

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ

Факультет нефти и газа

Кафедра «МОНП»

Т. Ризаев

Ремонт и монтаж нефтегазопромыслового оборудования  
для бакалавров высших учебных заведений по направлению «Технологические  
машины и оборудование»

Конспект лекций

Ташкент 2000 г.

Ремонт и монтаж нефтегазопромыслового оборудования  
/конспект лекций/ Т. Ризаев, Ташкент 2000 г. 125 стр.

Конспект лекций предназначается для студентов обучающихся по направлению В 520800 «Технологические машины и оборудование» специализации В 520806 «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов», и «Машины и оборудования нефтегазовых промыслов» квалификационная степень – бакалавр.

Дисциплина «Ремонт и монтаж нефтегазопромыслового оборудования» относится к числу специальных дисциплин и является завершающей из числа фундаментальных и специальных курсов в подготовке бакалавра технических наук для работы в нефтегазопромысловых и нефтеперерабатывающих отраслях народного хозяйства. Цель предлагаемого издания – помочь студентам освоить необходимое знание по техническому обслуживанию ремонта и монтажа основных машин оборудования нефтегазопромыслов и нефтеперерабатывающих заводов.

Кафедра «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов»

**Научный редактор:**

зав. каф. «МОНП»  
к.т.н. доц. Агзамов Ш.К.

**Рецензенты:**

к.т.н. доц. Махмудов Н.  
д.т.н. проф. Агзамов А.

## Лекция № 1

# ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

## 1.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

Надежность — свойство изделий, характеризующее их работу во времени, т. е. оно учитывает изменения основных характеристик изделий, происходящие в процессе эксплуатации.

Основой надежности изделия является его качество — совокупность свойств, определяющих степень пригодности изделия для практического применения в соответствии с его назначением.

В совокупность свойств, определяющих качество изделия, входят параметры, характеризующие изделие с различных точек зрения.

Различают основные параметры — количественные показатели, характеризующие свойства изделия, наиболее важные для его функционирования (например, мощность, производительность, скорость, давление, грузоподъемность), и второстепенные параметры — качественные показатели, характеризующие удобство работы, внешний вид и др.

"Изучением закономерностей изменений свойств изделий, происходящих в процессе их эксплуатации, занимается теория надежности.

С точки зрения удобства оценки свойства, определяющие качество промышленных изделий, можно разделить на две группы:

1) так называемые «мгновенные свойства, которые могут быть оценены за короткий промежуток времени при контрольных проверках изделий на заводе-изготовителе или в самом начале эксплуатации (мощность, производительность, внешний вид и пр.);

2) свойства, требующие длительного наблюдения за работой изделия во время эксплуатации или при специальных испытаниях на надежность.

Основные термины в области надежности в технике регламентируются ГОСТ 13377-67. Д

## ОБЪЕКТЫ

Изделие — наиболее общее понятие об объектах. К изделиям относятся машины, механизмы, агрегаты, их элементы, которые являются предметом исследования или расчета надежности.

Неремонтируемыми называются такие изделия, которые в случае возникновения отказа не подлежат или не поддаются ремонту. Например, большинство видов инструмента, в том числе породоразрушающий инструмент, также целесообразно рассматривать как неремонтируемые изделия.

Ремонтируемыми называются такие изделия, которые можно ремонтировать в случае возникновения отказа.

## СОСТОЯНИЯ И СОБЫТИЯ

Работоспособность — состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Неиспривность — состояние изделия, при котором оно не соответствует хотя бы одному из требований технической документации.

Отказ — событие, заключающееся в нарушении работоспособности. Отказы можно классифицировать по различным признакам (табл. 1.1).

Как видно из табл. 1.1, по причинам возникновения отказы подразделяются на две группы: 1) отказы, не связанные с разрушением элементов системы и 2) отказы, обусловленные разрушением элементов.

Основные виды отказов можно характеризовать следующим образом:

конструкционный — отказ, вызванный недостатком конструкции;

технологический — отказ, возникающий в результате отклонения от принятого технологического процесса изготовления изделия или в результате несовершенства этого процесса;

эксплуатационный — отказ, возникающий в результате нарушения установленных правил эксплуатации или ремонта;

внезапный — отказ, сопровождающийся скачкообразным изменением одного или нескольких основных параметров изделия;

непрогнозируемый — отказ, который заранее нельзя предвидеть

прогнозируемый — отказ, который можно заранее предвидеть, например, по количеству проработанных изделий часов или по изменению одного или нескольких параметров изделия.

Под потоком отказов понимается последовательность отказов, происходящих одним за другим в случайные моменты времени.

## Классификация отказов

Таблица 1.1

Классификация отказов	
Классификационный признак	Вид отказа
Условия возникновения	Возникший в нормальных и ненормальных условиях
Причины возникновения	Не связанный и связанный с разрушением
Происхождение	Конструкционный, технологический и эксплуатационный
Характер проявления	Внезапный, постепенный, явный, скрытый, полный и частичный
Взаимосвязь отказов	Независимый и зависимый
Последствия	Опасный, безопасный, тяжелый и легкий
Сложность устранения	Простой и сложный
Возможность прогнозирования	Не прогнозируемый, прогнозируемый, по параболке или по параметру

## СВОЙСТВА

**Надежность** — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемое промежутка времени или требуемой наработки.

**Безотказность** — свойство изделия сохранять работоспособность в течении некоторой наработки без вынужденных перерывов.

**Ремонтопригодность** — свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

**Сохраняемость** — свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирование установленного в технической документации.

**Долговечность** — свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Предельное — это такое состояние изделия, при достижении которого дальнейшая эксплуатация становится экономически нецелесообразной или опасной.

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

Основные закономерности, характеризующие надежность машин и механизмов, устанавливаются на основе статических данных с применением законов теории вероятностей и математической статистики.

Теория вероятностей — это наука о массовых случайных событиях. Теория вероятностей изучает свойства массовых случайных событий с использованием математических методов. Основными исходными категориями теории вероятностей служат случайные явления и события.

Случайным событием называется качественный результат опытов, который может произойти или не произойти (отказ, безотказная работа).

**Коэффициент технического использования** — отношение наработки изделия в единицах времени за некоторый период эксплуатации к сумме этой наработки и времени всех простоев, вызванных техническим обслуживанием и ремонтами за тот же период эксплуатации

$$K_{\text{ти}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^*}{\sum_{i=1}^n t_i^* + \sum_{i=1}^n \tau_{\text{пр}j}} = \frac{t_{\text{ср}}^*}{t_{\text{ср}}^* + t_{\text{ср}}^* + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k \tau_{\text{пр}j}}$$

где  $\tau_{\text{пр}j}$  — время, затраченное на  $j$ -й ремонт;  $k$  — количество технических обслуживаний и ремонтов изделий в течение рассматриваемого периода эксплуатации.

**Гамма-процентный ресурс  $R_{\gamma}$**  — ресурс, который имеет и превышает в среднем обусловленное число ( $\gamma$ ) процентов изделий данного типа.

**Срок службы** — календарная продолжительность эксплуатации изделия до момента возникновения предельного состояния, оговоренного в технической документации, или до списания изделия.

Различают срок службы до первого капитального (среднего) ремонта, срок службы до первого капитального ремонта, срок службы до списания, средний

срок службы и др.

**Удельная трудоемкость ремонтов** — отношение средней трудоёмкости ремонтов к средней наработке изделия за один и тот же период эксплуатации

$$U_p = \frac{U_{cp}}{t_{cp}} \quad (1.1)$$

где  $U_{cp}$  — средняя трудоемкость ремонтов.

**Коэффициент восстановления параметра** — отношение значения параметра изделия после ремонта (или после устранения отказа) к номинальному значению этого параметра

$$K_{в.п} = \frac{П_k}{П_n} \quad (1.2)$$

где  $П_k$  — обобщенный параметр изделия после ремонта или устранения отказа;  $П_n$  — обобщенный параметр нового изделия.

Количественные показатели надежности бурового и нефтегазопромыслового оборудования следует включать в технические задания на проектирование, технические условия на изготовление, свидетельства на право серийного производства, карты технического уровня и технические паспорта изделий.

В табл. 1.2 приведены количественные показатели надежности бурового и нефтегазопромыслового оборудования.

Таблица 1.2

Количественные показатели надежности			
Свойства	Количественные показатели надежности	Исправляемые изделия	Ремонтируемые изделия
Безотказность	Вероятность безотказной работы	+	+
	Интенсивность отказов	+	—
	Средняя наработка до первого отказа	+	—
	Гарантийная наработка	+	+
	Нарботка на отказ	—	+
	Параметр потока отказов	—	+
	Коэффициент готовности технического использования	—	+
Долговечность	Ресурс	—	+
	Гамма-процентный ресурс	—	+
	Срок службы	—	+
Ремонтопригодность	Среднее время восстановления	—	+
	Удельная трудоемкость: ремонт	—	+
	устранения отказов	—	+
	Коэффициент: готовности	—	+
	стоимости эксплуатации	—	+
	восстановления ресурса	—	+
	восстановления параметра	—	+

Примечание. Знак «плюс» (+) означает, что данный показатель рекомендуется для оценки свойств изделий, а знак «минус» (—) — не рекомендуется для оценки свойств изделий.

Достаточно полно надежность бурового и нефтегазопромыслового оборудования характеризуется комплексом из четырех — пяти показателей, определяющих безотказность, долговечность и ремонтпригодность.

Надежность ремонтируемых изделий обуславливается их безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью, а надежность неремонтируемых изделий — характеризуется в основном их безотказностью

## 1.2. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Все работы по оценке надежности состоят из четырех основных этапов:

- 1) накопление статистической информации об отказах оборудования;
- 2) систематизация, анализ и обобщение полученных статистических данных
- 3) выбор и обоснование количественных показателей для оценки надежности оборудования;
- 4) математическая обработка полученных эмпирических данных для определения закономерностей отказов анализируемого оборудования.

Статистическая информация об отказах оборудования может быть получена из двух источников:

- 1) наблюдение за оборудованием в реальных условиях эксплуатации;
- 2) наблюдение за оборудованием во время специальных испытаний, имитирующих (или моделирующих) условия эксплуатации.

Для получения необходимых сведений об отказах и работоспособности оборудования в реальных условиях эксплуатации имеются специальные журналы наблюдений и учета неисправностей (которые заполняются персоналом, обслуживающим оборудование) или организуется опытная эксплуатация, во время которой исследуемое оборудование находится под наблюдением и все данные об отказах и неисправностях регистрируются в специально разработанных журналах.

Помимо журналов источником статистической информации об отказах оборудования служат также суточные рапорты, опросные листки, технические формуляры и др.

Собранная первичная статистическая информация об отказах оборудования подвергается систематизации, анализу, обобщению и предварительной обработке. Эти работы обычно весьма трудоемки и связаны с большой затратой времени.

Показатели надежности бурового и нефтегазопромыслового оборудования представляют собой числовые характеристики, определяемые различными методами из функций распределения вероятностей случайных величин, характеризующих надежность (время безотказной работы, количество отказов, время восстановления параметра и др.). Поэтому задачей математической обработки статистических данных об отказе оборудования фактически является получение функций распределения случайных величин. Зная функцию распределения случайных величин и пользуясь методами математической статистики, можно количественно оценивать показатели надежности.

Простейшая форма задания ряда распределения — таблица, в которой должны быть перечислены возможные значения случайной величины и соответствующие им количества элементов совокупности (частоты) или вероятности (частости).

Ряды распределения часто удобнее представлять интервальными. В этом случае весь диапазон исследуемой величины разбивают на интервалы (разряды) и подсчитывают количество элементов совокупности  $\Delta n_i$ , приходящееся на каждый интервал. Для этого выписывают наименьшее и наибольшее значения исследуемой случайной величины (т. е. первый и последний члены ряда распределения) и определяют зону рассеивания, которая равна разности между этими членами.

Количество интервалов (разрядов), на которые делится найденная зона рассеивания, рекомендуется выбирать в пределах от 8 до 12.

По данным таблиц строят эмпирические функции плотностей вероятностей в виде гистограмм или полигонов распределения.

Гистограммы строят для непрерывных случайных величин. По оси абсцисс в выбранном масштабе откладывают интервалы, по оси ординат — величины, пропорционально частотам (или частотам), — высоты прямоугольников. Условно считают, что в каждом интервале случайная величина распределена равномерно.

Полигоны строят для дискретных случайных величин. По оси абсцисс откладывают возможные значения случайной величины, по оси ординат — величины, пропорциональные частотам (или частотам). Полагают, что все значения случайной величины, попавшие в один и тот же интервал, равны по величине середине этого интервала.

По результатам группировки исходных статистических данных легко вычислить основные числовые характеристики изучаемой случайной величины — среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонения.

Для количественной оценки долговечности оборудования и раскрытия ее физического смысла рассмотрим три категории долговечности:

физическую долговечность  $\tau_{\text{ф}}$ , моральную долговечность  $\tau_{\text{м}}$  и технико-экономическую долговечность  $\tau_{\text{т}}$ .

Физическая долговечность  $\tau_{\text{ф}}$  — продолжительность работы изделия в средних условиях до среднего или капитального ремонта (межремонтный ресурс).

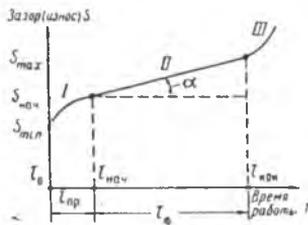


Рис. 1.1 Кривая нарастания износа пары работающих деталей.

Установлено, что физическая долговечность подвижного сопряжения определяется характером (интенсивностью) изменения зазора в сопряжении.

Рассмотрим кинетику изнашивания пары трения скольжения:

нал — втулка подшипника скольжения.

На рис. 11 изображена кривая нарастания износа пары работающих деталей: по оси абсцисс указывается время работы пары, а по оси ординат — мера износа (в данном случае зазор).

Кривая эта имеет три явно выраженных участка:

1) начальный — криволинейный участок *I*, характеризующий процесс приработки нового сопряжения (период  $\tau_0 - \tau_{нач}$ );

2) прямолинейный участок *II* (естественное изнашивание) наибольший по протяженности, отвечающий периоду нормальной работы сопряжения ( $\tau_{нач} - \tau_{кон}$ );

3) конечный участок *III*, тоже криволинейный и соответствующий периоду выхода из строя сопряжения, вследствие изнашивания его сверх допустимого предела (аварийное изнашивание).

Период приработки  $\tau_{пр}$  сопряжения характеризуется наибольшей скоростью изнашивания деталей сопряжения в начале периода ( $tg \alpha = \max$ ) и стабилизацией скорости изнашивания в конце периода приработки ( $tg \alpha = \text{const}$ ). Это объясняется наличием значительных контактных напряжений в точках фактического контакта, которые находятся на вершинах неровностей сопряженных трущихся поверхностей.

Во избежание нарушения прочности сопряженных поверхностей в период приработки их не рекомендуется нагружать усилиями, близкими к номинальным.

Период нормального изнашивания (естественного изнашивания) характеризуется постоянной скоростью ( $tg \alpha = \text{const}$ ). В течение этого периода естественное изнашивание сопряженных деталей растет вместе с увеличением времени работы механизма. При переходе указанного предела ( $S_{max}$ ) изнашивание приводит к резкому ухудшению в работе механизма, а процесс работы сопряжения из статического переходит (в результате недопустимого увеличения зазора) в динамический со всеми вытекающими отрицательными последствиями. Следовательно, изнашивание перерастает из естественного в аварийное (участок *III*).

Задача технического обслуживания — своевременно захватить момент предельного износа механизма, предупредить аварийный износ, отремонтировать изношенное сопряжение и, таким образом, без больших затрат, вернуть ему прежние эксплуатационные качества.

При оценке физической долговечности  $\tau_{ф}$  сопряжения *I* и *III* участки рассмотренной кривой должны исключаться. В таком случае физическая долговечность  $\tau_{ф}$  любого сопряжения, работающего при установившемся режиме, может быть выражена следующей зависимостью

$$\tau_{фi} = \frac{S_{max} - S_{нач}}{tg \alpha}, \quad (1.3)$$

$S_{max}$  и  $S_{нач}$  — соответственно предельно допустимый и начальный износ, мм;  $tg \alpha$  — величина, характеризующая скорость изнашивания сопряжения (нарастания зазора).

Величины начального зазора  $S_{нач}$  и максимально допустимого зазора  $S_{max}$  в процессе эксплуатации определяются аналитически при расчете конкретного узла трения.

Моральная долговечность (моральный износ)  $\tau_m$  — срок службы машины, после которого машина становится технически и экономически неэффективной по сравнению с новыми машинами, более совершенных конструкций.

Показателем моральной долговечности машины может быть коэффициент морального износа

$$K_{м.и.} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} = \frac{\Delta C}{C_1} \quad (1.4)$$

где  $C_1$  — себестоимость единицы продукции/ старой машины;  $C_2$  — себестоимость единицы продукции новой машины;  $\Delta C$  — экономия от ввода в эксплуатацию новой машины.

Увеличение долговечности машин — средство снижения затрат труда на единицу продукции. Исходя из этого, устанавливают более экономичные пределы сроков службы машин, т. е. экономически оптимальную долговечность. Для этого определяют технико-экономическую (оптимальную) долговечность.

Технико-экономическая долговечность  $\tau_t$  — экономически целесообразный срок службы машины, соответствующий минимальному значению удельной себестоимости ее работы.

### 1.3. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БУРОВОГО И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Повышение надежности может быть осуществлено в три этапа — при проектировании, производстве и эксплуатации. Основными методами повышения надежности оборудования являются: резервирование, уменьшение интенсивности отказов оборудования, сокращение времени непрерывной работы и уменьшение среднего времени восстановления.

Резервирование, как средство повышения надежности, наиболее целесообразно применять для повышения надежности оборудования, предназначенного для непрерывной работы в течение короткого времени.

Уменьшение интенсивности отказов связано с осуществлением комплекса мероприятий по повышению качества и в первую очередь долговечности оборудования.

Долговечность бурового и нефтегазопромыслового оборудования зависит прежде всего от долговечности наиболее ответственных деталей и частей. Задача повышения долговечности должна решаться в трех направлениях: 1) конструкторском — на стадии проектирования, 2) технологическом — при изготовлении, 3) эксплуатационном — в процессе использования, технического обслуживания и ремонта.

При конструировании оборудования решаются главные задачи создания рациональной конструкции машины — упрощение кинематической схемы, правильный выбор материалов, обеспечение равнопрочности основных деталей и сборочных единиц, обеспечение экономичности и эффективности машины в целом.

Для повышения долговечности машины конструктор обязан предусмотреть высокую ремонтпригодность ее основных частей, т. е. обеспечить простоту обслуживания и ремонта машины.

Одна из эффективных мер в этом направлении — максимальная унификация сборочных единиц и деталей, которая дает возможность изготовить машины из типовых сборочных единиц и агрегатов, благодаря чему можно быстро и просто заменить в них изношенные части на местах эксплуатации и ремонтировать в централизованном порядке на хорошо оснащенных специализированных предприятиях.

