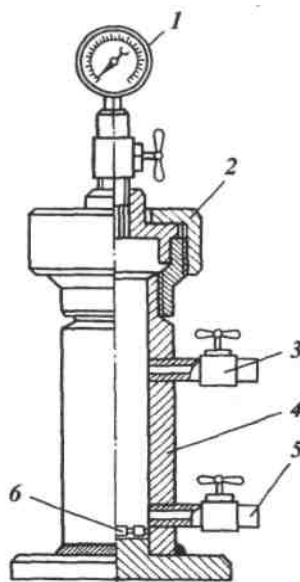


Рис.8.9 Камера высокого давления: 1 - манометр; 2 - быстросвинчивающаяся гайка; 3, 5 - вентиль; 4 - корпус; 6 - ячейка для установки газлифтного клапана



Если температура в термостатической ванне ниже или выше необходимой ( $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), то срабатывает магнитопускатель и на нагревательный элемент или холодильный агрегат подается напряжение. Вода нагревается или охлаждается до установленной температуры, после чего срабатывает цепь магнитопускателя и нагревательный элемент отключается. Как только температура понизится на  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , цикл повторяется. Во время термостатирования вода в емкости непрерывно автоматически перемешивается мешалкой.

Для дальнейшей тарировки и зарядки клапан возвращают на стенд. При этом устанавливают давление открытия клапана на  $0,1-0,2$  МПа выше заданного (способом, описанным выше). Затем клапан повторно помещают в термостат на 20 мин при температуре  $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и вновь возвращают на стенд для окончательной зарядки на заданное давление открытия. После этого клапан полностью собирают. При сборке газлифтного клапана все его резьбовые соединения необходимо смазывать графитовой консистентной смазкой

Обслуживание газлифтного оборудования включает анализ его работы и устранение неисправностей установки.

Режим эксплуатации газлифтной установки устанавливают на основе обеспечения рационального расхода энергии пласта. Нормальная эксплуатация газлифтной установки заключается в получении максимального дебита при небольшом газовом факторе, наименьших количествах воды и песка, бесперебойном фонтанировании.

При наблюдении за работой газлифтной установки и ее обслуживании измеряют буферное и затрубное давления, рабочие давления на замерных установках, определяют дебит нефти, газа, содержание воды и песка в продукции скважины и т.п. Кроме того, проверяют исправность устьевого оборудования; выкидных линий; скребков, применяемых для борьбы с образованием отложений парафина. Желательно все ремонтные работы с образованием отложений парафина проводить без остановки скважины.

Результаты наблюдений записывают в специальный журнал. Эти данные служат исходным материалом для установления оптимального режима эксплуатации других скважин, работающих в аналогичных условиях.

Для борьбы с отложениями парафина проводят следующие мероприятия:

уменьшение пульсации фонтанирования при максимальном снижении газового фактора;

применение механической очистки НКТ различными скребками; покрытие внутренней поверхности НКТ стеклом, эпоксидными смолами, эмалями, бакелитовым лаком и др. (футерование);

расплавление парафина;

растворение парафина различными растворителями. При использовании скребков на устьевой арматуре монтируют лубрикатор с сальником. Для спуска скребков на проволоке и их подъема применяют депарафинизационные установки типа АДУ, которые состоят из лебедки с электродвигателем и станции управления.

Для расплавления парафина применяют прогрев НКТ закачкой пара, горячей нефти или нефтепродуктов. Подача теплоносителя в виде пара в затрубное пространство и выход его через насосно-компрессорные трубы обеспечивают расплавление и вынос парафина потоком нефти.

Для обработки скважин паром применяют передвижные парогенераторные установки.

Для борьбы с пескопроявлением используют: фильтры для закрепления призабойной зоны; ограничение депрессии для предотвращения разрушения скелета нефтесодержащих пород; конструкции подъемных лифтов и режимы их работы, при которых обеспечивается полный вынос, песка.

Для борьбы с парафином, гидратами, солеотложением, образованием эмульсии, используют несмотря на повышенную металлоемкость установки, иногда второй ряд НКТ, что позволяет закачивать в кольцевое пространство между ними растворители и химреагенты без остановки скважины.

Образование гидратных пробок в скважинах устраняют следующими методами: уменьшением перепада давления на клапане; вводом ингибитора в нагнетаемый газ.

Важнейшим достижением в области газлифтной эксплуатации является освоение технологии спуска и извлечения через НКТ газлифтных клапанов, устанавливаемых в специальных эксцентричных камерах, размещенных на колонне насосно-компрессорных труб на расчетных глубинах. Это исключает необходимость извлечения колонны труб для замены пусковых или рабочих клапанов при их отказе или повреждении.

В расчетных местах на колонне труб устанавливают специальные эксцентричные камеры с карманом для ввода в него газлифтного клапана. В посадочном кармане спускаемый в него клапан уплотняют с помощью верхних и нижних колец из нефтестойкой резины и стопорной пружинной защелки. На внешней стороне эксцентричной камеры в месте расположения клапана между его уплотнительными кольцами делают сквозные отверстия. Через эти отверстия газ из межтрубного пространства проходит в посадочный карман, а затем через боковые отверстия в самом клапане - в насосно-компрессорные трубы.

Эксцентричную камеру делают таким образом, что проходное сечение колонны труб и их соосность полностью сохраняются. В верхней части эксцентричной камеры устанавливают специальную направляющую втулку, ориентирующую инструмент, на котором спускается клапан так, чтобы он при отклонении точно попадал в посадочный карман. На нижнем конце сборки посадочного инструмента имеется захватное пружинное устройство, которое освобождает головку клапана после его посадки в карман. Посадочный инструмент, имеющий шарнирные соединения, после того как он будет правильно ориентирован направляющей втулкой, переламывается в этих шарнирных соединениях с помощью пружинных устройств, чтобы продольная ось спускаемого клапана совпала с продольной осью посадочной камеры. Посадочный инструмент спускается в НКТ на стальной проволоке диаметром от 1,8 до 2,4 мм через устье скважины.

Клапаны извлекаются также с помощью канатной техники. Для этого в скважину спускается экстрактор, который, попадая в эксцентричную камеру, после последующего небольшого подъема ориентируется там направляющей втулкой в плоскости посадочной камеры клапана. После ориентации экстрактора его звенья под действием пружин переламываются в сочленениях так, что становятся в требуемое положение перед ловильной головкой клапана. Захватное пружинное приспособление на конце экстрактора при посадке на ловильную головку клапана захватывает ее и при подъеме вырывает сам клапан из посадочной камеры. Для замены газлифтных клапанов в эксцентричных камерах или установки вместо газлифтных клапанов просто заглушек, не прибегая при этом к глушению или остановке скважины, на фланец верхней крестовины газлифтной арматуры или на фланец буферной задвижки

устанавливают малогабаритный перекрывающий механизм - превентор с ручным приводом, имеющий эластичные (резиновые) уплотняющие элементы, с помощью которых можно перекрыть скважину даже в том случае, когда в ней остается проволока. Газлифтные клапаны устанавливают и извлекают с помощью гидравлической лебедки, смонтированной в кузове микроавтобуса или на базе гусеничного транспортера, либо на специальной раме, переносимой вертолетом при использовании на заболоченных территориях.