Технологические способы повышения долговечности позволяют добиться уменьшения интенсивности изнашивания деталей соответствующей обработкой рабочих-поверхностей и их упрочнением.

Эксплуатационные свойства изделий в значительной степени определяются качеством изготовления деталей, характеризующимся в основном геометрическими параметрами, физико-механическими и физико-химическими свойствами рабочих поверхностей.

Основной задачей технологии машиностроения является разработка технологических процессов, обеспечивающих изготовление деталей машин с наилучшими эксплуатационными свойствами.

К технологическим направлениям повышения долговечности оборудования относятся: подбор оптимальных сочетаний химического состава и структуры материала деталей; применение оптимальных способов формообразования заготовок деталей и термической обработки; выбор оптимальных условий механической обработки; улучшение геометрических параметров рабочих поверхностей деталей; применение упрочняющих способов обработки рабочих поверхностей деталей.

Повышению долговечности деталей оборудования способствует применение процессов упрочнения для обеспечения высокого сопротивления рабочих поверхностей деталей изнашиванию, разрушению и коррозии.

Эффективность применения способов поверхностного упрочнения зависит от правильного сочетания материала, его исходного состояния и условий эксплуатации детали.

К основным эксплуатационным мероприятиям, повышающим долговечность деталей относятся: тщательное обслуживание оборудования, своевременная регулировка и смазка сопряжении, использование оптимальных режимов работы оборудования и т.д.

Поскольку нефтегазопромысловое оборудование работает многократно периодически (т. е. циклами), а его детали и узлы подвержены изнашиванию, влияние которого выражается в возрастании интенсивности отказов во времени, то одним из эффективных способов повышения надежности оборудования является техническое обслуживание.

## Лекция №2

# ВИДЫ РАЗРУШЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Большинство деталей бурового и нефтегазопромывного оборудования при работе подвергается значительным статическим и динамическим нагрузкам, а также интенсивному изнашиванию и коррозии. Большое число деталей работает в абразивных и коррозионных средах при высоких температурах. Основные детали бурового инструмента работают при температуре 200-300°С.

Указанные условия эксплуатации приводят к преждевременному выходу из строя основных деталей бурового и нефтегазопромывного оборудования и инструмента (поршневых втулок, клапанов, штоков буровых насосов, основных опор ротора и вертлюга, деталей втулочно-роликовых цепей и долот, замков для бурильных труб, втулок, плунжеров и клапанов глубинных насосов, деталей погружных центробежных насосов и др.)

Наблюдения за отказами деталей машин в эксплуатации позволяют все виды разрушения материалов деталей разделить на три основные группы:

1) деформация и изломы; 2) износ; 3) химико-тепловые повреждения. Деформация и изломы происходят при напряжениях, превышающих предел текучести или предел прочности материала детали.

Изнашивание происходит в результате взаимодействия трущихся тел. Характер трущихся тел и условия их взаимодействия обуславливают особенности процесса изнашивания.

Химико-тепловые повреждения — результат комплексного воздействия на рабочие поверхности деталей факторов, среди которых факторы теплового воздействия преобладают.

### 2.2. ДЕФОРМАЦИЯ И ИЗЛОМЫ

**Деформация** материала детали происходит в результате приложения нагрузки и выражается изменением формы и размеров детали. Эти изменения могут быть временными (упругие деформации, исчезающие после снятия нагрузки) или остаточными (пластические деформации, остающиеся после снятия нагрузки). Повреждения деталей происходят в результате пластической деформации выражаются в виде изгибов, вмятин и скручиваний.

При изгибах и вмятинах нарушается геометрическая форма деталей в результате приложения в основном динамических нагрузок.

Скручивание деталей вызывается приложением крутящего момента, превосходящего расчетный.

**Излом** материала детали также происходит в результате приложения нагрузки и выражается в разрушении детали.

В зависимости от характера нагружения рассматривают статический, динамический и усталостный изломы.

Статический излом является результатом воздействия значительных местных нагрузок. Чаще всего он наблюдается в наиболее нагруженных местах в деталях корпусов в виде трещин, особенно в деталях, изготовленных из чугуна.

Динамический излом является следствием сильных поверхностных ударов и часто наблюдается на литых деталях.

В зависимости от скорости нагружения и исходного строения материала чалей бывают хрупкий и вязкий изломы.

Хрупкий излом характеризуется полным отсутствием или весьма незначительной величиной пластических деформаций.

Вязкий излом обусловлен наличием макропластической деформации. Разрушение материала детали при вязком изломе — результат резкого возрастания приложенной статической нагрузки.

Наиболее часто причиной выхода детали из строя является усталостный излом, основе которого лежит явление усталости, т. е. разрушение материала под влиянием циклических напряжений, действующих в течение определенного времени.

### 2. 3. ИЗНОС

При эксплуатации деталей бурового, нефтегазопромыслового оборудования и инструмента наблюдается равномерный и неравномерный износ, а также образование рисок и надиров на рабочих поверхностях деталей.

#### ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ ИЗНАШИВАНИЯ

Трение — сопротивление, возникающее при взаимном перемещении соприкасающихся поверхностей тел.

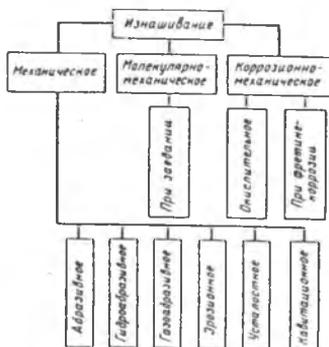
Изнашивание — процесс постепенного изменения размеров тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и (или) его остаточной деформации.

Износ — результат изнашивания, проявляющегося в виде отделения или остаточной деформации материала.

### 2.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ

Три основных вида изнашивания — механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое.

Механическое изнашивание — изнашивание в результате механических воздействий. В свою очередь механическое изнашивание подразделяется на: абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, эрозионное, усталостное и кавитационное.



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

Абразивное изнашивание поверхности деталей происходит при бурении скважин, резании грунтов, дроблении камня, перемешивании твердых смесей, а также при буксовании колеса по поверхности дороги.

Абразивная эрозия, гидро- и газоабразивное изнашивание — основной вид изнашивания деталей насосов, трубопроводов, арматуры, дымососов вентиляторов, эжекторов, пескоструйных аппаратов в результате воздействия твердых тел или частиц, увлекаемых потоком жидкости или газа.

При усталостном изнашивании поверхности трения или отдельных ее участков повторное деформирование микрообъемов материала приводит к возникновению трещин и отделению частиц. Многократно повторяющиеся знакопеременные нагрузки вызывают явления контактной усталости.

Так называемое тепловое изнашивание является главной причиной низкой долговечности тормозных шкивов буровых лебедок. Рабочая поверхность тормозных шкивов в результате циклических тепловых смен, сопровождающих работу тормозного механизма лебедки, покрывается густой сеткой трещин, которые, развиваясь вглубь тела обода тормозного шкива, резко снижают его эксплуатационные характеристики.

При коррозионно-механическом изнашивании среда, окружающая трущиеся поверхности, вступает с их материалом в химическое взаимодействие, а в результате перемещения поверхностей удаляются продукты коррозии и обнажаются чистые поверхности деталей. Этот процесс многократно повторяется. Если поверхности неподвижны, продукты коррозии не удаляются, иногда образуя антикоррозионный защитный слой. Например, защитным слоем от окислительного действия атмосферного воздуха обладают поверхности алюминиевых деталей.

Под изнашиваемостью в данном случае подразумевается свойство материала детали поддаваться изнашиванию. Изнашиваемость есть свойство, противоположное износостойкости.

Факторы, влияющие на износостойкость деталей: качество материала детали и качество рабочей поверхности детали.

К факторам, влияющим на изнашиваемость деталей, относятся: вид трения сопряженных деталей; характер и величина удельных нагрузок на поверхностях трения; относительные скорости перемещения трущихся поверхностей; форма и размер зазора между сопряженными поверхностями; условия смазки трущихся поверхностей; наличие, размер и форма абразива, участвующего в процессе трения, и физико-механические свойства абразива.

Качество материала детали характеризуется его физико-механическими свойствами (прочностью, твердостью, вязкостью), которые в свою очередь определяются химическим составом и структурой.

Из физико-механических свойств твердость оказывает наибольшее влияние на износостойкость материала. Более твердые металлы и сплавы изнашиваются медленнее. Твердые металлы по сравнению с мягкими менее пластичны и оказывают большее сопротивление внедрению абразивных частиц.

При изготовлении деталей бурового и нефтегазопромыслового оборудования, работающего в сложных условиях, широко применяются высокопрочные

хромистые, хромо-никелевые и другие легированные стали со значительной вязкостью.

На износостойкость металлов и сплавов большое влияние оказывает их химический состав и структура.

Следующим важным фактором, влияющим на износостойкость деталей машин, является качество поверхности трения после механической обработки. Качество обработанной поверхности характеризуется совокупностью геометрических параметров и физико-механических свойств поверхностного слоя материала.

К геометрическим параметрам относятся макрогеометрия, волнистость, шероховатость и направление штрихов (рисок), т. е. следов обработки поверхности.

Физико-механические свойства обуславливаются структурой, микротвердостью, величиной наклепа, видом остаточных напряжений, характером взаимодействия со смазкой и т.д.

Чистота поверхности оказывает значительное влияние на износостойкость деталей, особенно в процессе приработки, когда происходит интенсивное истирание гребешков, увеличивающее зазор между трущимися поверхностями.

На износостойкость рабочих поверхностей также влияет способность материала детали смачиваться смазкой. Эта способность удерживать на себе слой смазки определенной толщины обуславливает несущую способность масляной пленки и, соответственно, влияет на процесс изнашивания.

Важнейшими факторами изнашивания являясь внешние механические воздействия — вид трения (качения, скольжения), скорость относительного перемещения трущихся поверхностей, величина и характер давления при трении.

Удельные нагрузки также оказывают большое влияние на характеристики физических процессов, происходящих при трении в поверхностных слоях металла. С повышением давления увеличивается площадь фактического контакта трущихся поверхностей и интенсивность изнашивания. В условиях, близких к трению скольжения без смазки, интенсивность изнашивания примерно прямо пропорциональна удельной нагрузке. При полужидкостном и жидкостном трении эта зависимость нарушается, хотя и в этих случаях увеличение давления приводит к росту износа из-за более частых разрывов масляной пленки.

**Условия смазки трущихся поверхностей.** Смазка трущихся деталей — важнейший фактор, влияющий на долговечность машины. При различных видах трения в зависимости от качества и количества смазки коэффициент трения сопряженных пар изменяется в сотни раз (от 0,001 до 0,25). Поэтому в каждом конкретном случае для уменьшения износа и трения надо применять смазки определенного сорта.

Для обеспечения стабильности свойств смазочных масел в них вводят соответствующие присадки — противоокислительные, противокоррозионные и моющие.

## 2.5. ХИМИКО-ТЕПЛОВЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

К наиболее характерным разновидностям химико-тепловых повреждений относятся коробления, раковины и коррозия.

Коробление деталей, как правило, является результатом воздействия высоких температур, приводящего к возникновению внутренних напряжений. Такие повреждения наблюдаются при нарушении теплового режима блоков ДВС, при неправильной технологии изготовления сварных конструкций, например, металлических оснований под буровое оборудование и т. п.

Раковины являются результатом местных циклических воздействий высокой температуры на рабочие поверхности деталей, приводящих к точечному разрушению их материала. Наиболее характерным примером такого повреждения служат раковины на уплотнительных поверхностях выпуклых клапанов ДВС.

### Лекция № 3

#### Организация обслуживания и ремонта оборудования

Основой правильной эксплуатации машин является плановое обеспечение их обслуживанием и ремонтом, исключающее или сводящее к минимуму возможность внезапных отказов.

Система ППР — комплекс мероприятий по обслуживанию и ремонту машин, выполняемых профилактически по заранее составленному плану для поддержания машин в исправном и работоспособном состоянии.

Система ППР предусматривает следующие основные положения:

- 1) ремонт оборудования выполняется через планируемые промежутки времени, называемые межремонтными периодами;
- 2) после планового капитального ремонта характеристика оборудования приближается к паспортным данным нового оборудования;
- 3) в течение ремонтного цикла оборудование в строгой очередности проходит все плановые ремонты, предусмотренные системой;
- 4) кроме плановых ремонтов выполняется техническое обслуживание оборудования;
- 5) чередование, периодичность и объем обслуживания и ремонтов определяются назначением, конструкцией и условиями эксплуатации оборудования.

Техническое обслуживание, строго регламентируемое по времени и объему, выполняется по перечню обязательных операций, а ремонт планируется по времени и объему и выполняется в установленные планом Сроки в объеме, который зависит от фактического состояния машины.

Принципиальная схема системы планово-предупредительного обслуживания и ремонта машин может быть представлена графически Рис 3.1

Техническое обслуживание предусматривает тщательную ревизию оборудования — проверку положения всех фиксированных и подвижных соединений, регулировку зазоров, контроль количества и качества топлива, масла, воды, а также проверку работоспособности отдельных приборов, агрегатов и установки в целом.

Операции технического обслуживания выполняются, как правило, персоналом машины или установки (мотористом, механиком, оператором). Все выполненные работы, а также замеченные износы и прочие дефекты, заносятся в специальный журнал.

Ремонтные работы в зависимости от объема и сложности делятся на три категории.

Текущий ремонт (ТР) ставит задачей поддерживать работоспособность отдельных частей в целом исправной машины.

Объем и сложность операций ТР сравнительно невелики — проверка состояния оборудования, замена быстрознашающихся деталей, замена при необходимости смазки, устранение всех дефектов, не требующее разборки сложных частей оборудования. Оборудование после ремонтных работ «проверяют» и регулируют.

Текущий ремонт выполняется непосредственно на месте установки и эксплуатации оборудования.

Средним ремонтом (СР) называют ремонт, при котором восстанавливается работоспособность важных частей машины, утраченная в результате естественного износа деталей. Этот ремонт связан с значительным объемом сборочно-разборочных работ на основных агрегатах машины.

Средний ремонт стационарного тяжелого и громоздкого оборудования выполняется непосредственно на месте эксплуатации; для ускорения и облегчения работ максимально используются ранее отремонтированные на баземенные детали и узлы (принцип узлового ремонта).

Чтобы свести к минимуму простои комплексных технологических установок (например, буровых), желательно изношенный агрегат заменять целиком отремонтированным, взятым из резерва (принцип агрегатного ремонта).

Все ремонтные и монтажные работы выполняются разъездными ремонтными бригадами, используются передвижные ремонтные мастерские. Капитальным (КР) называют ремонт, осуществляемый с целью Установления исправности и полного, или близкого к полному, восстановления ресурса изделия с заменой или ремонтом любых его частей, включая базовые, и их регулировкой.

Система ППР предполагает использование и ремонт машин частично изношенных деталей. Капитальный ремонт выполняется на ремонтных заводах или хорошо оснащенных крупных ремонтных базах. Иногда капитальный ремонт совмещается с работами по модернизации оборудования.

### 3.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ ППР

В основу разработки системы ППР положены следующие соображения. Износ по характеру и времени протекает в деталях и узлах машины полезному «в зависимости от служебных функций деталей» их конструкции условий работы. Поскольку одинаковую износостойкость деталей в современных сложных машинах осуществить не представляется возможным, целесообразно проектировать машины так, чтобы они состояли из нескольких групп деталей близким уровнем долговечности внутри каждой группы. Для быстрознашающихся деталей необходимо предусмотреть возможность быстрого и полного их демонтажа и замены. Такой же принцип желательно применять для узлов и даже агрегатов примерно с одинаковым уровнем долговечности основных деталей внутри каждого узла.

Исходя из этих предпосылок, система обслуживания и ремонта машин, будет состоять из периодически повторяющегося комплекса профилактических ремонтных работ, условно обозначенных  $M_1, M_2, M_3$  и  $M_4$ , различающихся объемом работ и периодичностью  $t_1, t_2, t_3$  и  $t_4$  (рис. 3.2.)

При каждом виде ремонта восстанавливается работоспособность только тех узлов, которые по расчету системы израсходовали свой ресурс другие детали восстанавливаются.

Сроки и объемы обслуживания и ремонта новой машины рассчитываются конструкторами при проектировании на основании статистических

данных о долговечности и надежности деталей и узлов аналогичных машин, а затем корректируются эксплуатационниками на основании опыта эксплуатации новой машины. После выполнения ремонта  $M$  и сопутствующих ему ремонтов  $M_3, M_2$  и  $M_1$  работоспособность машины восстанавливается до уровня, близкого к работоспособности новой машины, и начинается новый цикл эксплуатации машины. Однако следующий цикл работы машины будет несколько короче цикла работы новой машины, так как ремонт в принципе допускает использование частично изношенных деталей, поэтому физическая долговечность машины в целом после ремонта будет несколько меньше долговечности новой машины.

Исходя из графика на рис. 3.2,  $z$ , уровень работоспособности машины в какой-либо момент эксплуатации может быть определен по формуле:

$$A_x = A - (t_x - n_1 t_1) t g \alpha_1 - (t_x - n_2 t_2) t g \alpha_2 - \dots - (t_x - n_i t_i) t g \alpha_i \quad (3.1)$$

где  $n_1, n_2, \dots, n_i$  — число целых интервалов времени  $t_1, t_2, \dots, t_i$  за общее время  $t_x$ .

## Лекция № 4

### СИСТЕМА ППР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Основными показателями системы ППР бурового и эксплуатационного оборудования являются следующие.

Ремонтный цикл  $T_c$  — период работы оборудования между двумя очередными капитальными ремонтами, а для нового оборудования — это период работы от ввода его в эксплуатацию до очередного капитального ремонта.

Межремонтный период  $T_p$  — время работы оборудования между двумя любыми очередными плановыми ремонтами.

Структура межремонтного цикла — количество и порядок чередования различных видов плановых ремонтов в пределах одного ремонтного цикла.

Продолжительность ремонтного цикла или межремонтного периода определяется числом часов, отработанных оборудованием.

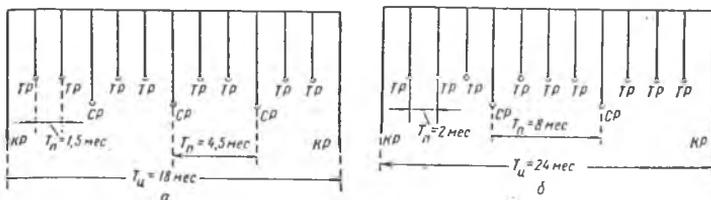


Рис 4.1 Структура ремонтного цикла.