Перед оператором в кабине установлены индикатор натяжения проволоки и указатель глубины.

Гидродвигатель лебедки может работать как насос в режиме торможения и может быть полностью остановлен перекрытием соответствующих клапанов. Агрегат применяют для работ по установке и извлечению газлифтных клапанов в скважинах глубиной до 4600 м при диаметре проволоки до 2,5 мм, а также для спуска измерительных приборов при исследовании

#### **8.4 Эксплуатация и ремонт скважинных штанговых насосных установок**

Надежная работа СК достигается за счет правильного подбора оборудования, который зависит от технологического режима эксплуатации скважины, качественного выполнения монтажных работ, точного уравнивания, своевременного проведения технического обслуживания и плановых ремонтов. Это особенно важно при внедрении системы автоматизации и дистанционного контроля работы скважин, когда их обслуживание выполняется один-два раза в сутки. В таких условиях недосмотр или небрежность оператора могут привести к крупной аварии и, следовательно, к длительному простоя скважины.

После пуска СК в эксплуатацию через первые несколько дней работы следует осмотреть все резьбовые соединения и подтянуть их.

В первые дни эксплуатации требуется систематически контролировать состояние сборки, крепление подшипников, затяжку кривошипных и верхних пальцев на шатуне, уравнивание, натяжение ремней, отсутствие течи масла в редукторе и т.п., проверять соответствие мощности и частоты вращения вала электродвигателя установленному режиму работы станка.

Электродвигатель должен быть подключен к сети так, чтобы кривошип вращался по стрелке, указанной на редукторе.

В процессе эксплуатации необходимо регулярно проверять и смазывать узлы СК и редуктора. Места смазки, точки смазки, число этих точек, сорт смазочного материала и рекомендуемые сроки смазки оговорены соответственной нормативно-технической документацией. Если СК подвергается действию больших переменных нагрузок и эксплуатируется в условиях высоких или низких температур, повышенной влажности или пыльности, то необходимо чаще проверять его.

При пуске в эксплуатацию нового редуктора необходимо через 10-15 дней вылить из него масло и промыть керосином или соляровым маслом с целью удаления частиц металла, образующихся при приработке редуктора. Наличие масла в редукторе проверяют через контрольные клапаны или щупом. Для механизированной смены масла в редукторе, для смазки подшипниковых узлов СК применяют специализированные агрегаты.

При осмотре и обследовании СК тщательно проверяют жесткость крепления пусковой аппаратуры, которую необходимо устанавливать строго вертикально, особенно при установке магнитных пускателей, имеющих контакторные устройства. Крепление должно быть прочным, исключающим возможные сдвиги и шатания. Во избежание несчастных случаев при смазке, ремонте и проверке состояния СК необходимо его останавливать. При остановке СК редуктор следует затормаживать только после отключения электродвигателя от сети в нижнем положении плунжера скважинного насоса. Перед пуском СК необходимо убрать все лишние предметы, которые могут мешать свободному вращению кривошипа.

Во время обхода скважины и осмотра оборудования оператор обязан:

1. Проверить состояние сальникового уплотнения устьевого штока и подтянуть его. Нормальной считается такая затяжка при которой устьевой шток имеет чуть влажную поверхность и слегка нагревается. Если после подтягивания сальник продолжает пропускать, то следует остановить станок-качалку и заменить набивку. Сильный нагрев устьевого штока говорит о чрезмерной затяжке сальника или о прекращении подачи жидкости скважинным насосом.

2. Проверить работу механизма штанговращателя и убедиться, что колонна штанг вращается равномерно. При необходимости смазать опорный подшипник, червячную передачу и опорные втулки валика и храповика смазкой, указанной в нормативно-технической документации. Если же штанговращатель не работает или останавливается периодически, то выяснить причину неисправности и устранить ее путем регулировки и ремонта (смены опорного подшипника или других деталей).

3. Проверить состояние канатной подвески, обращая внимание на целостность каната и надежность его крепления к головке балансира. Канат должен закрепляться так, чтобы концы его немного выступали наружу из втулки нижней траверсы.

4. Проверить клиноременную передачу. Следить, чтобы при работе станка-качалки ремни чрезмерно не ослаблялись и не буксовали. Проверка заключается во внешнем осмотре. Более детально ремни проверяют через 10-15 сут при остановленном станке-качалке и заторможенном редукторе.

5. Проверить уравновешенность станка-качалки и центровку устьевого штока по положению его в отверстии нажимной гайки устьевого сальника. Если шум работы электродвигателя неравномерный, то станок-качалку следует остановить и уравновесить. Уравновешенность станков также периодически проверяется ампер-клещами. При нарушении центровки устьевого штока необходимо его отцентровать, остановив станок-качалку. Причинами нарушения могут быть несоответствие радиуса закругления головки балансира ГОСТу, расшатанность фундамента и рамы, а также неуравновешенность станка-качалки. Головку балансира, изготовленную с отклонением от ГОСТа, заменить или отремонтировать в ремонтном цеху. Расшатанность фундамента и рамы станка-качалки устраняется подтягиванием болтовых соединений, подкладыванием под раму металлических пластин и перемещением рамы станка-качалки на незначительное расстояние.

6. Проверить путем внешнего осмотра и на слух состояние кривошипно-шатунного механизма и редуктора станка-качалки. Скрип, треск или глухие удары в каком-либо узле говорят о неисправности и необходимости более детальной проверки и ремонта. В частности, скрип в узле подвески траверсы часто вызывается недостаточной смазкой пальца крепления верхнего конца шатуна, а скрип и треск в узле нижней головки шатуна показывают, что ослабло

крепление пальца кривошипа или смята его шпонка. Глухие стуки в редукторе возникают при износе зубьев шестерен или подшипников валов, а иногда и при недостаточной уравниваемости станка-качалки. В подобных случаях нужно немедленно сообщить об обнаруженной неисправности мастеру бригады или диспетчеру.

7. Осмотреть крепление электродвигателя, редуктора и стойки к раме станка-качалки, а также траверсы к балансиру. Особое внимание обратить на крепление шатунов к траверсе и кривошипу и балансира к опоре. Кроме того, проверить положение кривошипов на валу редуктора, так как при ослаблении дифференциальной стяжки возможно их смещение вдоль вала. На станках-качалках с поворотной головкой балансира следует проверять также надежность крепления и положение стопорного устройства.

8. Ежедневно проверять уровень масла в редукторе, а при подтеках масла из корпуса проверку делать ежедневно.

9. Не допускать и своевременно ликвидировать пропуски нефти и газа через фланцевые и резьбовые соединения обвязки устья и нефтегазопровода.

10. Своевременно удалять или засыпать нефть, разлитую вокруг станка-качалки и на территории скважины.

11. В зимнее время очищать от снега площадку у рамы станка-качалки под кривошипами.

Все необходимые для обслуживания скважины материалы и инструменты (штангодержатель, сальниковая набивка, зубила, гаечные ключи, лопата, ведро, кувалда, смазка и т.д.) должны храниться в специальном ящике непосредственно около скважины.

Более сложные работы выполняются силами бригады по ремонту наземного оборудования в аварийном порядке. К ним относятся: замена или дополнительное крепление пальца кривошипа, замена канатной подвески и устьевого сальникового штока, ремней, электродвигателя или его шкива и изменение длины хода устьевого сальникового штока.

При установке устьевого сальникового штока на штангодержатель необходимо проверить состояние корпуса штангодержателя и насечки на его плашках. Запрещается использовать плашки со сбитой или загрязненной насечкой, а также некомплектные. После снятия штока нужно зачистить заусенцы на его поверхности и поверхности штангодержателя, образовавшиеся от насечки плашек.

Работа насоса по подъему жидкости исследуется динамометрированием его работы, замерами подачи и динамического уровня жидкости в скважине.

Динамометрирование работы насоса может быть проведено с помощью переносного динамографа любой конструкции или же по системе телединамометрирования, применяемой в конкретном нефтегазодобывающем обществе.

Замер подачи насоса также производится посредством имеющихся замерных устройств.

Динамометрирование работы насоса необходимо производить непосредственно после пуска скважины в эксплуатацию, в процессе эксплуатации не реже одного раза в неделю, при изменении подачи скважинного насоса, а также обязательно перед его подъемом из скважины.

По показаниям динамограммы могут быть определены степень заполнения цилиндра насоса, герметичность нагнетательного и всасывающего клапанов, а также колонны насосно-компрессорных труб, степень износа пары цилиндр-плунжер насоса, влияние газа на заполнение цилиндра, отворот или обрыв колонны штанг, заклинивание плунжера в цилиндре и другие неполадки в работе подземного оборудования.

Данные о работе скважинных насосов, собранные в процессе наблюдения за их эксплуатацией, в обязательном порядке заносят в книгу документации каждой скважины и паспорт насоса

Действующей системой ТО и Р для СК предусмотрены текущие и капитальные ремонты. Текущий ремонт должен обеспечивать работоспособность СК до капитального ремонта. Выполняют его ремонтные комплексные бригады при кратковременных остановках скважины или подземном ремонте.

При текущем ремонте проверяют и осуществляют подтяжку крепежных соединений, заменяют пришедшие в негодность крепежные детали, клиновые ремни, канатные подвески или плашки, детали нижней головки шатуна, пальцы кривошипов, смазывают подшипниковые опоры, шарнирные соединения и ходовые винты.

При капитальном ремонте шатунов в сборе с пальцами кривошипа, ходовых винтов с деталями на кривошипах при бесступенчатом изменении длины хода и механизированном перемещении противовесов, осуществляется замена шатунов, устранение смещения осей кривошипов, замена деталей защелки



поворотной головки балансира, пальцев поворотной головки, скоб опоры балансира, замена деталей тормоза, электродвигателя и изношенных шкивов, исправление ограждений, лестниц, заварка трещин в сварных швах, замена прокладок и уплотнений редуктора, исправление шпоночных пазов валов, зачистка зубьев у шестерен редуктора, замена зубчатых колес и другое. Капитальный ремонт СК выполняют специализированные ремонтные бригады агрегатным методом ремонта. При этом сборочную единицу, включающую негодные детали, заменяют новой или отремонтированной. Заменяемую сборочную единицу передают на ЦБПО для ремонта. При этом на ЦБПО должны быть оборотные сборочные единицы всех типоразмеров СК, находящихся в эксплуатации.

Для механизации ручного труда и обеспечения безопасных условий работы при ремонте СК в полевых условиях используют специализированный агрегат.

В процессе эксплуатации скважинных штанговых насосов изнашиваются рабочие поверхности плунжера, цилиндра и клапанов, что приводит к утечке продукции скважины и снижению подачи.

Основными причинами износа помимо сил трения является присутствие песка в откачиваемой жидкости,  $H_2S$ ,  $CO_2$ , минеральных солей, а также высокая обводненность. Песок в скважине нередко приводит к заклиниванию плунжера в цилиндре насоса. При этом чтобы не произошел обрыв штанг, приходится поднимать насос.

С целью повторного использования цилиндров, имеющих равномерный износ, для каждого диаметра насосов изготавливают плунжеры с несколько увеличенными диаметрами, что позволяет подбирать плунжер к насосу, бывшему в работе, с меньшим зазором и вновь пускать его в работу.

Насосы, подлежащие ремонту, поступают в ремонтных цех, где проводят их осмотр. Если в результате осмотра устанавливается, что для ремонта необходимо произвести только замену изношенных деталей (плунжера, клапанов, штока), то выполняется текущий ремонт насоса. Если в результате осмотра устанавливается, что для ремонта насоса необходимо применение специальных приспособлений, контрольно-измерительной аппаратуры и высокой квалификации рабочих (например, освобождение заклиненного плунжера или все работы, связанные с разборкой цилиндра насоса и т.д.), то выполняется капитальный ремонт насоса.

Проверку и ремонт скважинных невставных штанговых насосов, отработавших в скважине, осуществляют в следующей последовательности. Насос промывают и сушат, затем укладывают на козлы, закрепляют за верхнюю муфту цилиндра в трубном зажиме и проверяют поверхность кожуха и кривизну патрубка -удлинителя. Для извлечения узла плунжера из цилиндра на резьбу переводника плунжера навинчивают рым-штангу.

В насосах диаметром 28 и 32 мм рым-штангу навинчивают на переводник штока. Извлеченный плунжер протирают и устанавливают на пирамиду, предварительно положив на нее мягкую прокладку.

Закрепив чистую салфетку на шомпольной штанге, протирают ею цилиндр насоса. Прочищают щеткой резьбу верхней муфты цилиндра и седла конуса, проверяют их состояние и состояние внутренней поверхности цилиндра, износ и шероховатость поверхности. Если на резьбе концевых муфт имеются недопустимые дефекты, а износ поверхности цилиндра превышает указанный в нормативно-технической документации как допустимый, цилиндр отбраковывается.

Для проверки плунжера его закрепляют за среднюю часть в тисках с медными вкладышами и вывинчивают узлы верхнего и нижнего нагнетательных клапанов.

Сняв плунжер с тисков, протирают наружную и внутреннюю поверхности и проверяют наружную поверхность, прижимные торцы и резьбу плунжера. При наличии налета ржавчины плунжер промывают керосином, насухо вытирают и проверяют поверхность. Если поверхность плунжера значительно изношена или имеются глубокие риски, задиры, износ резьбы, то он не пригоден для работы. Подвергается проверке клапан, для чего отвинчивают клетку или корпус и извлекают шарик и седло. При прихвате седла его выбивают деревянным или медным стержнем. Детали промывают в керосине, протирают, проверяют их состояние, изношенные заменяют новыми. Шарик и седло меняют в комплекте. Герметичность клапанов проверяется вакуум-прибором или электрическим светом. Промытое в ванне седло конуса протирают и проверяют состояние резьбы и поверхности, а также герметичность уплотнения конуса в седле. Проверив состояние резьбы патрубка-удлинителя его свинчивают с седлом конуса, резьба которого смазывается свинцовым суриком или белилами. После этого собирают плунжер и насос.