Коэффициент использования оборудования по машинному времени определяется отношением машинного времени к времени нахождения оборудования в работе:



Рис. 3.1. Принципиальная схема системы ППР

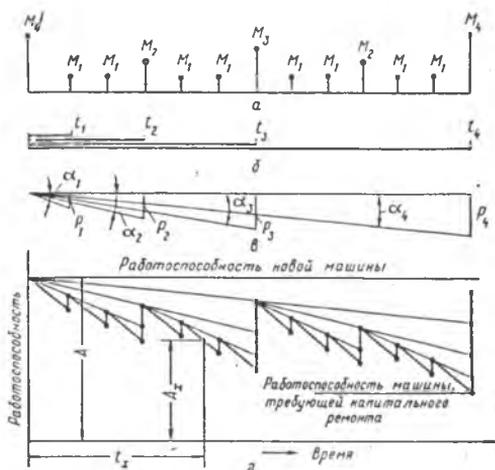


Рис. 3.2. Теоретические основы системы ППР:

а — комплекс профилактических и ремонтных работ; б — периодичность работ; в — скорость изнашивания и снижение работоспособности машины; з — суммарное снижение работоспособности машины и ее восстановление ремонта

Время нахождения оборудования в работе складывается из машинного времени и времени на плановое обслуживание и ремонт.

Машинное время (например, для бурового оборудования) складывается из времени, затрачиваемого на бурение, спуско-подъемные операции, крезление скважины, вспомогательные работы, ликвидацию осложнений и аварий. Время на транспортировку, монтаж и демонтаж оборудования исключается из времени нахождения оборудования в работе.

$$K_{\text{кал}} = \frac{\sum T_{\text{раб}}}{T_{\text{кал}}} \quad (4.1)$$

Коэффициент использования оборудования по календарному времени определяется отношением суммарного времени нахождения оборудования в работе к общему календарному времени:

Структура ремонтного цикла различного оборудования схематически представлена на рис. 7

Категории сложности ремонта используются для оценки объема и сложности ремонтных работ различного оборудования. Очевидно, что трудоемкость ремонтных работ определяется видом ремонта и сложностью оборудования.

#### 4.1. ПЛАНИРОВАНИЕ, ПОДГОТОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Система ППР предусматривает четкое планирование сроков и объемов всех работ по обслуживанию и ремонту.

Базируясь на утвержденной структуре и периодичности ремонтных работ для каждого вида оборудования и интенсивности его использования, служба главного механика предприятия составляет годовой в месячном разрезе план-график обслуживания и ремонта машин, или чаще отдельно годовой план ремонта и оперативные графики технического обслуживания.

План — график ремонта оборудования, подлежащего контролю Госгортехнадзора (котлы, компрессорные установки, грузоподъемное оборудование), составляемый отдельно, должен быть увязан с основным планом.

Годовой план-график ремонта оборудования (образец) приведен в табл. 4.1

При составлении плана важно выдержать установленные межремонтные периоды и обеспечить достаточно равномерную месячную загрузку ремонтной базы и бригад текущего ремонта машин.

При составлении плана-графика ремонта всего оборудования предприятия возможности к маневрированию загрузкой несравненно больше, допускаете изменение сроков ремонта в пределах 10—15% в зависимости от состояния машины.

Зная план-график ремонта и базируясь на установленных системой ПП норммах трудоемкости работ и расхода запчастей и материалов, подсчитывают объем ремонтных работ по видам (слесарно-сборочные, механическая обработка аварка и др.) и определяют загрузку ремонтной базы, планируют приобретение материалов и запасных частей.

Система ППР является хорошим организующим началом для планирования работы ремонтных и обслуживающих предприятий, планирования производства запасных частей и создания их резервов в минимально необходимом количестве, а также для сведения к минимуму простоя машин в ожидании ремонта и при ремонте.

## 4.2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Одна из основных задач диагностики технического состояния элементов машины — наиболее полное использование ресурса ее основных агрегатов.

Метод диагностики и прогнозирования времени наступления ремонта содействует продлению сроков службы оборудования и сокращает излишние работы, связанные с его ремонтом.

### ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Основной современной технической диагностики является практическая диагностика.

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

Примерный перечень диагностических параметров, методов и средств; диагностики механизмов, применяемых в отечественной и зарубежной практике, приведен в табл. 4.1

Диагностические параметры, методы и средства измерений

Таблица 4.1.

Параметры (признаки)	Методы	Средства
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, заявке)
Выятыги, поломки, задиры, следы подтеканий, дымление, стук, скрипы, нагрев	Визуальная проверка путем осмотра и прослушивание	Зеркало; перископ телевизор
Мощность, расход топлива, проницаемость, 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.
Потери в трансмиссии, усилия на рычагах и педалях	Измерение диагностических параметров (потерь на трение в агрегатах и механизмах)	Испытательный стенд; динамометр; мессдоза
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	Шупы, индикатор, люфтомеры; линейка

### 4.3. СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Средства диагностики технического 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.

### 4.4 МЕСТО ДИАГНОСТИКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Диагностика является составной частью технического обслуживания машин. Она должна органически сливаться с технологическими процессами технического обслуживания и служить целям повышения его качества.

Практически диагностика технического состояния машин может выполняться: перед техническим обслуживанием или ремонтом, в ходе этих работ или же после их выполнения.

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

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, производительности и долговечности насоса, потерь в трансмиссии процента буксования сцепления и т. д.

Элементарная диагностика определяет причину нарушения работы агрегатов (механизмов) обычно по сопутствующим косвенным признакам; например, причину потерь мощности двигателя — по компрессии или прорыву газов в цилиндр, причину повышенного расхода топлива — по уровню в поплавковой камере карбюратора или производительности жиклеров, причина потерь в трансмиссии — по вибрациям и нагревам и т. д.

Обычно диагностику, как правило, проводят на нескольких уровнях:

- а) на уровне машины в целом;
- б) на уровне ее агрегатов;
- в) на уровне систем, механизмов и деталей и др.

Место диагностики в технологическом процессе технического обслуживания машины зависит от развития ее методов и средств.

При решении вопроса о месте диагностики не следует искать единых универсальных форм. Необходимо в соответствии с данным уровнем механизации диагностических работ исходить, во-первых, из обеспечения удобства

технического обслуживания и ремонта и, во-вторых, из периодичности, обусловленной заданным уровнем безотказной работы.

#### **4.5. СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ремонтные предприятия нефтяной и газовой промышленности являются специфическими промышленными предприятиями, предназначенными для поддержания оборудования в работоспособном состоянии. Они различаются по назначению и характеру выполняемых ремонтных работ.

Ведущим подразделением ремонтного хозяйства нефтяной промышленности являются ремонтно-механические заводы объединения «Союзнефтемашремонт», которые специализируются на ремонте определенного оборудования, что значительно повышает качество ремонта и сокращает его продолжительность.

Ремонтно-механические заводы выполняют капитальный ремонт оборудования изготовляют запасные части и метизы, нестандартное оборудование и т. д.

В территориальных нефтегазодобывающих объединениях все работы по" правильному использованию оборудования и поддержанию его в работоспособном состоянии выполняют следующие подразделения:

1) база производственного обслуживания (БПО) управления буровых работ (УБР).

2) база производственного обслуживания (БПО) нефтегазодобывающего управления (НГДУ);

3) автотранспортная контора;

4) тампонажная контора;

5) ремонтные бригады, осуществляющие текущее ремонтное обслуживание в районных инженерно-технических службах (РИТС);

6) ремонтно-механические заводы или центральные ремонтно-механические мастерские (ЦРММ) территориальных нефтегазодобывающих объединений, являющиеся промежуточным звеном между базой производственного обслуживания и ремонтно-механическими заводами.

База производственного обслуживания УБР подчиняется непосредственно начальнику УБР, а база производственного обслуживания НГДУ — начальнику НГДУ.

На базы производственного обслуживания возложены следующие функции:

1) проведение планово-предупредительных осмотров состояния оборудования и его ремонт согласно утвержденным планам-графикам;

2) изготовление в запланированном объеме и установленной номенклатуре запасных частей, инструмента, метизов, крепежных деталей и др.;

3) ликвидация аварий и установление их причин;

4) контроль за правильностью эксплуатации оборудования и обеспечение мер по недопущению нарушений правил его эксплуатации;

5) подготовка к отправке оборудования и приборов в капитальный ремонт, а также прием их из ремонта.

В состав базы производственного обслуживания УБР, как правило, входят следующие цехи: прокатно-ремонтный бурового оборудования, прокатно-ремонтный труб и турбобуров, прокатно-ремонтный электрооборудования и

электроснабжения, промывочных жидкостей, пароводоснабжения, автоматизация производства, а также инструментальная площадка.

Прокатно-ремонтный цех бурового оборудования осуществляет обслуживание и планово-предупредительный ремонт бурового и другого механического оборудования основного и вспомогательного производств согласно планам-графикам, изготовление запасных частей, приспособлений и нестандартного оборудования, проведение пусконаладочных работ перед началом бурения и определение технического состояния бурового оборудования после окончания бурения скважин, комплектацию буровых установок, находящихся на монтаже и др.

Прокатно-ремонтный цех труб и турбобуров осуществляет своевременное и бесперебойное обеспечение объектов бурения турбобурами, и трубами нефтяного сортамента, проводит своевременный и качественный ремонт турбобуров, турбодолот, бурильных труб и других элементов бурильной колонны.

Основная задача инструментальной площадки — обеспечить бригады бурения и освоения-скважин необходимыми материалами, инструментом и запасными частями.

В состав базы производственного обслуживания НГДУ обычно входят следующие цехи: прокатно-ремонтный эксплуатационного оборудования, прокатно-ремонтный электрооборудования и электроснабжения, подземного и капитального ремонта скважин, пароводоснабжения автоматизации производства и прокатно-ремонтный электропогружных установок.

Цех подземного и капитального ремонта скважин (ЦПКРС) выполняет своевременный и качественный ремонт эксплуатационных, нагнетательных в подзаборных" скважин, проводит мероприятия по интенсификации добычи нефти и повышению производительности нагнетательных скважин, а также осуществляет испытание новых образцов глубинного оборудования в скважинах.

Структура и штаты баз производственного обслуживания устанавливаются, исходя из объема и условий работы УБР и НГДУ.

Техническое и методическое руководство механо-ремонтной службой УБР и НГДУ осуществляется отделами главного механика соответственно УБР и НГДУ. Отдел главного механика разрабатывает и обосновывает проекты перспективных и оперативных планов ППР, проводит их анализ и оценку выполнения, осуществляет контроль за обслуживанием и ремонтом на основе инструкции и требований системы ППР, определяет потребность в капитальном ремонте оборудования, составляет заявку на ремонтные предприятия, выполняющие работы подрядным и хозяйственным способом, осуществляет контроль за качеством ремонта, за своевременной подготовкой и сдачей ремонтного фонда и т. п.

## Лекция № 5

### Технология ремонта нефтепромыслового оборудования

#### 5.1. Структура технологического процесса капитального ремонта

Технологический процесс капитального ремонта представляет собой комплекс технологических и вспомогательных операций по восстановлению работоспособности оборудования, выполняемых в определенной

последовательности, и включает в себя приемку оборудования в ремонт, моечно-очистные операции, разборку оборудования на агрегаты, сборочные единицы и детали, контроль, сортировку деталей 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.

На ремонтных предприятиях нефтяной и газовой промышленности в зависимости от количества однотипного оборудования и условий ремонта применяют два основных метода ремонта: индивидуальный и агрегатный (узловой). 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.

На рис. 8 показана схема технологического процесса капитального ремонта индивидуальным методом.

При индивидуальном методе ремонта отремонтированная базовая деталь обычно простаивает, пока ремонтируются все агрегаты, т. е. имеется неравенство:

$$t_g < \sum t_a k_o, \quad (5.1);$$

где  $t_g$  — продолжительность ремонта базовой детали, сут;  $t_a$  — продолжительность ремонта агрегата (от разборки до сдачи из ремонта), сут;  $k_o$  — число одноименных агрегатов в одной машине, шт.

Время простоя базовой детали  $t_n$ , определяется из следующей зависимости:

$$t_n = \sum t_a k_o - t_g > 0 \quad (5.2)$$

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.

При агрегатном методе ремонта должно соблюдаться следующее неравенство:

$$t_g \geq \sum t_a k_o \quad (5.3)$$

Следовательно,  $t_n = 0$ .

Агрегатный метод ремонта обычно применяют в центральных ремонтно-механических мастерских объединений и на специализированных ремонтных заводах, т. е. когда на ремонт поступает значительное количество однотипного оборудования.

Основными преимуществами агрегатного метода ремонта являются:

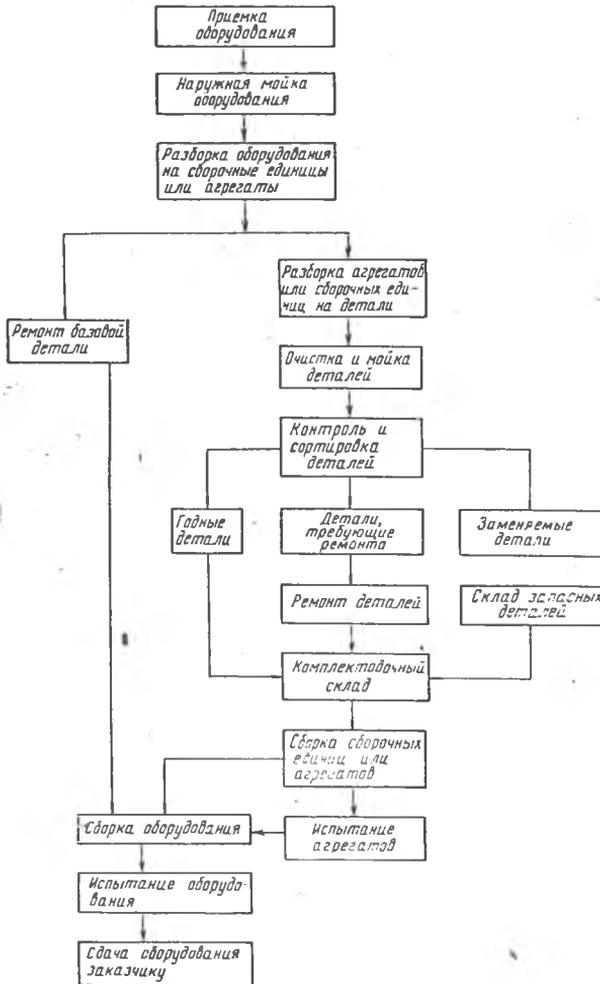


Рис 5 1. Схема технологического процесса капитального ремонта оборудования индивидуальным методом

- 1) специализация рабочих по отдельным видам работ, что повышает производительность труда;
- 2) более совершенная технология ремонта с использованием специального технологического оборудования и оснастки.
- 3) улучшение качества и снижение стоимости ремонтных работ;
- 4) 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 бурового и нефтегазового промышленного оборудования непосредственно на месте эксплуатации.

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

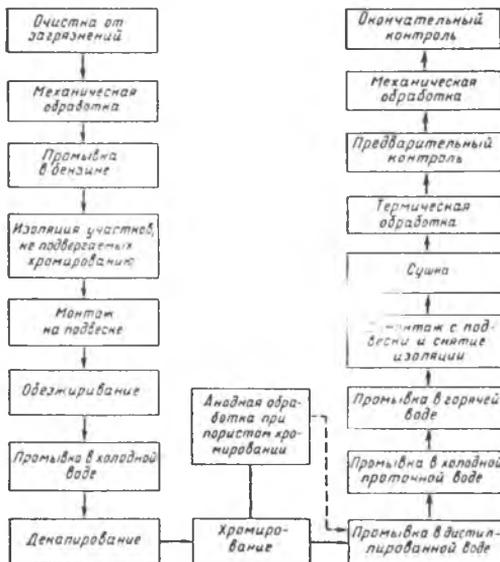


Рис 5.2 Схема технологического процесса капитального ремонта оборудования агрегатным методом.

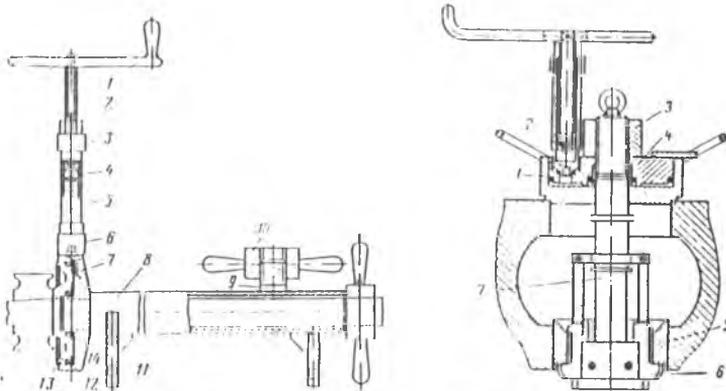


Рис 5.3 Гидравлический съемник поршней буровых насосов:

1 — захват; 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

Рис 5.4 Гидравлический съемник седла клапанов буровых насосов:

1 — цилиндр; 2 — гидравлический цилиндр с ручным приводом; 3 — гайка; 4 — поршень; 5 — седло; 6 — захват; 7 — трос

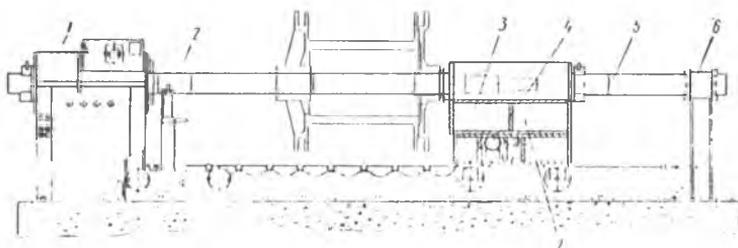


Рис 5.5 Гидравлический пресс:

1 — передняя бабка; 2 и 3 — теленики; 4 — электропривод; 5 — штанга; 6 — валица опор; 7 — трансера

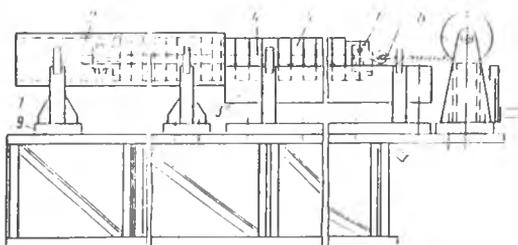


Рис 5.6. Схемы стелда для разборки погружных центробежных насосов:

1 — стойка; 2 — корпус насоса; 3 — литок; 4 — вал насоса; 5 — направляющий аппарат с рабочим колесом; 6 — спираль шланг; 7 — трос; 8 — лебедка; 9 — жестяки

Потребность ремонтного предприятия в оборотном фонде агрегатов определяется из следующей зависимости:

$$A_{\text{нотр}} = (\sum t_{\alpha} k_{\alpha} - t_{\delta}) n_{\alpha} / t_{\alpha}$$

где  $A_{\text{нотр}}$  — необходимое количество оборотных агрегатов, шт.;  $t_{\alpha}$  — продолжительность ремонта агрегата (от разборки до сдачи заказчику, сут;  $t_{\delta}$  — продолжительность ремонта базовой детали, сут;  $k_{\alpha}$  — число одноименных агрегатов в одной машине, шт.;  $n_{\alpha}$  — суточная программа выпуска машин ремонтным предприятием, шт.

Подсчитывать потребность в оборотном фонде необходимо для каждого вида агрегатов.

## 5.2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ СДАЧИ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕМОНТ

Сдача оборудования в ремонт производится в соответствии с графиком плано-предупредительного ремонта. В сроки, соответствующие плану-графику, обслуживающий персонал обязан подготовить оборудование к сдаче 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.

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 ремонта 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 поземки оборудования в ремонт составляется приемосдаточный акт.

## 5.3. МОЕЧНО-ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ

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 снабженную выносным полом, обычно оборудуют устройствами, обеспечивающими перемещение машины в процессе мойки, насосной установкой, системой трубопроводов, фильтрами и отстойниками.

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.

### 5.3. РАЗБОРКА ОБОРУДОВАНИЯ

Оборудование разбирают по схеме, которая определяет вначале последовательность разборки оборудования на агрегаты и сборочные единицы, а затем разборку каждой сборочной единицы на детали.

Разборку выполняют на одном рабочем месте силами одной бригады или на нескольких рабочих местах разборочной линии.

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.(5.3) и (5.4) показаны конструкции гидравлических съемников для выпрессовки поршней и седел клапанов буровых насосов, позволяющие создать большие усилия.

Для распрессовки и запрессовки крупных деталей бурового и нефтегазопромыслового оборудования широко применяется универсальный гидравлический пресс (рис(5.5))

Разборка оборудования часто производится на специальных стендах. На рис. (5.6) представлен стенд для разборки погружных центробежных насосов.

### 5.4. КОНТРОЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Для контроля состояния деталей применяют следующие методы дефектоскопии: наружный осмотр и остукивание, обмер с использованием соответствующих измерительных приборов и специальные методы неразрушающего контроля для выявления скрытых дефектов.

На ремонтных предприятиях нефтяной и газовой промышленности наибольшее применение для обнаружения скрытых дефектов нашли капиллярные методы, ультразвуковая дефектоскопия и гидравлическое испытание.

К капиллярным относится метод обнаружения трещин с помощью машинного масла или керосина.

При цветной дефектоскопии контролируемый участок поверхности, предварительно очищенный от грязи и обезжиренный, покрывают темно-красным красителем, обладающим высокой капиллярностью и низким поверхностным натяжением.

При люминесцентном, методе вместо красителя используется флуоресцирующая жидкость. При освещении ультрафиолетовыми лучами жидкость дает яркое свечение желто-зеленого цвета. В качестве флуоресцирующей жидкости применяют смесь: 250 см<sup>3</sup> трансформаторного масла, 500 см<sup>3</sup> керосина, 50 см<sup>3</sup> бензина и 250 г красителя (дефектоль)

Для выявления скрытых трещин широко применяется магнитная дефектоскопия. При намагничивании контролируемой детали трещины,

создавая участки с малой магнитной проницаемостью, заставляют магнитный поток рассеиваться.

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

Теневой метод основан на появлении за дефектом «звуковой тени» при прохождении ультразвука через деталь, помещенную между излучателем колебаний и приемным устройством.

Резонансный метод основан на возникновении стоячих волн в материале контролируемой детали при совпадении частоты колебаний, создаваемых в детали внешним источником, с частотой собственных колебаний детали. Резонансным методом выявляют коррозионные раковины, расслоения в металле и другие повреждения.

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

Основанием для сортировки деталей являются технические условия на разровку деталей при ремонте

На каждую машину по результатам контроля и сортировки деталей составляется дефектовочная ведомость, на основании которой определяются содержание и объем работ по ремонту машины и потребность в новых деталях.

## 5.5. КОМПЛЕКТОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ

На складе комплектации согласно дефектовочной ведомости и схеме сборки комплектуются сборочные единицы из деталей, причем недостающее число деталей взамен забракованных пополняется со склада запасных частей.

При сборке по методу полной взаимозаменяемости любая деталь или сборочная единица, могут быть использованы для сборки без дополнительной обработки или пригонки. Наряду с методом полной взаимозаменяемости широко используются и другие методы сборки: сборка с пригонкой деталей, сборка с подбором деталей (неполная взаимозаменяемость), сборка с применением компенсаторов, селективная сборка.

### СБОРКА ОБОРУДОВАНИЯ

Сборка заключается в последовательном соединении деталей в сборочные единицы и агрегаты, а затем агрегатов и сборочные единиц в машин.

Последовательность сборки определяется технологической схемой сборки.

Наиболее простой организационной формой сборки является так называемая ступенчатая сборка без расчленения процесса по операциям.

При сборке с операционным расчленением процесса собираемая машина остается неподвижной или перемещается в процессе всей сборки, выполняемой сборочной бригадой; члены бригады специализируются на выполнении конкретных операций (работ).

В большом числе однотипных ремонтируемых машин применяется

- 1) проточная сборка при неподвижном объекте сборке, когда сборщик выполняет только закрепленную за ним операцию, передвигается от одной машины к другой; этот метод рационально применяет при ремонте тяжелых крупногабаритных машин.
- 2) Поточная сборка с перемещением объекта путем свободной передачи собираемого изделия вручную или принудительно при помощи механических транспортирующих средств непрерывного или прерывного действия.

### **БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ.**

Для уравнивания вращающихся деталей и сборочных единиц машин применяют балансировку. В процессе балансировки определяют места и величины дисбаланса, а затем устраняют или уменьшают дисбаланс до допустимого предела, удаляя излишний материал или устанавливая дополнительные грузы. Различают статическую и динамическую неуравновешенности.

Статическая неуравновешенность возникает вследствие смещения центра тяжести относительно оси вращения и проявляется в статическом состоянии.

Динамическая неуравновешенность обычно присуща деталям и узлам, у которых длина больше диаметра. Процесс определения величины и направления неуравновешенных центробежных сил и их устранение называется динамической балансировкой.

Динамическая балансировка деталей и сборочных единиц осуществляется на балансировочных станках различной конструкции.

## **5.6. ПРИРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ АГРЕГАТОВ И МАШИН**

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 посторонней 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.

## **5.7. ОКРАСКА ОБОРУДОВАНИЯ**

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

## Лекция № 6

## СПОСОБЫ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ

## 6.1. ПРИЧИНЫ НАРУШЕНИЯ И МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СОПРЯЖЕНИИ

Физическая долговечность (ресурс) машин зависит от времени сохранения работоспособности отдельных сопряжений.

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

Совокупность изменений перечисленных параметров приводит к изменению основного структурного параметра сопряжения — зазора, а также к нарушению взаимного расположения деталей. При достижении предельной величины зазора сопряжение теряет работоспособность. Для восстановления работоспособности необходимо обеспечить первоначальный зазор, т. е. посадку сопрягаемых деталей, что осуществляется тремя методами:

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

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

Восстановление 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 нар 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.

Восстановление посадки заменой детали или ее перестановкой в дополнительную рабочую позицию не обеспечивает полного восстановления работоспособности сопряжения, так как в этом случае новая деталь или изношенная поверхность старой (при перестановке ее в новую позицию) работает в паре с частично изношенной деталью и, следовательно, зазор  $S$  будет меньше первоначального:

$$S_H < S < S_{\max} \quad (6.1)$$

где  $S_H$  — первоначальный зазор;  $S_{\max}$  — зазор в изношенном сопряжении;  $S$  — зазор после восстановления посадки заменой детали. Частичное восстановление

посадки целесообразно, если ресурс отремонтированного сопряжения достаточен для работы в течение очередного межремонтного периода.

Метод восстановления посадки изменением первоначальных размеров деталей осуществляется следующими способами: применением ремонтных размеров; использованием дополнительных ремонтных деталей.

Метод восстановления посадки доведением размеров сопрягаемых деталей до первоначальных величин обеспечивает наиболее полное восстановление начальных структурных параметров сопряжения. При этом полностью восстанавливается его работоспособность.

## 6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ РЕМОНТА ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

На ремонтных предприятиях нефтяной и газовой промышленности широко применяют различные способы ремонта деталей, обеспечивающие восстановление нарушенных при эксплуатации посадок в сопряжениях, механической прочности, износостойкости и коррозионной стойкости.

Долговечность отремонтированной детали зависит от того, в какой степени изменились первоначальные физико-механические свойства детали и особенно ее рабочей поверхности. Предпочтительнее применять способы ремонта, не снижающие основных физико-механических и эксплуатационных характеристик детали, в частности, усталостной прочности, и если это невозможно, то следует изменять их в минимальной степени.

На рис. 6.1 приведена классификация способов ремонта изношенных деталей.



Рис. 6.1. Классификация способов ремонта изношенных деталей..

Восстановление первоначальных размеров детали в основном осуществляется двумя путями:

- 1) наращиванием изношенной поверхности;
- 2) пластическим деформированием изношенной детали.

## 6.3. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ СПОСОБ 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 шеро-

шероватости поверхности, а другую деталь заменяют новой или заранее отремонтированной до этого же ремонтного размера, что обеспечивает первоначальную посадку в сопряжении.

В паре вал — подшипник ремонтные размеры сопрягаемых поверхностей будут меньше, а в паре цилиндр — поршень больше первоначальных размеров.

Применяют свободные и стандартные ремонтные размеры.

В качестве свободного ремонтного размера принимается ближайший. Размер ремонтируемой детали, позволяющий получить требуемую геометрическую форму и шероховатость поверхности.

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, 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 дорогих деталей бурового и нефтегазопромыслового оборудования часто производят способом ремонтных размеров.

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

## СПОСОБ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Этот способ 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.

Используя этот способ при восстановлении концевой шейки вала, прибивают 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 втулки, которые устанавливают на предварительно обработанную шейку, крепят штифтами или сваркой, а затем производят их механическую обработку до первоначальной поверхности.

Изношенные отверстия растачивают под больший размер и запрессовывают ремонтную втулку, которую обрабатывают до номинального размера отверстия детали. Толщина стенок ремонтных втулок из него должна быть; не менее 2—2,5 мм, из чугуна 4—4,5 мм.

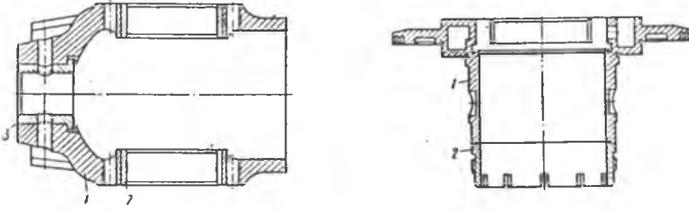


Рис 6.2 Ремонт корпуса крейцкоффа способом дополнительных ремонтных деталей:

1 — корпус крейцкоффа; 2 — ремонтная втулка под палец; 3 — ремонтная втулка под накладку штока

Рис 6.3 Ремонт стола ротора заменой части детали:

1 — стол; 2 — дополнительное ремонтное кольцо

На рис. 6.2. показано использование дополнительных ремонтных деталей для восстановления изношенных резьбовых отверстий в корпусе крейцкоффа 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.

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

## СПОСОБ ЗАМЕНЫ ЧАСТИ ДЕТАЛИ

Этот способ 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 бурового и нефтегазопромыслового оборудования имеют одну или несколько прилегающих друг к другу поверхностей, изнашиваемых наиболее интенсивно. Подобные детали, если позволяет их конструкция, целесообразно ремонтировать способом замены части детали.

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

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

## 6.4. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ДАВЛЕНИЕМ

Ремонт деталей давлением заключается в восстановлении первоначальных размеров рабочих поверхностей пластическим деформированием за счет перераспределения материала детали. В процессе деформирования материал детали вытесняется с нерабочих участков на изношенные поверхности, в результате

чего восстанавливаются форма и размеры этих поверхностей.

При ремонте деталей давлением 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 ремонте этим способом закаленных или поверхностно-упрочненных деталей необходимо предварительно произвести отпуск или отжиг детали.

Детали из непластичных материалов, например из чугуна, а также детали с малыми запасами прочности и сложной конфигурации ремонтировать давлением невозможно.

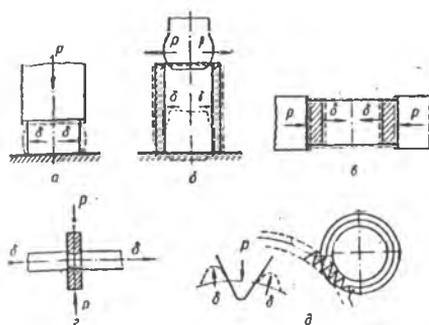


Рис. 6.4 Виды обработки деталей давлением

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 ремонта деталей давлением рекомендуется пользоваться прессами, допускается применять молоты.

На рис. 6.4 представлены схемы различных видов ремонта давлением изношенных деталей: осадка, раздача, обжатие, вытяжка и накатка.

Осадка (см. рис. 6.4, а) применяется для увеличения наружных размеров сплошных и полых деталей и, уменьшения внутренних размеров полых деталей и счет снижения их высоты. При осадке направление внешней силы  $P$ , действующей по вертикальной оси детали, не совпадает с направлением деформации б.

Раздача (см. рис. 6.4, 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 б, и металл перемещается от центра к периферии.

Обжатие (см. рис. 6.4, в) используется для уменьшения размера внутренней

поверхности полый детали за счет уменьшения размера ее наружной поверхности. При обжатии направление действующей силы совпадает с направлением требуемой деформации  $\epsilon$ , происходит перемещение металла от периферии к центру.

На рис. 6.4 представлено приспособление для обжатия втулок. Вытяжка (см. рис. 6.4, з) 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  $\epsilon$ .

Накатка (см. рис. 6.4, 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  $\epsilon$ . На рис. 6.5. представлен инструмент для накатки.

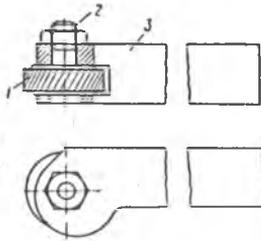


Рис. 6.6. Схема правки.

Правка (рис. 6.6) применяется для восстановления формы деформированных деталей. При правке направление действующей силы  $P$  совпадает с направлением деформации  $\epsilon$ . 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 выпрямляют.

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 давлением являются высокое качество восстановления, 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 нефтяной и газовой промышленности

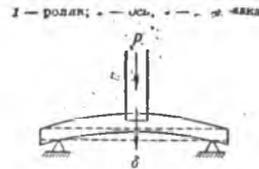


Рис. 6.5. Ролик для накатки.

указанный способ используют для ремонта изношенных бронзовых шулок 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 РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

Приступая к этой теме, следует предварительно четко разграничить процесс сварки и наплавки.

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, ставят, 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 нефтяной и газовой промышленности для ремонта стальных деталей в основном применяют ручную электродугую и реже ручную газовую сварку. Для деталей из чугуна обычно используют ручную газовую сварку и реже электродугую с нагревом всей детали, с местным нагревом и без подогрева. Для ремонта деталей из цветных металлов применяют ручную газовую или аргоно дугую сварку.

Оборудование, используемое при ремонте деталей сваркой, такое же, как и при сварке новых деталей.

Сваркой соединяют отдельные части деталей, заваривают трещины, инковинными устраняют другие дефекты.

Ца плавка 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 в наплавленном слое 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.

Для сохранения исходного химического состава, структуры и физико-механических свойств основного и наплавленного металлов следует как можно меньше перегревать наплавливаемый металл во избежание выгорания компонентов и не доводить основной металл до расплавленного состояния, чтобы не допустить его перемешивания с наплавленным металлом и образования переходной зоны с резко отличающимися свойствами В то же время в том числе. наибольшую прочность сцепления, требуется перегрева и доводить наплавливаемую поверхность детали.

В результате происходит перемешивание основного и наплавленного металлов с образованием переходной зоны.

На практике эту проблему решают путём соответствующего выбора технологических режимов наплавки, стараясь обеспечить достаточную прочность соединения основного и наплавленного металлов и в то же время в минимальной степени изменить их исходное состояние. При этом одним из определяющих факторов является производительность процесса.

Масса наплавленного металла обычно незначительна по отношению к массе основного металла, так как у детали изнашивается, как правило, небольшой слой, который необходимо восстановить или создать более износостойкий слой. Процесс наплавки отличается высокой экономичностью.

Наплавка является распространенным способом ремонта деталей бурового и газонефтепромыслового оборудования, таких как валы, зубчатые колеса, муфты, звездочки, клапаны и штоки буровых насосов и другие детали.

Для ремонта деталей применяют ручные и механизированные виды наплавки (см. классификацию на рис. 6.7). Наибольшее распространение на ремонтных предприятиях нефтяной и газовой промышленности получили ручная газовая и электродуговая наплавки, автоматическая и полуавтоматическая наплавки электрической дугой под слоем флюса и вибродуговая наплавка. Автоматическая и полуавтоматическая наплавки применяются на специализированных ремонтных предприятиях при ремонте большого числа однотипных деталей.

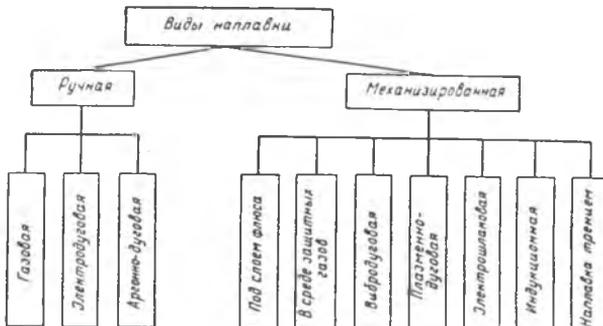


Рис. 6.7. Классификация видов наплавки.

Выбор наплавляемого 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 Св-10Х13, Св-1017Т и Св-08Х14ГТ обеспечивают высокую износостойкость и коррозионную стойкость наплавленного слоя. Хромоникелевыми аустенитными проволоками Св-06Х19Н9 и Св-06Х19Н9Т наплавляют детали, подверженные коррозии и кавитации.

Широко применяют наплавку порошковой проволокой, представляющей собой 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 наплавки под слоем флюса применяют порошковые проволоки марок ПП-3Х2В8, ПП-Х10В14, ПШ-Х42ВФ, ПП-Г13А и др. Для наплавки в углекислом газе используют порошковые проволоки марок ПП-2Х3В10ГТ, ПП-Х12ВФТ, ПП-10Х10Г10Т. Для наплавки открытой дугой применяют порошковую проволоку с внутренней защитой (ПП-3Х4ВЭФ-0, ПП-У15Х12М-0 и другие), которая наряду с легирующими элементами содержит газо- и шлакообразующие материалы, защищающие зону наплавки.

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 наплавляемой поверхности, наложение наплавляемых валиков в определенной последовательности, высокий температурный отпуск детали после наплавки.

## РУЧНАЯ ГАЗОВАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

При ручной газовой сварке и наплавке расплавление основного и присадочного материала осуществляется теплом, выделяющимся в процессе сгорания горючих газов (ацетилена, пропанбутановых смесей и других) в среде кислорода (рис. 6.8). Наиболее распространенным горючим газом, применяемым на ремонтных предприятиях, является ацетилен.