Последовательность сборки насоса следующая. Узел всасывающего клапана, смазанного веретенным маслом, вставляют в цилиндр насоса и проталкивают деревянным стержнем до упора в седло конуса. Веретенное масло шприцем впрыскивают в полость цилиндра или же смазывают плунжер, вставляемый в цилиндр. Затем на переводник плунжера навинчивают рым штангу и перемещают плунжер несколько раз по всей длине цилиндра с вращением вправо. Перемещение плунжера должно быть плавным, без толчков и рывков. По окончании сборки отвинчивают рым-штангу, закрывают концы насоса пробками и укладывают на стеллажи. Для проверки и ремонта вставного насоса его закрепляют за верхний ниппель цилиндра в трубном зажиме. Ослабив контргайку, последовательно отвинчивают переводник и контргайку, а затем трубным ключом, устанавливаемым на проточке упорного ниппеля, вывинчивают узел замка из цилиндра, с помощью рым-штанги вытаскивают шток с плунжером из цилиндра и нагнетательного клапана.

Хранят насосы на стеллажах. Все детали насосов должны быть смазанными, а отверстия заглушены пробками. Помещения для хранения должны быть сухими и чистыми.

Насосы транспортируют уложенными на специальные деревянные подкладки с отдельными гнездами. При погрузочно-разгрузочных работах необходимо применять меры по предотвращению ударов и сотрясений.

### **8.5 Эксплуатация и ремонт установок скважинных центробежных электронасосов**

При хорошо выполненном монтаже скважинного агрегата и спуске его в скважину наблюдение за его работой заключается в следующем:

1. Не реже одного раза в неделю измеряют подачу насоса.
2. При спуске установки, а также еженедельно измеряют напряжение и силу тока электродвигателя.
3. При сопротивлении изоляции 50 кОм и ниже скважинный агрегат поднимают.
4. При отключении установки устройством контроля изоляции (УКИ) после предварительного замера мегомметром сопротивление изоляции системы «кабель-двигатель» погружной агрегат поднимают.
5. При отключении установки повторно пускают ее только после

измерения сопротивления изоляции системы «кабель-двигатель».

6. Периодически очищают аппаратуру станции управления от пыли и грязи, подтягивают ослабевшие и зачищают подгоревшие контакты, проверяют затяжку болтов на вводе и выводе и перемычках трансформатора или автотрансформатора (обесточенных).

7. Устраняют все другие неисправности аппаратуры согласно инструкции по эксплуатации.

При включении установки в работу после двух пусков необходимо проверять сопротивление изоляции системы «кабель-двигатель». Если невозможно устранить отказ установки, то необходимо поднять погружной агрегат.

В ЦБПО ремонтируют скважинный агрегат и кабель. Ремонт трансформатора и станции управления производится на электроремонтных предприятиях. Конструкция скважинного агрегата позволяет отдельно ремонтировать электродвигатель, насос, гидрозащиту. ЦБПО по ремонту скважинного агрегата обычно имеет следующие цеха: по ремонту насоса с участками разборки, мойки, дефектации двигателей, сборки и испытания; по ремонту гидрозащиты с участками разборки, мойки, заправки маслом и испытания; по ремонту электродвигателя с участками разборки, сборки, обмотки, сушки и испытания электродвигателя; по ремонту кабеля; литейный цех, механический и склад.

Технология ремонта и ТУ на ремонт должны предусматривать полное восстановление первоначальных заводских параметров скважинного агрегата.

Технология ремонта предусматривает следующие работы.

I. По насосу:

1) наружная очистка от грязи, эксплуатационной среды, парафина, солей;

2) разборка на специальном стеллаже с применением механического ключа для развинчивания корпуса и лебедки для извлечения пакета ступеней;

3) разборка пакета ступеней насоса и других сборочных единиц;

4) мойка деталей;

5) дефектация деталей и подшипников на годные, подлежащие ремонту и подлежащие списанию;

6) ремонт деталей, признанных подлежащими ремонту;

7) замена забракованных деталей на новые или отремонтированные;

8) сборка, смазка и регулировка насоса; при сборке пакет ступеней насоса, собранный на валу, должен свободно входить в корпус насоса; стяжку пакета ступеней осуществляют при помощи шарнирных ключей крутящим моментом 800-1000 Нм; в собранном насосе вал должен проворачиваться без заедания при приложении крутящего момента не более 8,5 Нм;

9) испытание насоса в соответствии с ТУ на стенде, с целью подтверждения соответствия нормативно-технической документации его характеристики; перед испытанием насос подвергают обкатке на номинальном режиме в течение 2 ч; проверяют характеристику насоса при номинальном, максимальном и минимальном значении подачи;

10) проверка крепления насоса и его герметичности, пайка и лужение швов;

11) установка упаковочных крышек.

II. По двигателю:

1) наружная очистка;

2) разборка на стеллаже; перед разборкой корпусных деталей необходимо удалить пайку стыков; ротор должен выниматься в сторону, противоположную выводным концам статора;

3) разборка ротора и отдельных сборочных единиц;

4) мойка и дефектация деталей ротора на годные, годные только при сопряжении с новыми, подлежащие ремонту и подлежащие списанию;

5) ремонт деталей ротора;

6) комплектование деталей ротора;

7) сборка ротора;

8) разборка статора;

9) мойка и дефектация деталей статора;

10) ремонт статора;

11) пропиточно-сушильный процесс;

12) сборка электродвигателя;

13) испытание электродвигателя;

14) пайка стыков электродвигателя.

Все уплотнения и прокладки подлежат замене. Детали и сборочные единицы перед сборкой должны быть промыты и просушены. Момент проворачивания вала на вертикально подвешенном двигателе при температуре окружающей среды  $20 \pm 5$  °С и практически холодном двигателе не должен превышать 0,1 Нм.

Перед испытаниями производят обкатку двигателя в режиме холостого хода в течение 1 ч. Во время испытания двигателя замеряют соответствующие параметры, перечень и значения которых определены в нормативно-технической документации на электродвигатель.

III. По гидрозащите:

- 1)очистка наружная;
- 2)разборка протектора и компенсатора на стенде;
- 3)мойка и дефектация деталей;
- 4)сборка и испытания протектора и компенсатора;
- 5)пайка стыков протектора и компенсатора.

Перед разборкой проверяют вращение вала протектора. Затем производят частичную разборку протектора, заканчивающуюся снятием его корпуса. Проверяют герметичность торцовых уплотнений и резиновой диафрагмы. Если торцовое уплотнение и резиновая диафрагма герметичны, то протектор годен для дальнейшей работы. В противном случае необходима полная разборка протектора. Перед разборкой компенсатора его подвергают гидравлическому испытанию для проверки герметичности. Для этого его устанавливают вертикально и закачивают через клапан насосом масло в полость компенсатора. После заполнения полости компенсатора клапан закрывают. Проводят испытание компенсатора давлением 0,3 МПа с выдержкой не менее 10 мин. Если полость компенсатора герметична, то компенсатор считают пригодным для дальнейшей работы. Падение давления указывает на неисправности клапана или диафрагмы. В этом случае необходимо заменить клапан и диафрагму на новые.

Ремонт насоса, двигателя и гидрозащиты должен завершаться испытанием их в сборе на стенде.

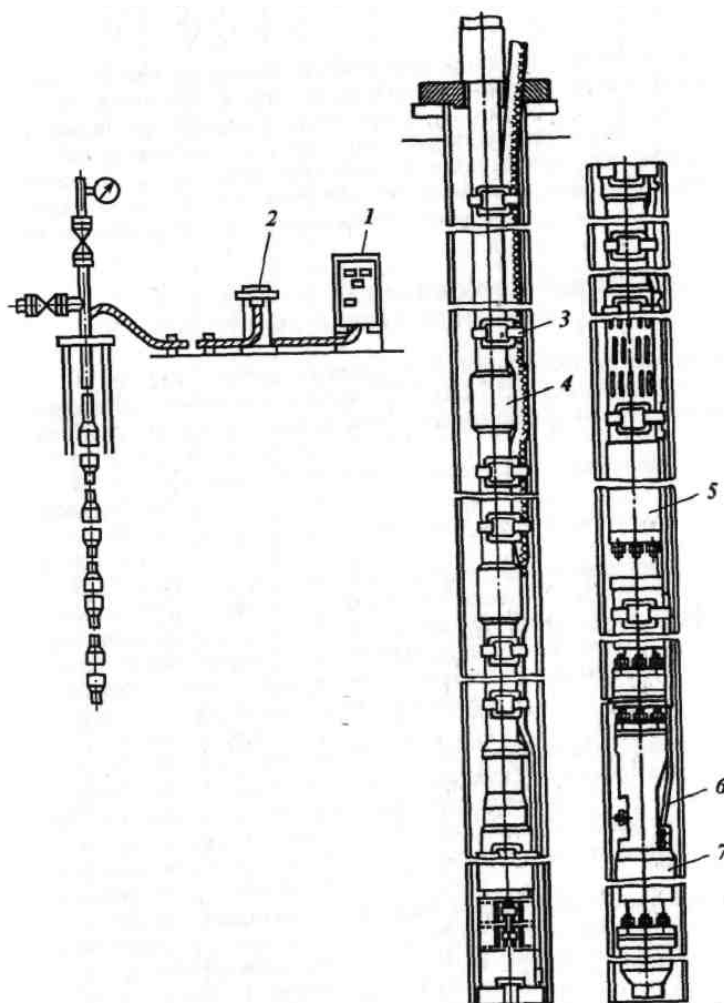
## **8.6 Эксплуатация и ремонт винтовых электронасосов**

Перед доставкой винтового электронасоса (ЭВН) на скважину необходимо тщательно проверить все оборудование в соответствии с инструкцией на эксплуатацию.

Подготовка скважины к эксплуатации, монтаж установки скважинного винтового электронасоса (УЭВН) и спуск агрегата в скважину, настройка и регулировка пусковой электроаппаратуры, а также подготовка к пуску установки проводятся также как и при монтаже установки скважинного центробежного электронасоса.

Монтаж заканчивают установкой оборудования на устье скважины, которое обеспечивает подключение трубопровода для отбора газа из межтрубного (кольцевого) пространства; установкой на выкидном трубопроводе манометра, обратного клапана и задвижки, которая должна стоять по ходу жидкости перед обратным клапаном. Перед пуском установки необходимо открыть задвижку. Эксплуатация насоса при закрытой задвижке недопустима, так как это неизбежно приведет к аварии.

В процессе эксплуатации УЭВН (рис.8.10):



*Рис. 8.10* Установка скважинного винтового сдвоенного электронасоса:  
 1 - станция управления; 2 - трансформатор; 3 - хомуты; 4 - насосно-компрессорные трубы; 5 - насос; 6 - кабельная линия; 7 - электродвигатель с гидрозащитой

ведут наблюдение за работой насосного агрегата;

не реже одного раза в месяц замеряют подачу насоса, содержание попутной воды, температуру откачиваемой жидкости, динамический уровень, буферное давление;

не реже одного раза в неделю замеряют напряжение и силу тока электродвигателя;

при снижении сопротивления изоляции ниже 0,05 МОм из скважины поднимают электродвигатель;

при отключении установки устройством контроля изоляции, после предварительного замера сопротивления изоляции системы кабель - двигатель, скважинный агрегат поднимают из скважины;

при отключении установки повторный запуск проводят после замера сопротивления изоляции системы кабель - двигатель;

периодически очищают аппаратуру от пыли и грязи, подтягивают ослабевшие и зачищают подгоревшие контакты, проверяют затяжку болтов на входе и выходе и переключках трансформатора (обесточенных);

устраняют все неисправности аппаратуры согласно инструкции по эксплуатации.

Данные о работе установки заносят в эксплуатационный паспорт.

Все работы по ремонту УЭВН выполняет специализированная ремонтная бригада БПО (ЦБПО). Также ремонт может осуществляться сервисными организациями, имеющими соответствующую лицензию.

Технология ремонта винтового насоса предусматривает следующие работы.

1. Наружная очистка от грязи, эксплуатационной среды, парафина, солей.

2. Разборка на специальном верстаке, оборудованном струбцинами. При разборке насосов необходимо помнить, что все вращающиеся детали (винты, валы, эксцентриковые муфты) имеют левые резьбы, а корпусные детали и обоймы - правые. Разборка сначала ведется на сборочные единицы, а затем производится разборка сборочных единиц.

3. Мойка деталей.

4. Дефектация деталей на годные, подлежащие ремонту и подлежащие списанию. Детали признаются негодными для дальнейшего использования при следующих дефектах: на резиновых обоймах имеются раковины, газовые пузырьки и другие



недопустимые дефекты, оговоренные в нормативно-технической документации; на винтах имеются смятия пазов, сколы хрома на рабочих поверхностях, трещины или отклонения от первоначальной формы; на эксцентриковых муфтах имеются смятые или сломанные ролики, трещины и смятые пазы под ролики; на ведущей полумуфте имеются трещины, вмятины и износ, сломана пружина; износ подшипников скольжения в опоре превышает 0,25-0,3 мм, а на пятах из силицированного графита имеются сколы, трещины или другие дефекты или их износ превышает 1 мм.

5. Ремонт деталей, восстановление поверхностей которых возможно в цехах БПО (ЦБПО). Отремонтированные детали должны соответствовать требованиям нормативно-технической документации.

6. Комплектация деталей для сборки насоса.

7. Сборка насоса. Перед сборкой все детали должны быть смазаны консервационной смазкой. Сначала собирают основные сборочные единицы, затем собирают насос в целом. При сборке рабочих органов (винтов) необходимо произвести их балансировку в насосе. Балансировка достигается путем смещения при сборке осей правого и левого винтов в диаметрально противоположные стороны от оси насоса. Балансировка производится с помощью специальной скобы, поставляемой вместе с насосом.