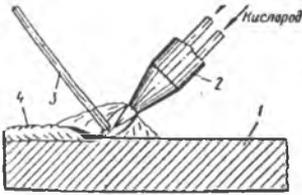


Рис. 6.8 Схема газовой наплавки: 1 — наплавляемая деталь; 2 — газовая горелка; 3 — присадочный материал; 4 — плавящийся металл

В зависимости от соотношения подаваемых в горелку ацетилена и кислорода можно получить нормальное, науглероживающее и окислительное пламя. Нормальное или, как его часто (называют, нейтральное) пламя образуется при соотношении кислорода и ацетилена в смеси, равном 1,0—1,2. Нормальное пламя является восстановительным в отношении к свободной закиси железа и в зоне

плавания ограничивает окисление поверхности. При соотношении кислорода и ацетилен, составляющем 0,8—0,9, возникает науглероживающее, а при соотношении, равном 1,2—1,5, окислительное пламя. Выбор сварочного пламени влияет на качество сварного шва или наплавки, а также на производительность процесса.

Сварку деталей из алюминиевых сплавов, а также из стали с содержанием углерода до 0,5% ведут нормальным пламенем. Науглероживающее пламя обычно используют для сварки деталей из серого чугуна и стали с содержанием углерода более 0,5%.

На ремонтных предприятиях для газовой сварки широко применяют инжекторные горелки среднего давления ГС-53 и ГСМ-53. Горелка ГС-53 предназначена для сварки черных и цветных металлов толщиной 0,5—30 мм горелка ГСМ-53 — для сварки малоуглеродистой стали толщиной 0,2—0,4 мм. Качество сварного шва существенно зависит от расхода ацетилена, угла наклона горелки по отношению к оси сварного шва и скорости перемещения горелки. Расход ацетилена устанавливают в зависимости от вида и толщины свариваемого металла. В зависимости от требуемого расхода ацетилена выбирают соответствующий номер наконечника для сварочной горелки (табл. 6.1).

### Выбор наконечника сварочной горелки

Параметры		Номер наконечника	Параметры		Номер наконечника
Расход ацетилена л/ч	Толщина свариваемого металла, мм		Расход ацетилена, л/ч	Толщина свариваемого металла, мм	
20—65	0,2-0,7	0	400—700		4
50—135	0,5—1,0	1	700—1100		5
135—250	1,0—3,0	2	1150—1750		6
250—400	2,5—4,0	3			

Для сварки деталей из цветных металлов, заварки трещин и раковин небольшой длины в чугунных деталях при толщине стенок 10—15 мм, а также для сварки деталей из малоуглеродистой стали толщиной до 7 мм применяют бензино-кислородное пламя и горелку ГКУ-01-55.

При ручной газовой сварке и наплавке качество шва и наплавленного слоя в значительной мере зависит от состава присадочного материала. При сварке следует применять присадочные материалы, близкие по химическому составу к материалу ремонтируемой детали. Так, для сварки высоколегированных сталей

применяют специальные проволоки, легированные хромом, никелем, молибденом, титаном и др.

Для защиты металла шва от окисления, а также для удаления окислов, образующихся при сварке, применяют флюсы в виде порошка или пасты. Сварку деталей из малоуглеродистых сталей можно вести без флюсов.

Нагрев основного и присадочного металлов при газовой наплавке легко регулируется, что позволяет избежать нежелательного глубокого проплавления основного металла и смешивания его с наплавочным материалом. При использовании валиков. Наложив первый валик, деталь поворачивают на  $180^\circ$  и вновь накладывают валик. Так, систематически поворачивая деталь, производят наплавку первого слоя.

При ремонте закаленных деталей ненаплавляемую часть детали погружают в воду во избежание отпуска. Наплавку легированных сталей производят при большой плотности тока с предварительным подогревом поверхности.

Для повышения производительности ручной электродуговой наплавки рекомендуется применять наплавку металлическим электродом с присадочным пруток, пучком электродов, а также электродами больших диаметров с повышенным коэффициентом наплавки ст.

Ручную электродуговую наплавку целесообразно применять при небольшом объеме работ, а также при наплавке труднодоступных мест.

К преимуществам ручной электродуговой наплавки относятся удобство и простота процесса. Недостатки ее низкая производительность ( $об = 5-7 г/(А \cdot ч)$ ), 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 шлаковая оболочка, защищающая расплавленный металл от взаимодействия с окружающим воздухом и выгорания легирующих элементов. Кроме того, шлаковое покрытие способствует сохранению тепла дуги и препятствует брызганию жидкого металла.

На рис. 6.9. представлена схема наплавки под слоем флюса тел вращения. Между поверхностью детали 5 и электродной проволокой возбуждена электрическая дуга. расплавленная капля металла электрода 3, вращении детали, смешиваясь с основным металлом образует ванночку. При остывании образуется валик, который покрыт шлаком 7 и частично неиспользованным флюсом 1. Шлаковая корка, образующаяся при высокой скорости охлаждения наплавленного металла, создает благоприятные условия для формирования флюса

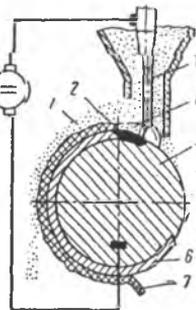


Рис 6.9

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 неограниченна.

Для питания дуги обычно используется постоянный ток обратной полярности. В качестве источника тока применяют сварочные генераторы постоянного тока (ПС-300, ПСГ, 500 и т. д.) или выпрямители (ВСГ-А, ВСГ-3М и т. п.).

Наплавку можно производить как на универсальном оборудовании, так и на специализированных установках. Для ремонта цилиндрических деталей выпускаются сварочные автоматы марок: ПДШМ-500, ПАУ-1, А-580 и А-384; для плоских деталей — автоматы УАНФ-12. При ремонте широко применяют ручной переносной шланговый полуавтомат А-765.

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

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 изготовляют обмазки, наносимые на наплавляемую поверхность.

Легированную электродную проволоку и обычные плавные флюсы наиболее широко применяют при ремонте деталей. Используются легированные проволоки Св-18ХГСА, Св-30ХГСА, 50ХФА и другие или специальные наплавочные проволоки.

Составы флюсов зависят от химического состава основного металла детали и электродов. Применяют две группы флюсов: плавные и керамические. Для наплавки используют высокомарганцовистые и высококремнистые плавные флюсы АН-348А, АН-348АМ и ОСЦ-45М.

Для наплавки деталей, подвергшихся сильному износу, применяют керамические флюсы АНК-18, ЖС-400 и ЖС-500, легирующие металл наплавки и позволяющие получать наплавленный металл высокой твердости. Например флюс АНК-18 обеспечивает твердость наплавленного металла *HB* 350—450.

Обычно слой флюса составляет 40—60 мм над слоем наплавленного шва.

Качество наплавки зависит от силы сварочного тока ( $I$ ), скорости наплавки ( $U_n$ ), скорости подачи сварочной проволоки ( $U_{п.э}$ ) и её диаметра ( $d_{эл}$ ). Сила тока при автоматической наплавке определяется из следующей зависимости

$$I_{св} = 110d_{эл} + 10d_{эл}, \quad (6.1)$$

где  $I_{св}$  — сила сварочного тока;  $d_{эл}$  — диаметр сварочной проволоки, мм.

При наплавке каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на величину, равную примерно половине ширины валика (рис. 6.10).

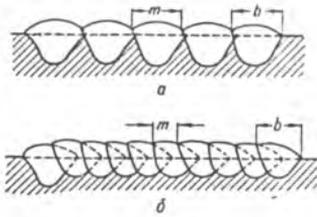


Рис. 6.10. Схема наплавки валиков.

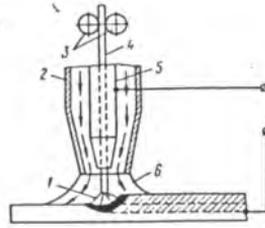


Рис. 6.11. Схема наплавки в среде защитных газов.

С уменьшением шага наплавки уменьшается переход примесей из основного металла в шов.

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) наличие 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 ( $\gamma = 50-70\%$ ) вследствие значительного проплавления основного металла.

Для уменьшения объема расплавленного основного металла и снижения степени его перемешивания с металлом электрода применяют наплавку по винтовой линии с малым шагом, наплавку с введением в зону горения дуги дополнительного прутка или проволоки, многоэлектродные способы наплавки с питанием от одного источника тока, наплавку ленточным электродом в виде широкой тонкой ленты, оплавление которой осуществляется непрерывно перемещающейся по кромке ленты дугой.

Доля основного металла в этих случаях снижается до 10%, а при трех- или четырехслойной наплавке до нуля в верхнем слое. При этом увеличивается на 20-40% коэффициент наплавки и производительность процесса.

Автоматическую наплавку под слоем флюса нельзя применять для восстановления отверстий малых диаметров и наружных поверхностей диаметром менее 40 мм.

Автоматическую наплавку под флюсом целесообразно применять при ремонте большого числа однотипных деталей, когда требуется наплавлять значительный слой металла толщиной от 5 до 40 мм.

### 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. 6.11).

Наплавку углеродистых, легированных сталей и чугуна производят в среде инертного 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 деталей из углеродистых и низколегированных сталей применяют сварочную проволоку марок Св-08ГС, Св-12ГС и Св-08Г20. Детали из хромистых и хромоникелевых сталей наплавляют проволоками марок Св-10Х17Т и Св-06Х19Н9Т. Для получения наплавленного слоя с особыми свойствами применяют порошковую проволоку.

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

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 размерами детали, ее конструкцией и химическим составом металла детали. Чтобы уменьшить деформации, плоские детали следует наплавлять отдельными участками, "вразбежку".

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.

### Вибродуговая наплавка

Автоматическая вибродуговая наплавка основана на использовании тепла кратковременной электрической дуги, возникающей в момент разрыва цепи 2 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. 6.12) 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

Автоматическая вибродуговая наплавка основана на использовании тепла кратковременной электрической дуги, возникающей в момент разрыва цепи 2 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. 6.12) 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. 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

и износоустойчим. При одном и том же электродной проволоки можно получить различную структуру наплавленного слоя в зависимости от количества подаваемой охлаждающей жидкости и способа ее подачи. Основными недостатками наплавки в среде жидкости являются неравномерная структура, наличие газовых пор, трещины и снижение прочности наплавленного слоя. Применение защитных газов, а также применение наплавки и охлаждения, позволяет улучшить качество наплавки и прочность деталей, работающих при ударных нагрузках. В качестве защитного газа используется углекислый газ. Для наплавки применяют наплавочные головки УАНЖ-5, УАНЖ-6, ВГ-2, ВГ-3, ШЛ, ЧГЗ, ГМВК и др. В качестве источников тока используют генераторы

материале  
получить  
слоя в  
подаче.  
среде  
твердость,  
снижение

Применение  
разделение  
значительно  
повысить  
циклических  
обычно  
ремонта  
головки  
КУМА-5,

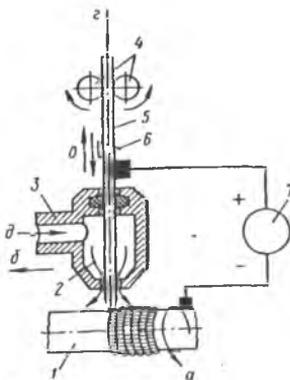


Рис. 6.12 Схема вибродуговой наплавочной установки:

а — направление вращения детали; б — направление перемещения головки; 4 — направляющие ролики электрода; 5 — подача охлаждающей жидкости; 7 — деталь; 2 — охлаждающая жидкость; 3 — сопло; 6 — подающие ролики; 5 — электродная проволока; 6 — вибратор; 7 — генератор

постоянного тока ПСГ-300, ПСГ-500, СМГ или селеновые выпрямители ВСГ-3М.

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

При наличии эксцентричной выработки, превышающей 0,5 мм, необходимо предварительно устранить ее механической обработкой. Качество наплавки зависит от параметров электрического тока, скорости подачи электродной проволоки, амплитуды колебаний электрода, шага наплавки и скорости вращения детали. Частоту вращения детали определяют по формуле;

$$n = 15 d_{эл}^2 k_{п.м} / (D + f) f S k_{п.с} \quad [6.2]$$

где  $d$  — диаметр электродной проволоки, мм;  $V_{эл}$  — скорость подачи электродной проволоки, мм/с;  $k_{п.м}$  — коэффициент перехода электродного металла в наплавленный металл (обычно 0,87—0,90);  $D$  — диаметр наплавляемой поверхности, мм;  $f$  — толщина наплавленного слоя, мм;  $S$  — шаг наплавки, мм/об;  $k_{п.с}$  — поправочный коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади прямоугольника с высотой  $f$  (обычно 0,9—0,95).

Качество наплавленного слоя во многом зависит от материала электродной проволоки. Марку проволоки выбирают в зависимости от требуемых механических свойств наплавленного слоя (см. табл. 5.6). При наплавке стальных деталей высокое качество наплавленного слоя достигается также при использовании электродной проволоки марок 45, 70, 65Г, Св-ЗОХСВ, У 7, У8 и др.

## ЛЕКЦИЯ №7

### 7.1. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

Процесс металлизации заключается в нанесении расплавленного металла на специально подготовленную поверхность детали распылением его струёй 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 газовую, электродуговую, высокочастотную, тигельную и плазменную 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 утолщиться, 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.

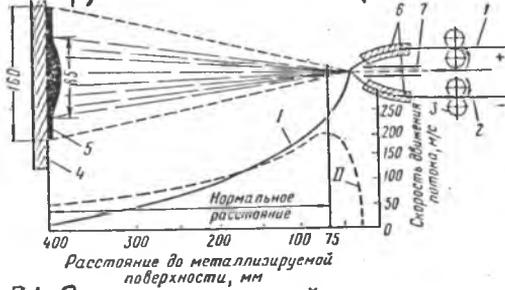


рис. 7.1. Схема электродуговой металлизации.

Наибольшее применение на ремонтных предприятиях получила электродуговая металлизация (рис. 7.1). 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 4—7 кгс/см<sup>2</sup>, 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. Размер частиц зависит от режима металлизации и природы напыляемого металла, и обычно изменяется от 0,01 до 0,2—0,3 мм. Скорость струи сжатого воздуха (кривая II) быстро уменьшается по мере удаления от сопла и на расстоянии 200—300 мм оказывается ниже скорости частиц расплавленного металла (кривая I), движущихся по инерции. В связи с этим расстояние от сопла до металлируемой поверхности должно быть 75—150 мм; в этом диапазоне скорость частиц металла наибольшая, что обеспечивает более высокое качество напыляемого слоя.

В комплект оборудования электрометаллизационной установки (рис. 7.2) входят электродуговой металлизатор 2, компрессор 11 с электродвигателем 12 для подачи сжатого воздуха, ресивер 10 для снижения пульсации воздушного потока, фильтр 9 для очистки сжатого воздуха от масла и влаги и сварочный трансформатор для питания электрической дуги током 7. Металлизацию ведут как на постоянном, так и на переменном токе. В первом случае в качестве источника электрической дуги применяют сварочные генераторы типа ПСО-100, ПСО-500; во втором случае – сварочные трансформаторы.

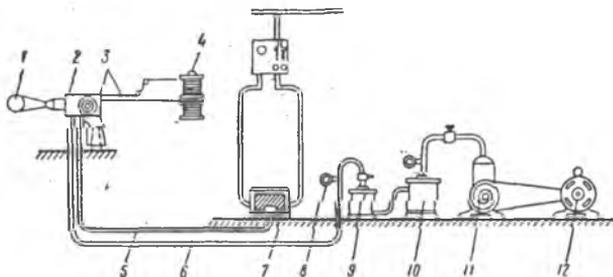


Рис. 72 Схема электротермической установки

1 — деталь; 2 — электродуговой металлатор; 3 — расплавляемая проволока; 4 — барабан с проволокой; 5 — электропровод; 6 — воздуховод; 7 — трансформатор; 8 — манометр; 9 — фильтр; 10 — резистор; 11 — компрессор; 12 — электродвигатель

Для плазменной металлизации промышленностью выпускаются установки УМП-1-61, УМП-2-62 и УМП-4-64. В установке УМП-1-61 напыляемый материал применяется в виде проволоки, а в установке УМП-2-62 — в виде порошка. На установке УМП-4-64 можно применять для напыления как проволоку, так и порошковый материал.

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

Применение плазмообразующих нейтральных газов предотвращает окисление напыляемых металлов. Плазменное напыление является производительным процессом. Достигается достаточно прочное сцепление напыленного слоя с металлом детали.

Основной недостаток плазменной металлизации высокая хрупкость напыленного слоя.

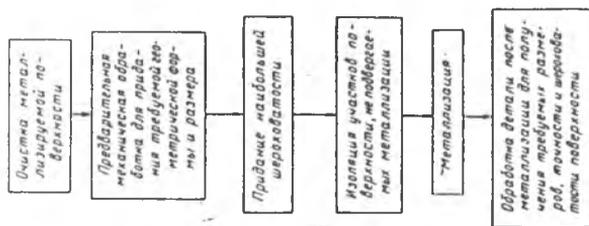


Рис. 7.3. Схема процесса металлизации детали.

На рис. 7.3 приведена схема процесса металлизации детали. Предварительная механическая обработка необходима в 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 обработки.

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.

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.

Изготовку 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.

Следует стремиться к напылению такого металла, коэффициент теплового расширения которого близок коэффициенту расширения металла детали.

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 170—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 легконлавких металлов и сплавов.

Внутренние цилиндрические поверхности металлизуют с предварительным подогревом до 100—150°C, что обеспечивает лучшее сцепление покрытия с металлируемой поверхностью детали, вследствие уменьшения величины остаточных напряжений.

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

Для более прочного сцепления покрытия с материалом детали рекомендуется, чтобы толщина напыленного слоя после окончательной обработки не менее 0,6 мм при диаметре поверхности детали до 25 мм и 0,95—1,0 мм большим 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 процесс. 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 вследствие 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 коррозионноустойчивых покрытий и восстановления неподвижных посадок.

Металлизация используется также для получения в узлах трения обратных пар, в которых подшипник целиком изготовлен из стали, а на сопрягаемую с ним шейку вала нанесено металлизационное покрытие из более мягкого антифрикционного металла. Исследованиями установлено, что обратная пар сравнению с прямой имеет меньший прирост зазора в процессе работы за распределения износа по всей поверхности покрытия вала.

## 7.2 РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ 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 (анионы) к аноду (рис. 7.4).

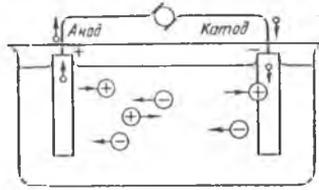


Рис. 7.4. Схема процесса электролиза.

При достижении катода положительными ионами и анода отрицательными образуются нейтральные атомы. В результате на катоде, в качестве которого используется восстанавливаемая 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 Армо, 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.

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. Следует учитывать, что при хромировании можно получить покрытия большой толщины. Поэтому восстановление изношенных поверхностей деталей хромированием применяют, когда необходимо нарастить изношенную поверхность в долях миллиметра или когда надо увеличить износостойкость рабочей части детали.

## 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 ( $HB\ 120—220$ ), и твердые покрытия с твердостью, соответствующей закаленной стали ( $HB\ 250—600$ ).

Прочность сцепления на отрыв покрытия со сталью, медью и чугуном достигает  $15\ \text{кгс/мм}^2$ , благодаря чему восстановленная деталь надежно работает в 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 электролитического осталивания известно несколько типов электролитов: хлористые, сернокислые, борфтористоводородные, хлористоаммониевые электролиты на основе солей железа.

Для осталивания применяют холодные и горячие электролиты. Наибольшее применение на ремонтных предприятиях нашли горячие хлористые электролиты, превосходящие сернокислые по производительности и качеству осажденного слоя. При использовании хлористых электролитов применяют растворимые аноды, изготовленные из малоуглеродистой стали или железа Армко. В зависимости от содержания хлористого железа хлористые электролиты разделяют на три типа: высококонцентрированные, среднеконцентрированные и малоконцентрированные.



Рис. 2.5. Схема технологического процесса ремонта деталей осталиванием

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 воде, травят в соляной кислоте и очищают стальной щеткой. Чтобы предохранить раствор от загрязнения травильным шламом, аноды помещают в ведра 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 готовят 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, также металлические, эмалевые или специальные покрытия.

При получении пористых покрытий после анодной обработки проводится исполнительная доводка поверхности для удаления бугорков, образующихся после осталивания. В качестве доводочных операций применяют анодно-механическое шлифование, притирку чугуном притиром с пастой ГОИ и др. Последующая промывка детали струёй керосина под давлением 4—5 кг/см<sup>2</sup> 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—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; для подшпигников в корпусных деталях, шеек валов, наружных поверхностей стальных втулок, для повышения сцепления баббита с чугунными вкладышами и т.д.
- В некоторых случаях применяют двухслойные комбинированные покрытия. Например, когда требуется нарастить достаточно толстый слой металла и в то же время обеспечить высокую износостойкость восстанавливаемой поверхности, производят сначала осталивание, а затем хромирование детали.

## МЕДНЕНИЕ

Для меднения деталей применяют два типа электролитов: серноокислые и цианистые. Последние обладают значительной токсичностью, в связи с чем на ремонтных предприятиях применяются редко.

В состав серноокислых электролитов входит 200 г/л медного купороса в 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.

## ТВЕРДОЕ НИКЕЛИРОВАНИЕ

Электролитический процесс осаждения никеля называется твердым никелированием. Гальванический осажденный, никель порист и имеет пониженную пластичность. Твердость никелевых покрытий составляет 300—600 кг/см<sup>2</sup>.

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>\*6 H<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 П-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 износостойкое твердое никелирование преимущественно применяют для восстановления размеров поверхностей в неподвижных сопряжениях, например, для восстановления посадочных поверхностей деталей под подшипники.

### 7.3 РЕМОНТ 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.

В качестве припоев используются металлы и сплавы, обладающие

способностью хорошо смачивать соединяемые поверхности. Пайка делится на низкотемпературную, при которой нагрев в месте контакта соединяемых материалов и припоя не превышает  $450^{\circ}\text{C}$ , и высокотемпературную. Для низкотемпературной пайки широко применяются оловянисто-свинцовые припои марок ПОС-30 ПОС-40, ПОС-50, ПОС-61 и другие с температурой плавления  $220\text{—}280^{\circ}\text{C}$ . Эти припои используют для несответственных соединений, работающих при невысоких температурах. Предел прочности на растяжение таких соединений равен  $2,8\text{—}3,2\text{ кг/мм}^2$ .

Для высокотемпературной пайки в качестве припоев используют медь, серебро, никель и сплавы на их основе. Чаше других используются медноцинковые припои марок ПМЦ-36, ПМЦ-40, ПМЦ-54 с температурой плавления  $800\text{—}900^{\circ}\text{C}$ .

Указанные припои позволяют получать швы с пределом прочности на растяжение  $30\text{—}35\text{ кг/мм}^2$ .

Для получения высокопрочных соединений деталей из чугуна, стали или меди, работающих при динамических нагрузках, в качестве припоя часто применяют латунь марки Л-62 или Л-68. Предел прочности этих соединений на растяжение составляет  $30\text{—}32\text{ кг/мм}^2$ .

Процесс пайки включает в себя подготовку соединяемых поверхностей их прогрев до температуры, близкой к температуре плавления припоя, расплавление и нанесение жидкого припоя на соединяемые поверхности и исполнением рабочего шва

Перед пайкой соединяемые поверхности необходимо тщательно очистить от загрязнений и окислов. Для этого применяют механическую обработку, обезжиривание в щелочах и травление в кислотах. Для защиты соединяемых поверхностей и удаления окислов, образующихся в процессе пайки, применяют порошковые или жидкие флюсы. При низкотемпературной пайке в качестве флюса применяют разбавленный раствор цинка в соляной кислоте. При высокотемпературной пайке применяют флюс, состоящий из 80% буры и 20% борной кислоты. После пайки остатки флюса удаляют промывкой в воде.

Для расплавления припоя и нагрева соединяемых поверхностей используют газовые горелки, паяльные лампы, или токи высокой частоты (при высокотемпературной пайке) и электропаяльники (при низкотемпературной пайке).

Пайку обычно применяют для ремонта деталей, имеющих механические повреждения, и чаще всего для устранения трещин.

## **7.4. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ПЕРЕЗАЛИВКОЙ АНТИФРИКЦИОННЫМИ СПЛАВАМИ**

Антифрикционные сплавы широко используются для заливки подшипников скольжения, с целью снижения трения и уменьшения износа шеек вала. Для этих целей применяют высокооловянистый баббит, свинцово-оловянистые никелевый (БН) и теллуристый (БТ) баббиты, свинцовистую бронзу и др.

Выбор материала зависит от удельных нагрузок и температуры на поверхности подшипника в процессе работы. Для баббитов допустимые удельные

нагрузки не должны превышать  $75 \text{ кг/см}^2$ , рабочая температура должна быть не более  $100^\circ \text{C}$ . Свинцовистая бронза используется при удельных нагрузках  $300\text{--}250 \text{ кг/см}^2$  и температуре  $140\text{--}160^\circ \text{C}$ .

При эксплуатации подшипников, залитых баббитом, происходит изнашивание залитого слоя, его выдавливание, появление трещин, выкрашивание и отслаивание вследствие усталостного разрушения под действием циклических нагрузок. Чем тоньше слой баббита, тем выше его физико-механические свойства, в том числе усталостная прочность.

Процесс ремонта подшипников перезаливкой антифрикционным сплавом состоит из подготовки подшипника к заливке, плавки баббита, заливки подшипника баббитом и механической обработки подшипника с последующим контролем.

Обезжиривание подшипников производится в растворе каустической соды при температуре  $80\text{--}90^\circ \text{C}$  в течение 10 мин. Затем подшипники промывают в горячей воде и сушат. Изношенный слой баббита удаляют слесарно-механической обработкой или выплавлением. Подогретый подшипник после обезжиривания и сушки погружают в тигель с расплавленными отходами баббита, а затем для удаления остатков полуды его поверхность протирают асбестовой щеткой. После очистки поверхности проверяют геометрические размеры вкладышей (высоту, наружный диаметр, параллельность плоскостей разреза и др.),

Для защиты от окисления и удаления образовавшихся окислов поверхности подшипника, на которые должен быть нанесен баббит, покрывают флюсом. В качестве флюса используется насыщенный раствор хлористого цинка. Затем производят лужение или натирание поверхности подшипника припоями ПОС-30 или ПОС-40. Лужение осуществляют погружением подшипника в тигель с расплавленным припоем, а натирание стержнем из припоя; при этом поверхность предварительно нагревают до температуры плавления припоя.

После лужения подшипника рекомендуется сразу же начинать заливку баббитом, чтобы не допустить окисления заливаемой поверхности. Для этого предварительно в электротиглях расплавляют баббит. Перед загрузкой баббита необходимо электротигель предварительно нагреть. Расплавленный баббит в тигле засыпают слоем сухого хлористого цинка и древесного угля, в результате чего ограничивается доступ к нему воздуха и уменьшается окисление.<sup>1</sup> Слой угля, состоящий из частиц не менее 5 мм, должен иметь толщину  $20\text{--}30 \text{ мм}$ . Обычно при плавке к свежему баббиту добавляют до 35% отходов в виде литников и выплавленного баббита. Используют также баббитовую стружку, предварительно очищенную от частиц железа, смоченную раствором хлористого цинка и спрессованную после высыхания в брикеты. Температура баббита при заливке должна быть  $400^\circ \text{C}$  — для Б-83 и  $450^\circ \text{C}$  для БН и БТ.

Заливку подшипника баббитом производят в формы или центробежные способом. Перед установкой детали форму очищают от остатков баббита предыдущей заливки и нагревают до температуры  $120\text{--}200^\circ \text{C}$  (для баббита БН и БТ). Вкладыш подшипника, нагретый до  $260^\circ \text{C}$ , после лужения немедленно устанавливают в форму и приступают к заливке баббита. Струя баббита при заливке должна быть короткой и непрерывной. Сразу же после заливки в сердечник формы через штуцеры подается вода для быстрого

охлаждения. Медленное охлаждение способствует росту кристаллов, ухудшающих механические свойства баббита.

К недостаткам заливки в формы следует отнести низкую производительность и повышенный расход баббита.

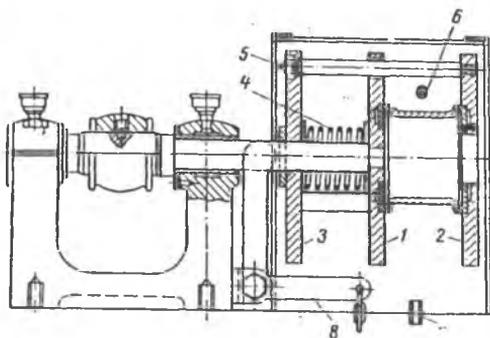


Рис. 7.6. Приспособление для центробежной заливки подшипника.

Более совершенной является центробежная заливка, осуществляемая в специальном приспособлении (рис. 7.6.). Обойма с вкладышами после лужения устанавливается между дисками 1 и 2, при вращении которых баббит под действием центробежных сил равномерно распределяется по поверхности, хорошо сцепляется с полудой, уплотняется, не имеет пузырей и раковин.

После заливки подшипники растачивают и контролируют. Перед расточкой подшипник собирают с комплектом прокладок, а стяжные болты затягивают с установленным усилием. После обработки число отдельных раковин не должно превышать трех на каждой стороне подшипника, причем не допускаются раковины глубже 1 мм и размером по поверхности более 2 мм.

При ремонте вкладышей подшипников, залитых свинцовой бронзой, после очистки и обезжиривания на поверхности, подвергаемой заливке, специальным инструментом создается ячеистая поверхность для лучшего сцепления сплава.

## 7.5. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Способ ремонта деталей полимерными покрытиями заключается в нанесении слоя полимерного материала на изношенную поверхность детали.

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 пресспорошки из терморепактивных полимеров, т. е. таких полимеров, которые при отверждении переходят

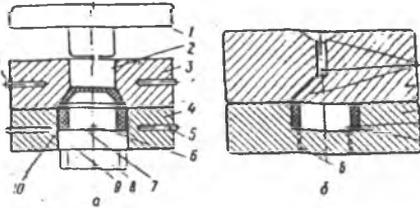


Рис. 7.7. Схемы прессформы для нанесения полимерных покрытий:

1 — пуансон, 2 — загрузочная высота для пластмассы, 3 — крышка, 4 — корпус, 5 — электромагнит, 6 — установочный выступ, 7 — деталь, 8 — оппорная плита, 9 — покрытие, 10 — корпус; б — методом литья: 1 — литник, 2 — крышка, 3 — корпус, 4 — ремонтируемая деталь, 5 — покрытие, 6 — канал для выхода воздуха

в неплавкое и нерастворимое состояния. Ремонтируемую деталь, предварительно очищенную и обезжиренную, помещают в обогреваемую прессформу определенной формы и размеров, и в полость между восстанавливаемой поверхностью и пресс-формой засыпают пресспорошок (рис. 7.8 а).

При повышенной температуре порошок приобретает пластичность и под действием давления заполняет все

зазоры, прочно соединяясь с поверхностью детали.

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, а затем в вязко-текучее состояние, 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 прессформу (рис. 7.8 б). Собранный прессформу вместе с деталью устанавливают на литьевой машине, а гранулы полимерного материала засыпают в бункер литьевой машины.

Процесс состоит из следующих операций: дозирование полимерного материала, нагрев и расплавление материала в цилиндре литьевой машины до вязко-текучего состояния, впрыск под давлением литьевой машины до материала через сопло и литниковые каналы в сомкнутую прессформу, охлаждение детали в форме, размыкание формы и снятие детали.

Основные технологические режимы формирования покрытий из некоторых полимерных материалов методами литья под давлением и прессования приведены в табл. 5.14.

При формировании покрытий из растворов полимеров полимерный материал наносят распылением, окунанием, шпателем или центробежным способом.

При использовании порошковых полимерных материалов применяют

электростатический, струйный и вихревой способы нанесения.

Способ электростатического распыления порошков полимеров широко распространен в отечественной промышленности и за рубежом. При подаче на флюэвку распылителя постоянного тока (положительного знака) высокого напряжения частицы полимера путем контактной передачи при движении в распылителе приобретают заряд. Заряженные частицы под действием силовых линий электрического поля движутся к детали, заряженной противоположным знаком (отрицательным), и оседают на ней. Электростатический способ позволяет управлять процессом нанесения покрытия, что обеспечивает его автоматизацию.

Сущность струйного напыления заключается в нанесении порошка на предварительно нагретую деталь из пневматического распылителя. Способ простой, достаточно производительный и позволяет получать покрытия хорошего качества.

## 7.6. РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Склеивание металлов основано на способности некоторых неметаллических материалов образовать 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

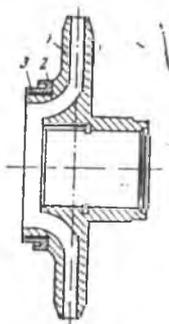


Рис. 7.8 Рабочее колесо центробежного насоса, отремонтированное с применением клеевого соединения:

1 — рабочее колесо;  
2 — кольцо; 3 — клеевой слой

хорошим сцеплением с металлами (адгезионная прочность).

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. В практике ремонта бурового и нефтегазопромыслового оборудования эпоксидные клеи используют для ремонта нефтяных резервуаров, трубопроводов и трубопроводной арматуры, насосного и компрессорного оборудования и теплообменной аппаратуры.

табл. 7.1.

Составы эпоксидных		Клеев холодного отверждения
Состав клея		
Компоненты	Число весовых частей	Режим отверждения
Смола ЭД-5 .....	100	25 +/- 10° С; не менее 24 ч
Дибутилфталат .....	10—15	Или 80 4- 5° С; 5-7 ч
Полиэтиленполиамин	12	
Алюминиевая пудра .....	10	25 + 10° С, не менее 24 ч
Смола ЭД-6 .....	100	
Дибутилфталат .....	10	Или 80 + 5° С; 5-7 ч
Гексаметилендиамин .....	8—10	
Алюминиевая пудра .....	10	25 + 10° С; не менее 48 ч или 80 4- 5° С; 6 ч
Смола ЭД-5 .....	100	
Низкомолекулярная	60—100	100 + 5° С; 3-4 ч
	10	
Смола ЭД-5 .....	100	25 4- 10° С; не менее 48 ч >
Дибутилфталат .....	15	
Кубовый остаток	25 10	100 ± 5° С; 3-4 ч
Смола ЭД-6 .....	100	25 4- 10° С; не менее 24 ч
	15-20	
Пылевидный "кварц" .....	100	Или 100 4- 5° С; 3-4 ч
Полиэтиленполиамин .....	10—15	

На рис. 7.8 представлено рабочее колесо центробежного насоса, отремонтированное способом дополнительных ремонтных деталей с применением клеевого соединения.

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 в крышках блока, а также для устранения других повреждений.

Некоторые применяемые для этих целей составы эпоксидных клеев приведены в табл. 7.1.

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.

## 7.7. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ

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

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

В. В. Ефремовым рекомендована следующая методика выбора рационального способа ремонта деталей машин:

- 1) устанавливают перечень технически возможных способов ремонта детали;
- 2) на основании программы ремонтного предприятия определяют размер партии ремонтируемых деталей;
- 3) разрабатывают технологические процессы ремонта деталей различными входящими в перечень способами и определяют стоимость ремонта при использовании каждого из способов на конкретном предприятии;
- 4) учитывая, что рациональным способом ремонта, очевидно, будет не только самый дешевый, но и обеспечивающий увеличение межремонтного периода, следует связать эти оба фактора. С этой целью вводится коэффициент  $\beta$ , где  $C_p$  — стоимость отремонтированной детали, руб;  $x$  — коэффициент

$$\beta = \frac{C_p}{C_{\text{н}}} \quad (7.1.)$$

сравнительной износостойкости™ детали, равный отношению ресурса отремонтированной детали к ресурсу новой детали  $Z_{\text{н}}$ .

Величина  $I_u$  определяется на основании испытаний на износ основных деталей; величина  $I_p$  для различных способов ремонта определяется на основании сравнительных испытаний на износ образцов в условиях, близких к эксплуатационным.

Чем меньше значение  $\sigma$ , тем более рационален способ ремонта. М. А. Елизаветин рекомендует выбирать наиболее рациональный способ ремонта по нескольким показателям или по одному обобщающему показателю, например, по относительной стоимости, т. е. стоимости ремонта детали, отнесенной к ресурсу после ремонта. Рассмотрим некоторые из этих показателей.

$$K_2 = \frac{C_H - C_B}{C_H} \quad (7.2)$$

Показатель экономической целесообразности, где  $C_H$  — стоимость новой детали, руб;  $C_B$  — стоимость отремонтированной той же детали выбранным способом, руб.

Наиболее рациональным способом следует считать тот, при использовании которого величина  $k_2$  будет больше.

Показатель изменения ресурса

$$K_{3.H.} = \epsilon_H / \epsilon_p \quad (7.3)$$

Сравнивая значения величины  $k_{3.H.}$  при различных способах ремонта, следует выбирать тот, при котором величина  $k_{3.H.}$  будет меньше.

## Лекция № 8

### Типовой технологический ремонт нефтепромыслового оборудования Обслуживание и ремонт станков-качалок в процессе эксплуатации

Надежность и работоспособность станков-качалок достигается за счет своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов. В процессе эксплуатации станков-качалок возможны и вынужденные ремонты (аварийные или восстановительные), непредусмотренные планом.

Планово-предупредительный ремонт включает текущий, средний и капитальный ремонты.

**Текущий ремонт** должен обеспечивать работоспособность станков-качалок до их капитального ремонта. Выполняется он ремонтными бригадами при кратковременных остановках скважины или подземном ремонте.