8. Испытание насоса. Цель испытаний - проверить соответствие паспортных данных фактическим. Испытания следует проводить на трансформаторном масле с температурой 25-30 °С и вязкостью  $10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с. При этом насосы обычного исполнения должны иметь параметры, соответствующие номинальным, а насосы, предназначенные для работы в условиях повышенной температуры или вязкости, должны иметь показатели на 25-30 % меньше номинальных. Во время испытаний насосы обкатываются на стенде под нагрузкой в течение 20-30 мин. Снижение подачи после восстановления допускается до 12 %.

9. Проверка креплений насоса и их герметичности, пайка и лужение швов.

10. Установка упаковочных крышек.

Ремонт электродвигателя и гидрозащиты выполняется аналогично ремонту электродвигателя и гидрозащиты скважинных центробежных электронасосов.

## 8.7 Эксплуатация насосных агрегатов и трубопроводов для закачки воды в пласт

Насосные агрегаты - основная часть блочных кустовых насосных станций (рис.8.11). При получении центробежного насосного агрегата типа ЦНС (рис. 8.12) проверяют наличие технической документации, сохранность пломб и заглушек на всасывающем и напорном патрубке и комплектность поставки. Если на патрубках имеются пломбы, то возможна только выборочная проверка.

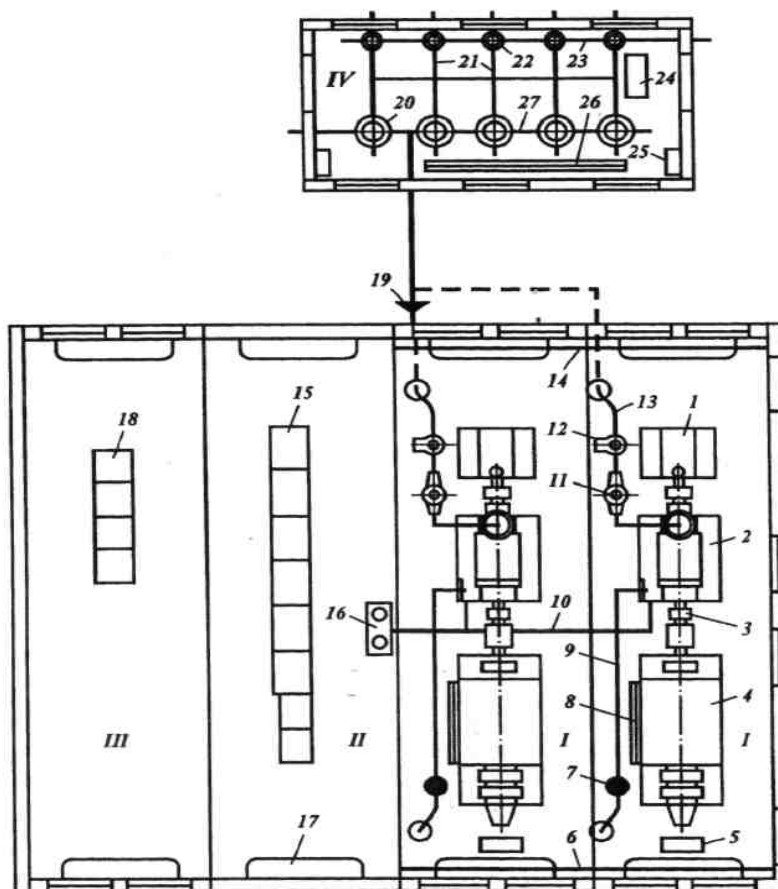


Рис.8.11 План БКНС: I - насосные блоки; II - блок низковольтной аппаратуры; III - блок управления; IV - блок гребенки; 1 - бак маслосистемы; 2 - центробежный насос; 3 - муфта зубчатая; 4 - электродвигатель; 5 - пост местного управления; 6 - приемный коллектор; 7 - задвижка; 8 - колонка манометра; 9 - всасывающий трубопровод; 10 - трубопровод дренажных вод; 11 - задвижка с электроприводом; 12 - обратный клапан; 13 - напорный трубопровод; 14 - трубопровод отвода воды; 15 - щиты станции управления; 16 - бак дренажных вод; 17, 25 - печи отопления ПЭТ-2; 18 - щиты общестанционные; 19 - переход; 20, 22 - регулирующие вентили; 21 - напорные трубопроводы; 23 - коллектор для сброса; 24 - шкаф управления; 26 - шкаф дифманометров; 27 - напорный коллектор

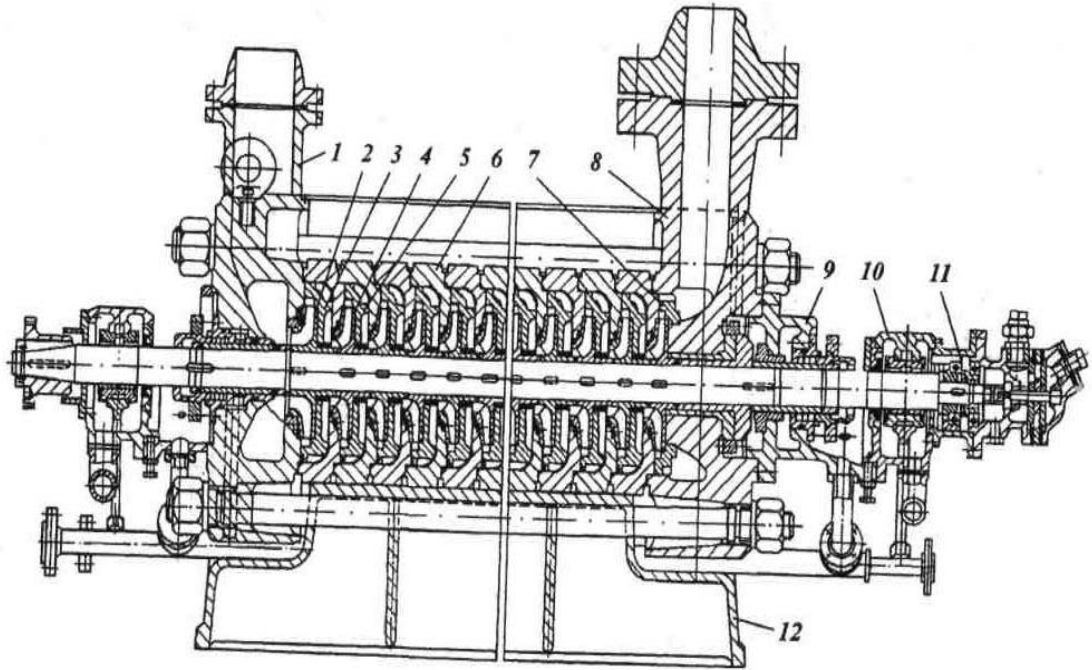


Рис.8.12. Центробежный насос ЦНС 180-1900: 1 - крышка всасывания; 2 - рабочее колесо первой ступени; 3 - направляющий аппарат первой ступени; 4 - рабочее колесо промежуточной ступени; 5 - направляющий аппарат промежуточной ступени; 6 - секция; 7 - направляющий аппарат последней ступени; 8 - крышка напорная; 9 - концевое уплотнение; 10 - подшипник скольжения; 11 - отжимное устройство; 12 - плита

Перед монтажом производится расконсервация насоса. При этом с поверхностей насоса удаляют избыток консервационной смазки и протирают их ветошью, смоченной в бензине или уайт-спирите. Проверяются подшипники и гидропятна насоса прилеганием по краске. Для взаимозаменяемости и облегчения монтажа насосы унифицированы по присоединительным размерам.