При текущем ремонте: проверяется и осуществляется подтяжка крепежных

соединений; заменяются пришедшие в негодность крепежные детали (болты, гайки, шпильки и др.); меняются клиновые ремни, канаты, канатные подвески или шпильки; заменяются детали нижней головки шатуна, пальцы кривошипов; сменяются подшипниковые узлы, шарнирные соединения и ходовые винты.

**Средний ремонт** включает все перечисленные работы, выполняемые при текущем ремонте и дополнительно предусматривает смену нижних головок шатунов в сборе с пальцами кривошипа, ходовых винтов с деталями на кривошипах при бесступенчатом изменении длины хода и механизированном перемещении противовесов; ремонт и смену шатунов; устранение смещения осей кривошипов; смену деталей защелки поворотной головки балансира, шпильца поворотной головки, скоб опоры балансира; замену деталей тормоза, электродвигателя и изношенных шкивов; исправление ограждений" лестниц и шарку небольших трещин в сварных швах; смену прокладок и уплотнений редуктора; исправление шпоночных пазов валов, зачистку зубьев у шестерен редуктора и в отдельных случаях смену зубчатых колес.

Средний ремонт выполняют или на установке станка-качалки или в мастерских в зависимости от характера работ.

**Капитальный ремонт**, кроме работ, перечисленных при среднем ремонте, предусматривает полную разборку узлов и ремонт их. Восстанавливают или заменяют пришедшие в негодность основные узлы и детали станка-качалки; полностью разбирается и ремонтируется редуктор. При капитальном ремонте редуктора основными работами являются реставрация или смена валов и зубчатых колес с последующей обкаткой отремонтированного редуктора холостую и на максимально допустимую нагрузку.

Капитальный ремонт станков-качалок, имеющий целью восстановление технических данных по паспорту. Для положительных результаты, когда выполняется специализированными ремонтно-монтажными бригадами по методу узлового ремонта. При этом узел, включающий негодные детали, заменяют новым или отремонтированным. Замененный узел передают на ремонтную базу для восстановления. Такая замена в существующих типах станков-качалок возможна, так как присоединительные и посадочные размеры выполняют в пределах допусков, а сами детали и узлы взаимозаменяемы.

Для своевременного и качественного проведения средних и капитальных ремонтов станков-качалок в ремонтно-механических мастерских или базах должны находиться оборотные узлы всех типоразмеров, находящихся в эксплуатации.

Ремонтный цикл - период работы оборудования между двумя капитальными ремонтами, а для нового оборудования — от начала ввода в эксплуатации до первого капитального ремонта. Продолжительность ремонтного цикла — 5 лет (рис. 8.1)

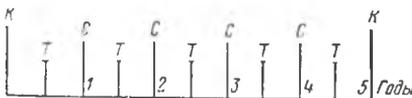


Рис. 8.1. Периодичность ремонта станка-качалки.

К — капитальный ремонт; Т — текущий; С — средний.

Рис.8.1. Периодичность ремонта станка-качалка.

Период работы оборудования между любыми очередными плановыми ремонтами называется межремонтным периодом. Для станков качалок

продолжительность межремонтного периода равна 12 мес.

В приложении рассматриваются неисправности в станках-качалках, возникающие в процессе эксплуатации, и способы их устранения (табл. 8.1).

В табл. 8.1 приведена спецификация подшипников, применяемых в станках-качалках типа ГК.

Для механизации ручного труда и обеспечения безопасных условий работы при ремонте станков-качалок в полевых условиях предназначен агрегат Азинмаш-47 (рис. 8.2). В качестве транспортной базы использован гусеничный трактор ДТ-75. Агрегат оснащен выдвижной рабочей площадкой и краном. Краном выполняют работы по замене отдельных деталей и узлов, погрузочно-разгрузочные работы и др. Управление краном и выдвижной рабочей площадкой гидрофицировано и осуществляется из кабины трактора. Грузоподъемность крана при максимально поднятой стреле 1000 кг, при опущенной — 500 кг.

Таблица 8.1

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Вибрация стойки и расшатанность станка качалки	Деформация фундамента. Неправильный монтаж станка-качалки Значительное превышение числа качаний и нагрузки в точке подвеса штанг Неуравновешенность станка Ослабление крепления болтовых соединений стойки и редуктора к раме и рамы к фундаменту	Капитально отремонтировать фундамент, выдержав размеры в соответствии с чертежом Проверить и отрегулировать сочленение узлов станка Режим эксплуатации станка установить согласно технической характеристике Проверить и уравновесить станок Подтянуть все крепежные соединения
Проворачивание пальца кривошипа в отверстии; периодический скрип	Ослабление затяжки пальца в конусном отверстии	Затянуть корончатую гайку и вновь зашлифовать

<p>Появление толчков при движении шатунов, скрип в верхних и нижних головках шатунов</p>	<p>Износ пальца и втулки Срез шпонки пальца или заплечика замковой шайбы Неприлегание торца заплечика к кривошину Загрязнение конусного отверстия в кривошине</p> <p>Заедание пальцев верхних головок шатунов Смещение кривошипов</p>	<p>Сменить палец и втулку Сменить шпонку или замковую шайбу Собрать правильно вновь узел крепления пальца Вынуть палец, вычистить конусное отверстие и палец, вставить палец, затянуть его и зашлифовать гайку</p> <p>Снять шатун с траверсой, выбить палец, зачистить, смазать и вновь собрать его Снять один кривошип. Изготовить и установить ступенчатую шпонку для совмещения осей кривошипов</p>
<p>Надевание шатунов за кривошину или противоссы</p>	<p>Не отцентрирован станок Перенос балансира</p> <p>Большие литейные приливы на грузах</p>	<p>Отцентрировать станок Отрегулировать балансир до совпадения его оси с продольной осью станка Срубить выступающие приливы или заменить детали</p>
<p>Неисправности Рывки при вращении кривошипов</p>	<p>Возможные причины неисправности</p> <p>Ослабление затяжки дифференциальной кривошипа.</p> <p>Смятие шпонки или разработка шпоночной канавки на валу редуктора</p>	<p>Способы устранения</p> <p>Затянуть дифференциальную стяжку кривошипа Заменить шпонку или повернуть вал редуктора и установить шпонки в новые канавки на валу</p>
<p>Сползание грузов с кривошипа</p>	<p>Ослабление крепления болтов или их обрыв Неплотное прилегание грузов к кривошипам или грязные соприкасающиеся поверхности</p>	<p>Затянуть болты или заменить новыми Удалить выступающие места на соприкасающихся поверхностях и очистить их от грязи перед сборкой</p>
<p>Осевое смещение верхнего пальца шатуна Обрыв верхних головок шатунов</p>	<p>Непопадание стопорного болта в углубление пальца</p> <p>Заедание пальцев верхних головок шатунов в отверстиях траверсы и смещение осей кривошипов</p>	<p>Проверить и правильно установить стопорный болт</p> <p>Снять шатун с траверсой, выбить палец верхней головки шатуна, зачистить, смазать и вновь собрать; совместить оси кривошипа при помощи ступенчатой шпонки</p>
<p>Смещение опоры траверсы</p>	<p>Ослабление болтовых соединений, зазор между корпусом подшипника и упорными планками</p>	<p>Вставить прокладки необходимой толщины, приварить их и затянуть гайки или затянуть болты и забить клинья между подшипниками и упорными планками</p>

Перемещение балансира по его квадратной оси	Зазор между осью балансира и упорными планками Ослабление крепления оси балансира	Установить прокладку для устранения зазора, затянуть гайки Закрепить гайки у скоб и поставить контролки
Прокальзывание сальникового штока или каната в зажимах подвески	Несоответствие размера каната и штока размерам планок Износ зубьев планок	Подобрать и установить соответствующие планки и канат Заменить планки

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Задевание траверсы канатной подвески сальникового штока за головку балансира	неисп явности Короткий канат подвески	Установить канат необходимой длины
Шум или стук в корпусе подшипника	Поломка или износ подшипника качения Отсутствие смазки	Заменить подшипник. При преждевременном выходе из строя подшипника проверить, нет ли перекосов, перетяжки и др. Набить подшипники смазкой.
Неравномерный натяг ветвей канатной подвески	Защемление каната между роликом и дугой головки балансира Прилетание ролика к его ободу	Установить шайбу между роликом и дугой головки балансира Подложить шайбу под ограждение ролика
Самоторжение или недостаточное торможение	Загрязненность нефтьк или маслом тормозного шкива Изношены тормозные ленты на колодках или неотрегулирован ход тормозных колодок	Очистить и насухо протереть поверхность тормозного шкива Сменить тормозные ленты на колодках; отрегулировать винтом ход тормозных колодок
Буксование или неодинаковое провисание клиновых ремней	Клиновые ремни применены неодинаковой длины Смещение клиновых ремней из-за слабого крепления к салазкам или отсутствия упорных винтов	Подобрать комплект одинаковой длины Закрепить болты, установить упорные винты
Вибрация электродвигателя	Недостаточная жесткость салазок Ослабление крепления электродвигателя к салазкам	Заменить салазки на более жесткие Затянуть болты

Шум в зубчатых передачах редуктора      Редуктор      Уравновесить станок-качалку

Неравномерная нагрузка на качалку редуктор при движении вверх и вниз

Неисправности	Возможные причины неисправности	Способы устранения
Нагревание корпуса редуктора	<p>Большой радиальный зазор в одном или нескольких конических роликоподшипниках промежуточного или ведомого вала</p> <p>Избыток масла</p> <p>Недостаток масла</p> <p>Перегрузка редуктора за счет неуравновешенности станка</p>	<p>Выбрать радиальный зазор в роликоподшипниках при помощи регулировочного винта (на промежуточном валу) или регулировочной крышки (на ведомом валу); регулировочную крышку или винт необходимо зажать до тугого проворачивания</p> <p>Слить излишек масла ниже контрольного уровня</p> <p>Добавить масло до верхнего контрольного уровня</p> <p>Уравновесить станок качалку</p>
Нагрев подшипников или посторонний шум в подшипниковых узлах:	<p>Износ или поломка подшипников</p> <p>Недостаток масла</p> <p>Ослабление крепления крышек или стаканов подшипников</p> <p>Неточность изготовления зубчатой передачи, перекос валов</p>	<p>Сменить подшипники</p> <p>Добавить смазку</p> <p>Закрепить болты крышек подшипников</p> <p>Возвратить редуктор на завод-изготовитель для устранения дефектов</p>
Периодические удары передаче	<p>Некачественное изготовление зубчатой передачи</p> <p>Попадание постороннего предмета между зубьями</p>	<p>Заменить вышедшую из строя зубчатую передачу</p> <p>Очистить картер редуктора от сломанных зубьев и посторонних предметов</p>

<p>Пропуск масла из плоскости разъема крышки и корпуса редуктора</p>	<p>Ослабление болтов крепления крышки редуктора Некачественная сборка редуктора Избыток масла в редукторе</p>	<p>Затянуть болты Снять крышку с корпуса редуктора, очистить от лака плоскость разъема и выступы боковых крышек: перед сборкой покрыть тонким слоем спиртового (ВГУ, ; МХ11) или бакелитового лака марок А, Б и В. Слить лишнее масло до верхнего контрольного уровня</p>
--	---	---

Неисправности	Возможные причины неисправности	Способы устранения
<p>Пропуск масла из сальниковых узлов</p>	<p>Закупорены лабиринтовые канавки и отверстия для возврата масла в проходных крышках Избыток масла в редукторе</p>	<p>Снять проходные крышки, очистить лабиринтовые канавки и отверстия для возврата масла в картер Слить излишек масла ниже верхнего контрольного уровня</p>
<p>Осевое перемещение ведущего вала</p>	<p>Значительный износ зубьев быстроходной передачи Большой радиальный зазор в конических роликоподшипниках промежуточного вала</p>	<p>Заменить быстроходную передачу Устранить радиальный зазор в роликоподшипниках промежуточного вала регулировочным винтом, установленном на крышке промежуточного вала</p>
<p>Осевое перемещение промежуточного вала, стук в передаче в момент изменения крутящего момента</p>	<p>Значительный износ зубьев промежуточного вала Большой радиальный зазор в конических роликоподшипниках промежуточного вала</p>	<p>Заменить промежуточный вал-шестерню Устранить радиальный зазор в роликоподшипниках промежуточного вала регулировочным винтом, установленном на крышке промежуточного вала</p>

Осевое перемещение ведомого вала, сопровождаемое ступком в момент изменения крутящего момента

Задиры на ведомом валу при выходе из крышки

Износ зубьев тихоходной передачи Большой радиальный зазор в конических роликоподшипниках ведомого вала

Износ роликоподшипников или при регулировке не был устранен радиальный зазор в подшипниках

Заменить тихоходную передачу Выбрать радиальный зазор в роликоподшипниках ведомого вала при помощи регулировочной крышки

Зачистить задиры на валу и заменить проходную крышку

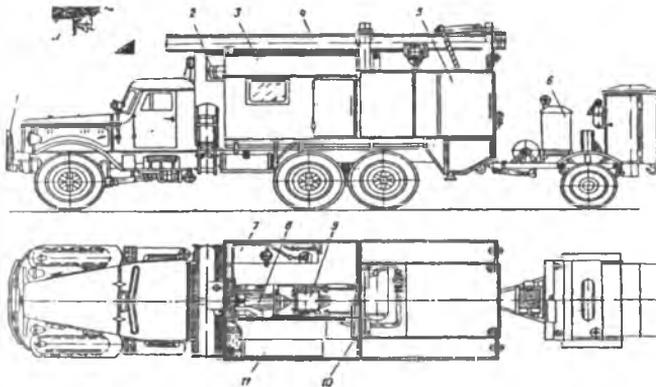


Рис 3.2

1 — толкатель, 2 — отбойный молоток, 3 — лебедка, 4 — грузоподъемный механизм, 5 — гидравлическая установка, 6 — компрессор, 7 — шланги, 8 — компрессор, 9 — линия пневмопровода, 10 — линия пневмопровода, 11 — линия пневмопровода

Привод компрессора К-5 осуществляется от раздаточной коробки, связанной с коробкой отбора мощности автомобиля карданной передачей. Компрессор обеспечивает работу бетонолома, пневмоключа, пневматической шлифовальной и сверлильной машин, пневматического бурильного молотка, входящих в комплект агрегата.

На грузовой площадке, предназначенной для перевозки грузов-здвижек, трубков и узлов оборудования, установлена лебедка с максимальным тяговым усилием — 12 т. Лебедка оснащена тросом длиной 55 м, диаметром 21 мм. Привод лебедки от раздаточной коробки. Скорость вращения барабана лебедки 14 и 26 об/мин. По боковым бортам площадки расположены ящики, в которых, кроме инвентаря по технике безопасности, пожарного и пневматического инструмента, размещены: приспособления для резки каната и трубки в трубопровод: съемник пальца кривошипа; опрессовочная установка

для гидроиспытаний арматуры, включающая ручной поршневой насос ГН-500 с максимальным давлением  $500 \text{ кгс/см}^2$  при подаче  $0,24 \text{ л/мин}$ , предохранительный клапан и емкость для воды (20 л); домкрат для разжима кривошипов; насос ручной смазки, ручная рычажная лебедка для подтаскивания грузов и натяжения оттяжек вышек грузоподъемностью 3 т; пневматический насос типа Н-1М производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  с напором 6—8 м и т. д.

Грузоподъемный механизм агрегата, обеспечивающий погрузку и выгрузку оборудования и деталей, состоит из выдвижной двутавровой балки № 30М с ручной шестеренчатой талью грузоподъемностью 3 т. В рабочем положении балка выдвигается на 3,5 м, при этом грузоподъемность в зависимости от расположения тали находится в пределах 2—3 т.

На прицепе ИАПЗ-738 грузоподъемностью 1,8 т установлены электросварочный агрегат АДБ-306 с двигателем ГАЗ-320, ацетиленовый генератор, барабан сварочного кабеля, сушильная камера для отсыревших электродов, стеллажи для кислородных баллонов и других принадлежностей. Для хранения электродов, карбида и другого сварочного инструмента предусмотрены ящики.

Прицеп снабжен опорными стойками и может быть использован без основного агрегата.

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Основные положения в технике безопасности при глубинно-насосной эксплуатации скважин — ограждение движущихся частей станка-качалки и правильное выполнение требований при ремонте. Однако с внедрением однотрубной системы сбора и транспорта продукции нефтяных скважин серьезные требования предъявляются к оборудованию устья скважины. При сравнительно высоких устьевых давлениях ( $20 \text{ кгс/см}^2$  и выше) оборудование должно иметь достаточный запас прочности. Необходимо эксплуатировать только стандартное оборудование устья скважин, опробованное и принятое к серийному производству, к числу которого относятся устьевые сальники с самоустанавливающейся головкой типа СУСГ 1-73-25, рассчитанные на рабочее давление  $25 \text{ кгс/см}^2$  и СУСГ 2-73-40 —  $40 \text{ кгс/см}^2$ .

При монтаже и эксплуатации станков-качалок основными требованиями по технике безопасности являются следующие.

1. Станок-качалку необходимо монтировать под руководством опытного бригадира или мастера при помощи монтажных приспособлений или крана.
2. Все движущиеся части станка должны быть ограждены.
3. При нижнем положении головки балансира расстояние между траверсой подвески сальникового штока и устьевым сальником должно быть не менее 20 см.
4. Запрещается проворачивать шкив редуктора вручную и тормозить его путем подкладывания трубы, лома или других предметов.
5. Запрещается снимать клиновый ремень при помощи рычагов; устанавливать и снимать ремень необходимо путем передвижения электродвигателя.
6. При замене пальцев кривошипа шатун требуется надежно крепить к

стойке станка.

7. Работы, связанные с осмотром или заменой отдельных частей станка, необходимо выполнять при остановке и заторможении станка.

8. Перед пуском станка-качалки необходимо убедиться, что станок не на тормозе, ограждения установлены и закреплены и нет посторонних людей в опасной зоне.

9. До начала ремонтных работ на установке привод должен быть отключен, и на пусковом устройстве укреплен плакат: "Не включать — работают люди". На скважинах с автоматическим и дистанционным управлением у пускового устройства должен быть укреплен щит с надписью: "Внимание! Пуск автоматический".

При обслуживании электропривода персонал должен работать в диэлектрических перчатках. Глубиннонасосная установка перед пуском в эксплуатацию должна иметь заземление. В качестве заземлителя электрооборудования должен быть использован кондуктору скважины. При этом кондуктор должен быть связан с рамой станка двумя заземляющими проводниками (сечение каждого 50 мм<sup>2</sup>), приваренными в разных точках кондуктора и рамы, доступных для осмотра. Заземляющим проводником может быть круглая, полосовая, угловая и другого профиля сталь, кроме каната. Для защиты от поражения электрическим током при обслуживании станка-качалки применяют изолирующие подставки.

### **Обслуживание и ремонт погружных центробежных электронасосов**

В нашей стране погружные центробежные электронасосы для добычи нефти получили широкое применение. В определенной категории скважин, особенно высокодебитных, обводненных и глубоких применение центробежных электронасосов позволяет получить значительный экономический эффект.