Насос с электродвигателем монтируется на раме, с помощью которой двигатель или насос выкатывают из блока на площадку для ремонта или замены.

Перед пуском насосного агрегата необходимо проверить исправность КИП, запорно-регулирующих устройств, маслоохладительной установки. Подготавливают к пуску электродвигатель согласно действующей инструкции и проверяют давление на входном патрубке трубопровода. Запускают пусковой кнопкой в первую очередь электромаслонасос. При достижении в конце масляной магистрали давления 0,1 МПа запускают насосный агрегат, прослушивают его нормальную работу и проверяют

показания приборов. После пуска насоса задвижкой на напорном трубопроводе устанавливают рабочий режим.

Техническое обслуживание насоса предусматривает выполнение следующих работ: проверку подшипников (при необходимости их замену или перезаливку), очистку и промывку картеров, смену масла, промывку масляных трубопроводов; ревизию, а при необходимости замену сальников, проверку муфты и уплотнений крышек подшипников, проверку центровки агрегата и надежность его крепления на фундаменте.

Капитальный ремонт насосного агрегата включает полный объем предыдущих ремонтов, тщательную ревизию всех узлов и деталей, замену или ремонт по результатам контроля рабочих колес, валов, уплотняющих колец корпуса, нажимных втулок сальника; снятие корпуса насоса с фундамента, наплавку и расточку посадочных мест корпуса, замену отдельных секций, гидравлическое испытание насоса при избыточном давлении, превышающем рабочее на 0,5 МПа.

Разбирают насос и собирают его специальным инструментом, поставляемым с насосным агрегатом. После снятия полумуфты, с применением съемника, подают ротор в сторону всасывания до упора разгрузочного диска во втулку пяты и помечают на валу положение стрелки указателя осевого сдвига. Только после этого разбирают подшипники и вынимают вкладыши.

Разгрузочный диск также демонтируют с вала специальным съемником.

Рабочие колеса следует снимать с вала, не допуская заедания, поочередно секциями, которые выводятся из заточки при помощи специальных отжимных винтов. При разборке ротора и секций нужно проверить наличие клейма, показывающего последовательность деталей, менять детали местами категорически воспрещается. Перед разборкой деталей необходимо зафиксировать их взаимное расположение путем нанесения специальных меток. Уплотнительные кольца из резины, меди, паронита и картона, бывшие в употреблении, использованию не подлежат.

При разборке узлов и деталей следует контролировать состояние посадочных мест и уплотняющих торцов.

При замене разрушенных деталей запчастями проверяют соответствие вновь устанавливаемых деталей чертежу и при необходимости проводят подгонку по месту. При изготовлении

запасных деталей не допускается замена материалов и ослабление требований, предъявляемых чертежами завода-изготовителя. Отремонтированные рабочие колеса подвергаются статической балансировке.

Рабочие колеса и секции собирают на валу, проверяя осевой зазор в каждой ступени. Суммарный осевой разбег ротора должен быть в пределах 6-8 мм. Разгрузочное устройство должно быть собрано таким образом, чтобы после установки диска осевой разбег ротора составил половину замеренного до его установки.

Это может быть достигнуто либо установкой металлических прокладок толщиной 0,3 мм под пяту, либо подрезкой торца разгрузочного диска. Суммарную толщину прокладок, или величину подрезки торца, определяют замерами после пробной установки напорной крышки с пятой и установки разгрузочного диска на вал. С тем, чтобы обеспечить перпендикулярность торца пяты, винты нажимного фланца смазывают антифрикционной смазкой, а затем равномерно затягивают, применяя динамометрические ключи. Момент затяжки обычно оговаривает завод-изготовитель. Неперпендикулярность торца разгрузочного диска при его обработке не должна превышать 0,02 мм.

Прилегание торца разгрузочного диска к пяте проверяют по краске. Пятно касания должно быть равномерным по окружности и занимать не менее 70 % опорной площади. Вновь устанавливаемый разгрузочный диск должен быть статически отбалансирован. Если на роторе насоса меняют только диск, чтобы не проводить динамическую балансировку всего ротора, а также при отсутствии оборудования для динамической балансировки, вновь устанавливаемый разгрузочный диск статически балансируют с заменяемым. Для этого необходимо изготовить оправку, на которую установить симметрично заменяемый и новый разгрузочный диски. При этом шпонки дисков должны располагаться под углом  $180^\circ$  друг к другу. Очевидно, дисбаланс при статической балансировке следует снимать с вновь установленного диска.

Сборка деталей из нержавеющей стали (рабочие колеса, направляющие аппараты, защитные рубашки) требуют соблюдения высокой чистоты во избежание заедания деталей при посадках. Менять детали местами запрещается.

Если при замене деталей насоса или перезаливке вкладышей оказалась нарушенной центровка ротора относительно статора, то

необходимо произвести перецентровку корпусов подшипников. Эту операцию осуществляют при снятых верхних половинах вкладышей регулировочными винтами, при этом гайки, крепящие корпуса подшипников к концевому уплотнению и входной крышке, следует ослабить так, чтобы 0,03-мм щуп между сопрягаемыми торцами не проходил. При смещении подшипников не допускать изгибы ротора излишним натягом регулировочных винтов. После центровки необходимо заштифтовать корпуса подшипников. Качество центровки проверяют проворачиванием ротора от руки. Без сальниковой набивки он должен легко проворачиваться.

Кольца мягкой набивки сальников следует устанавливать таким образом, чтобы разрезы были смещены на  $90^\circ$  по отношению друг к другу. Первый пуск насоса рекомендуется производить с ослабленной нажимной втулкой, а ее подтяжку осуществлять после достижения полного числа оборотов, доведя утечку до нормы. После каждого поворота гаек на  $1/6$  оборота необходима обкатка сальника продолжительностью 1-2 мин. При быстром подтягивании сжимаются только наружные кольца и не происходит равномерного распределения усилия затяжки вдоль сальника. После полной сборки насоса следует подать ротор в сторону всасывания до упора разгрузочного диска в пяту и установить указатель осевого положения ротора. Положение ротора должно быть такое же, как перед разборкой, если не заменялись детали гидропята. При замене деталей гидропята необходимо установить указатель против средней риски на валу насоса.

При неправильной регулировке осевого зазора или из-за износа пяты центробежные колеса смещаются в сторону всасывания и их передние диски начинают тереться о направляющие аппараты и выходят из строя.

Заключительные операции сборки - посадка на вал полумуфты, центрирование насоса с двигателем и окончательное закрепление насоса на раме. При центровке насоса и электродвигателя зазоры проверяются щупом или индикатором при установке ротора в четыре положения по двум взаимно перпендикулярным диаметрам. Присоединение к трубопроводам не должно вызвать перенапряжений в корпусе насоса.

Обкатывают агрегат до тех пор, пока не установится температура подшипников. При обкатке регулируют диаметрами дроссельных шайб расход масла на подшипники агрегата при условии

разности температуры тела вкладыша и подводимого масла не выше 10 °С.

После обкатки насос испытывают на стенде с целью получения его характеристики при постоянной частоте вращения. Испытания обычно проводят на воде. Характеристика позволяет оценить качество ремонта насоса.

Ремонтные работы на водоводах могут быть разделены на аварийно-ремонтные и плановый капитальный ремонт. Аварийно-ремонтные работы выполняются при обнаружении неплотностей в трубопроводе из-за разрыва, коррозии тела трубы выхода из строя задвижек, дренажных колодцев и др. Эти работы проводят в период вынужденных кратковременных остановок трубопроводов или не прекращая перекачки воды. Неплотности устраняют установкой аварийных хомутов, сваркой накладок, подчеканкой мелких пропусков, установкой неметаллических бандажных муфт и др.

Капитальный плановый ремонт проводят, когда в трубопроводах отмечено значительное число разрывов сварных стыков, коррозионные повреждения на значительной длине или разрушение трубопроводов по телу трубы. При капитальном ремонте зачастую приходится заменять отдельные участки трубопровода.

Нарушение герметичности трубопровода обнаруживается по пониженному давлению на манометре насоса при неизменном режиме работы перекачивающих агрегатов или по выходу воды на поверхность.

Для снижения числа аварий большое значение имеет своевременный уход за линейными сооружениями трубопровода - дюкерами, колодцами линейных задвижек, переходами через дороги, овраги и т.д.

Большое значение для сохранности трубопровода имеет защита трубопровода от почвенной коррозии. Методы электрозащиты выбираются на основании данных электрометрических измерений, осмотра поверхности труб в шурфах, а также специальных исследований. Трубы, поврежденные коррозией, ремонтируют заваркой дефектов электродуговой сваркой или наваркой накладок.

Для выполнения ремонтных работ на водопроводных линиях используют специальные агрегаты.

## Список литературы

1. Абдуматов Ю.Г., Велиев Т.К., Джафаров Ш.Т. Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования фонтанных и нагнетательных скважин. -М.: Недра, 1989. - 246 с.
- 2.Авербух Б.А., Калашников В.Н., Кершенбаум Я.М., Протасов В.Н. Ремонт и монтаж бурового и нефтегазопромыслового оборудования. - М: Недра, 1976. -368 с.
- 3.Бабаев С.Г. Надежность нефтепромыслового оборудования. - М: Недра, 1997. - 264 с.
- 5.Бухаленко Е.И., Абдуллаев Ю.Г. Монтаж, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования. - М.: Недра, 1985. - 391 с.
- 6.Гусев А.С., Карунин АЛ., Крамской НА., Стародубцева С.А. Надежность механических систем и конструкций при случайных воздействиях. - М.: МГТУ «НАМИ», 2000. - 284 с.
- 7.Зайцев Ю.В., Максудов РА., Чубанов О.В. и др. Справочное пособие по газлифтному способу эксплуатации скважин. - М.: Недра, 1984. - 360 с.
- 8.Курчаткин В.В., Тельников Н.Ф., Ачкасов К.А. и др. Надежность и ремонт машин. - М.: Колос, 2000. - 776 с.
- 11.Протасов В.Н. Полимерные покрытия нефтепромыслового оборудования: Справочное пособие. - М.: Недра, 1994. - 219 с.
- 12.Протасов В.Н., Б.З. Султанов, С.В. Кривенков. Эксплуатация оборудования для бурения скважин и нефтегазодобычи. – М.: Недра, 2004. – 686 с.



## Содержание

Введение	3
Тема 1 Общие положения по эксплуатации оборудования	4
1.1 Служба эксплуатации оборудования и эксплуатационно-ремонтная база	6
1.2 Эксплуатационная документация	9
Тема 2 Причины отказов оборудования при эксплуатации	13
2.1 Показатели надежности оборудования	13
2.2 Причины отказов оборудования при эксплуатации	19
Тема 3 Организация технического обслуживания, ремонта, хранения и списания оборудования	30
3.1 Система технического обслуживания и ремонта оборудования. Виды ТО и ремонта оборудования	30
3.2 Диагностика технического состояния оборудования. Методы и средства технической диагностики	36
Тема 4 Технологические основы ремонта оборудования	45
4.1 Структура производственного процесса ремонта оборудования	45
4.2 Подготовительные работы для сдачи оборудования в ремонт	48
4.3 Моечно-очистные работы	48
4.4 Разборка оборудования	52
4.5 Контрольно-сортировочные работы	56
4.6 Сборка оборудования	58
4.7 Приработка и испытание агрегатов и машин	60
4.8 Окраска оборудования	65
Тема 5 Способы восстановления сопряжений и поверхностей деталей оборудования	68
5.1 Классификация способов восстановления сопряжений	68
5.2 Классификация способов восстановления поверхностей деталей	72
5.3 Выбор рационального способа восстановления поверхностей деталей	75
Тема 6 Технологические методы, применяемые для восстановления поверхностей и неразъемных соединений ремонтируемых деталей	76
6.1 Восстановление поверхностей наплавкой	76
6.2 Восстановление поверхностей металлизацией	85

6.3 Восстановление поверхностей гальваническим наращиванием	92
6.4 Восстановление поверхностей деталей пластическим деформированием	101
6.5 Восстановление поверхностей полимерным покрытием	104
6.6 Восстановление поверхностей механической обработкой	106
6.7 Соединение деталей и их отдельных частей методами сварки, пайки и склеивания	108
Тема 7 Типовые технологические процессы ремонта деталей	118
7.1 Ремонт деталей типа валов	118
7.2 Ремонт деталей типа втулок	122
7.3 Ремонт деталей типа дисков(зубчатых колес, цепных колес)	123
7.4 Ремонт корпусных деталей (станины и стола ротора, корпуса вертлюга, клапанных коробок буровых насосов, корпусов задвижек фонтанной и трубопроводной арматуры, корпуса турбобура)	127
Тема 8 Ремонт и эксплуатация оборудования для нефтегазодобычи	135
8.1 Эксплуатация колонны насосно-компрессорных труб	135
8.2 Эксплуатация и ремонт фонтанной арматуры	144
8.3 Эксплуатация и ремонт скважинных газлифтных установок	148
8.4 Эксплуатация и ремонт скважинных штанговых насосных установок	156
8.5 Эксплуатация и ремонт установок скважинных центробежных электронасосов	163
8.6 Эксплуатация и ремонт винтовых электронасосов	166
8.7 Эксплуатация насосных агрегатов и трубопроводов для закачки воды в пласт	170
Список литературы	176

**Козырева Светлана Владимировна**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ  
НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

**ПОСОБИЕ**

**по одноименному курсу для слушателей  
специальности 1-51 02 71 «Разработка и эксплуатация  
нефтяных и газовых месторождений»  
заочной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку  
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного  
учебно-методического документа 17.07.17.

Пер. № 100Е.  
<http://www.gstu.by>