Установка погружного центробежного электронасоса (УЭЦН) состоит из погружного агрегата, спускаемого в скважину, и наземного оборудования, устанавливаемого на поверхности у скважины.

Погружной агрегат состоит из центробежного многоступенчатого насоса 1, погружного электродвигателя 2 для вращения насоса и гидрозащиты двигателя

В состав наземного оборудования входят: трансформатор или понижающий трансформатор 4, при помощи которого подается необходимое номинальное напряжение к погружному электродвигателю; станция управления, предназначенная для управления погружным электронасосом; и отключения этой установки при отклонении от нормального режима ее работы; оборудование устья скважины 6.

Погружной электронасос, электродвигатель и гидрозащита соединяются между собой фланцами и шпильками или при помощи специальных быстроразъемных соединений. Валы насоса, двигателя и протектора имеют на концах шлицы и соединяются шлицевыми муфтами.

В верхней части центробежный насос имеет ловильную головку с внутренней резьбой, соответствующей резьбе муфты насосно-компрессорной

трубы. Погружной агрегат спускают в скважину на насосно-компрессорных трубах, которые подвешивают на колонной головке или на подвесной шайбе, установленной на колонном фланце обсадной колонны.

Электрэнергия подается к электродвигателю погружного агрегата с поверхности по специальному бронированному кабелю 7. Кабель крепится к протектору, насосу и к насосно-компрессорным трубам три помощи металлических поясов 8. К электродвигателю кабель присоединяется через специальную муфту кабельного ввода.

Кабель на выходе из скважины в устьевом оборудовании герметизируют, так как в кольцевом пространстве между насосно-компрессорными трубами и обсадной колонной может создаваться давление.

Жидкость из скважины, подаваемая погружным электронасосом, поднимается по насосно-компрессорным трубам и далее через устьевое оборудование по выкидной линии поступает на сборный пункт.

Установки погружных центробежных электронасосов обозначаются шифром УЭЦН, а установки с повышенной износостойкостью насоса — УЭЦНИ. Техническая характеристика установок приведена в табл. 15.

## 8.2. ПОГРУЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

### Погружной центробежный насос

Погружной центробежный электронасос по принципу действия не

Рис 8.3

отличается от обычных центробежных насосов, применяемых для перекачки жидкости. Отличие его заключается только в том, что он — многоступенчатый, с малым диаметром рабочих ступеней; Выпускаемые для нефтяной промышленности электронасосы содержат от 80 до 400 рабочих ступеней.

Насос представляет собой металлический корпус, изготовленные из стальной трубы, наружный диаметр которой позволяет свободно спускать насос в обсадную колонну скважины. В соответствии с размером обсадных колонн диаметры погружного оборудования (насоса с электродвигателем и гидрозащитой) не превышают 114, 129, 124,1 137 и 142,5 мм. Длина насоса определяется числами ступеней и секций насоса и может быть от 4 до 15 м.

В корпус *IS* многоступенчатого погружного насоса (рис. 8.3) вставляется пакет насоса, представляющий собой собранные на валу насоса 8 рабочие колеса *10* и направляющие аппараты *11*. Снизу в корпус ввинчивают основание насоса с приемными отверстиями, через которые жидкость из скважины поступает к первой ступени насоса.

Для предотвращения поворота пакета в корпусе во время работы насоса нижняя опора, направляющие аппараты и верхний подшипник б вращаются в осевом винченном в насоса. Рабочие колеса насоса продольной шпошкой 9. Для между направляющими колесами и создания расточки нижних компрессоры образуют с направляющих опоры ступеней, через возникающие в рабочих корпуса направляющих шпиль и осом насоса. Верхние также снабжены шпильками меньшей необходимо для работе насоса в режиме направлены во время запуска насоса выключке.

В основании насоса опора насоса. Эта опора шпильки, действующие насосом давления и даже радиальные на вал. Нижняя опора радиально-упорных

основного и однорядного, воспринимающих нагрузки, действующие ответственно сверху вниз и снизу вверх.

При свинчивании насосно-компрессорных труб необходимо следить, чтобы вывешенная к скважине колонна не проворачивалась. В противном случае гибель, закрученный вокруг труб, увеличивает общий диаметральный габарит погружной части установки и при спуске может получить механическое повреждение.

Скорость спуска (подъема) агрегата не должна превышать 0,25 м/с.

В процессе спуска агрегата необходимо периодически (через каждые 300 м) проверять сопротивление изоляции двигателя с кабелем и следить за характером изменения. При резком снижении сопротивления изоляции спуск агрегата необходимо прекратить. Минимальное допустимое сопротивление изоляции установки после спуска агрегата в скважину — 10 МОм.

Монтаж погружного агрегата сопровождается тщательной очисткой всех элементов, проверкой вращения валов и свободной посадки шлицевых муфт,

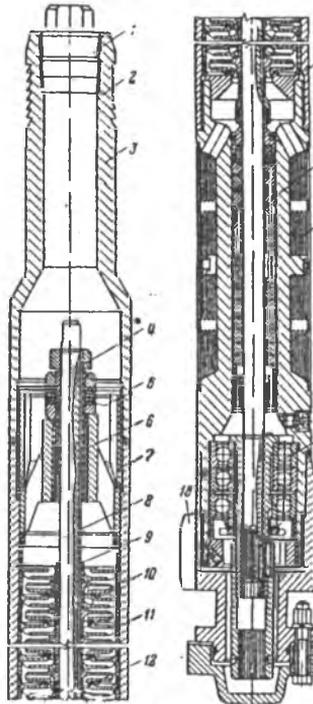


Рис. 8. 4. Погружной центробежный насос в обычном исполнении

1 — фланцевая пробка 2 — шарика для хвата ловильным инструментом, 3 — верхний подшипник (шариковый и стальной), 4 — дистанционное кольцо, 5 — верхняя плита, 6 — верхний шпильник, 7 — гайка (шпилька), 8 — вал, 9 шпошка 10 — рабочее колесо 11 — направляющий аппарат, 12 — текстолитовая шайба, 13 корпус насоса, 14 — сальник, 15 — сетка, 16 радиально-упорный подшипник, 17 — гладкая крышка, 18 — ребра для защиты плоской

установлена нижняя воспринимает осевые на вал от развиваемого веса самого вала, а нагрузки, действующие

состоит из двух шарикоподшипников:

закачкой масла в двигатель и опрессовкой его. Все эти работы выполняются согласно инструкции по монтажу.

Монтаж заканчивается установкой оборудования устья скважины, которое обеспечивает подключение трубопровода для отбора газа из межтрубного (кольцевого) пространства; установкой на нагнетательном трубопроводе манометра, задвижки и крана для отбора проб жидкости; уплотнением кабеля в проходном отверстии устьевого головки (при газовых проявлениях); замером динамического уровня.

### 8.3. ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТАНОВКИ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ЭЛЕКТРОНАСОСОВ

Высокая надежность и долговечность оборудования установки погружных электронасосов обеспечивают достаточно длительную работу погружных агрегатов в скважине. В некоторых нефтяных районах там, где в добываемой жидкости отсутствуют механические примеси, продолжительность бесперебойной работы погружных агрегатов в скважине достигает до 1—1,5 г. Если в жидкости находится песок, срок службы погружных агрегатов снижается до 50—70 дней в основном из-за износа рабочих ступеней насоса.

В том и другом случае в процессе эксплуатации погружные электронасосы не требуют постоянного ухода за ними. Устройство станции управления позволяет контролировать работу погружного агрегата на заданном режиме.

При хорошо выполненном монтаже погружного агрегата и спуске его в скважину наблюдение за его работой заключается в следующем.

1. Не реже одного раза в неделю замеряют производительность насоса.
2. При спуске установки, а также еженедельно замеряют напряжение и силу тока электродвигателя.
3. Подбором ответвлений трансформатора (автотрансформатора) устанавливают минимальное значение тока, потребляемого двигателем.
4. При сопротивлении изоляции 50 кОм и ниже погружной агрегат поднимают (в установке со станцией управления ПГХ-5071).
5. При отключении устройства контроля изоляции УКИ (станция управления ПГХ-5072) после предварительного замера мегомметром сопротивлений изоляции системы “кабель — двигатель” погружной агрегат поднимают.
6. При отключении установки повторно пускают ее только после измерения сопротивления изоляции системы “кабель — двигатель”.
7. 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).
8. 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 ликвидировать неполадки установки, необходимо поднять погружной агрегат. Для этого следует: выключить установку; выключить

рубильник-предохранитель; отсоединить кабель, питающий двигатель. От станции управления: проверить сопротивление изоляции системы "кабель — двигатель"; установить и отцентрировать мачту подъемного механизма; при необходимости заглушить скважину, применяя для этой цели только обратную промывку; демонтировать устьевую арматуру; слить жидкость из насосно-компрессорных труб, сбросив в колонну насосно-компрессорных труб диаметром 53 мм ломик; ввернуть в муфту колонны насосно-компрессорных труб патрубок длиной 0,5—1 м с муфтой на другом его конце; установить на патрубке элеватор, и приподнять колонну труб; разобрать уплотнение кабеля в планшайбе или колонной головке; установить на фланец обсадной колонны подставку; поднять погружной агрегат со скоростью не более 0,25 м/с.

При подъеме труб кабель освобождают от поясов, не допуская падения их в скважину. Трубы поднимают с одновременным наматыванием кабеля на барабан, при этом необходимо следить за тем, чтобы кабель наматывался равномерно и не касался земли.

Запрещается сматывать кабель на землю. Не допускаются резкие перегибы кабеля и удары по броне. Кабель из скважины должен поступать на верхнюю часть барабана.

После подъема агрегата снимают защитные кожухи плоского кабеля. Под головкой нижней секции насоса устанавливается хомут, агрегат опускается до посадки хомута на фланец обсадной колонны и верхняя секция насоса отсоединяется от нижней.

Агрегат разбирают и одновременно проверяют герметичность двигателя и гидрозащиты, а также работоспособность сальника насоса.

#### 8.4. МОНТАЖ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Процесс изготовления машины состоит из следующих технологических и:

- 1) изготовление деталей;
- 2) сборка деталей в агрегаты и машины в целом.

Однако для повышения качества изготовления оборудования участие завода-изготовителя должно заканчиваться лишь после сборки оборудования в месте эксплуатации и строительства всего комплекса сооружений, т. е. де монтажа.

Монтаж — соединение частей и агрегатов комплекса машины между № и со строительными конструкциями.

Известно, что строительное производство по организации, технологической оснащенности и условиям труда отличается от условий заводского производства.

Для строительного производства характерны более низкая квалификация рабочих, упрощенная технология, условия труда, не соответствующие в некоторых случаях сложности производства.

Многое делается для улучшения организации, технологии производства условий труда в строительстве предприятий нефтяной и газовой промышленности. Хорошим примером является строительство линейной части

магистраль к трубопроводам, где комплексная механизация работ достигла 98,5%, что повышает мировой уровень механизации таких работ. Для улучшения условий жизни строителей трубопроводов организованы передвижные городки максимумом бытовых и культурных удобств.

Основная причина разницы условий строительного производства в нефтяной и газовой промышленности и заводского производства — временность нестационарность работ.

Повышение эффективности строительных и монтажных работ обеспечивается максимальной индустриализацией строительства, превращением его, в основном, в машинное производство в заводских условиях с высокой энерго- и механовооруженностью, высокой квалификацией постоянных заводских кадров, с хорошими условиями труда. Это особенно важно для изготовления и монтажа оборудования, для которого задача индустриализации заключается в ликвидации монтажных работ на строительной площадке вообще, или сведению их к предельному минимуму. Оставшиеся минимальные монтажные работы не завода должны быть полностью механизированы.

Основные направления повышения индустриализации монтажа: увеличение сборности объектов — максимальное укрупнение конструкций и частей нефтегазопромыслового оборудования;

повышение блочности — изготовление на заводе крупных токов, в которых закончен весь технологический процесс изготовления объекта; применение блок-боксов — изготовление оборудования вместе с транспортабельными рабочими помещениями, в которых оборудование будет эксплуатироваться.

внедрение блок-комплектных устройств — изготовление на заводе полного комплекта строительных конструкций, оборудования коммуникаций, т. е. транспортабельных зданий и сооружений (одного или нескольких) с установленным в них оборудованием, коммуникациями, аппаратурой контроля и управления.

Практика нефтегазопромыслового строительства имеет много интересных примеров индустриализации монтажа оборудования. Наиболее характерные из них — крупноблочный монтаж буровых установок, широкое внедрение блок-комплектных объектов нефтедобычи, рулонный метод изготовления и монтажа металлических резервуаров и т. д.

Степень крупности блоков заводского изготовления лимитируется транспортными габаритами, грузоподъемностью транспортных средств и природными условиями, в которых осуществляется перевозка оборудования к месту эксплуатации. Ограничения по ширине груза определяются нормальным габаритом перевозки по железным дорогам — 3250 мм. Ограничением транспортного груза по высоте является в городах высота подвески троллей — 3800 мм, на автодорогах I и II категорий — габарит приближения строений (мостов и тоннелей) 4500 мм. Превышение нормальных габаритов создает значительные затруднения при перевозке: снижается скорость, частично разбиваются встречные сооружения, снимаются троллеи, а также напряжения в линиях, организуется одностороннее движение. В частности, по железным дорогам перевозка грузов четвертой степени негабаритности (шириной 4000 мм) и сверхнегабаритных (шириной 4500 мм) связана с увеличением в 4 раза стоимости перевозки.

При использовании водного транспорта габаритные возможности

значительно расширяются: при перевозке на судах допускается диаметр груза по диаметру 8 м, по длине 55 м; а при транспортировке на плавучих средствах — по диаметру 10 м, по длине 100 м. Ограничений по грузоподъемности практически нет. Железнодорожный транспорт имеет многолетний опыт перевозки грузов массой 200—250 т. На автотранспорте широко применяются прицепы-трейлеры, грузоподъемностью 25—120 т. Челябинский завод автомобильных прицепов изготавливает трейлеры ЧМЗАП-5212 грузоподъемностью 60 т с грузовой платформой размером 3,3 X 8,0 м и ЧМЗАП-5230 грузоподъемностью 120 т с платформой размером 4,0 X 9,0 м. В нефтяной и газовой промышленности применяют специальные гусеничные тяжеловозы ТК-40 грузоподъемностью 40 т и тележки ГТ20 («Восток») грузоподъемностью 20 т.

Ограничением укрупнения блоков машин являются и природные условия транспортировки — горы, болота, леса и водные преграды. Такие ограничения могут быть преодолены применением воздушного транспорта тяжеловесных грузов. Широко известна практика применения вертолета-крана МИ-10 грузоподъемностью 15 т, созданы вертолеты грузоподъемностью 40 т.

По инициативе нефтяников ведутся работы по созданию грузовых дирижаблей. С освоением дирижаблей будет снято и ограничение природным условиям — грузоподъемности дирижабля — 150—200 т хватит для перевозки практически всех тяжеловесных грузов.

В настоящее время при крупноблочном монтаже буровых установок перевозят по бездорожью и слабопересеченной местности блоки размером 10 X 10 X 50 м (выщечный блок буровой установки) массой до 100 т. Для этого широко практикуется промежуточное укрупнение блоков на вышкомонтажных площадках нефтегазодобывающих объединений.

Индустриализация монтажа машин и оборудования получила повсеместное признание и поддержку на предприятиях и в организациях нефтяной и газовой промышленности. Блочные методы строительства применяют на всех новых реконструируемых объектах нефтяных и газовых месторождений Татарии, Западной Сибири, применяют их в объединениях Краснодарнефтегаз, Суйбышевнефть, Башнефть, Туркменнефть и др.

На базе новой организации строительно-монтажных работ удалось перейти к комплексному обустройству всего нефте- или газопромысла, что значительно ускоряет ввод месторождения в эксплуатацию с почти одновременным освоением всего геологического цикла, в частности, сбора и переработки попутного газа. Ряд научно-исследовательских и проектных организаций (ВНИИСТ и ГНИПИНефть, БашНИПИНефть и др.) создали проекты блочных объектов нефте- и газопромыслов и разработали типовые проекты крупноблочных установок.

В принципе передвижные блок-комплектные устройства могут быть легко перенесены на новое место работы, или добавлены к существующим установкам для увеличения мощности объекта.

## Лекция 9

### ФУНДАМЕНТЫ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ И ИХ СТРОИТЕЛЬСТВО

Фундамент — опора, предназначенная для восприятия, амортизации и передачи на грунт статических и динамических нагрузок, которые возникают в

системе сооружения в процессе эксплуатации машины.

Фундамент должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) удельная нагрузка от машины на поверхность фундамента — не выше допустимых пределов;
- 2) удельная нагрузка на грунт системы машина — фундамент — не больше допустимой;
- 3) деформация фундамента под действием нагрузок — допустимая;
- 4) фундамент должен воспринимать и амортизировать все динамические нагрузки от действия машины, сохраняя свою жесткость, устойчивость и прочность; вибраций машины и фундамента — в пределах допустимой.

Применительно к нуждам нефтяной и газовой промышленности фундаменты можно разделить на две основные группы.

1. Для стационарных машин со сложной динамикой, например, двигателей внутреннего сгорания (ДВС), компрессоров, газомотокомпрессоров, крупных насосов всех конструкций сооружают достаточно массивные прочные фундаменты, необходимые размеры и массу которых определяют специальным расчетом.

2. Для машин или машинных комплексов полустационарного типа с частым перемещением с места на место, например, для буровых установок, сооружают временные фундаменты облегченной конструкции с частичным использованием нормализованных элементов этих фундаментов на новом месте монтажа. Однако известно, что большинство агрегатов и механизмов буровой установки работают в условиях больших и сложных нагрузок, поэтому облегченность сооружаемых фундаментов компенсируется мощными стальными основаниями, на которых это оборудование смонтировано, и в виде мелких или крупных блоков транспортируется с места на место.

## 9.1 РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ

### СТАТИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ

Площадь и форма верхней плоскости фундамента определяются размерами и формой машины. Для прочности краев фундамента верхняя его плоскость должна быть на 100—200 мм больше с каждой стороны станины машины.

Поверхность фундамента, на которую распределяется сила тяжести машины, следует проверить на смятие по формуле

$$\sigma_{\phi} = \frac{Q_{\text{м}}}{F_{\phi}} \leq \sigma_{\text{доп}} \quad (9.1)$$

где  $\sigma_{\phi}$  — удельная нагрузка на верхнюю плоскость фундамента, кгс/см<sup>2</sup>;  $Q_{\text{м}}$  — сила тяжести машины, кгс;  $F_{\phi}$  — площадь поверхности фундамента, находящаяся под действием силы тяжести машины, см<sup>2</sup>;  $\sigma_{\text{доп}}$  — допускаемая нагрузка, кгс/см<sup>2</sup>; для сосны, вдоль волокон,  $\sigma_{\text{доп}} = 60—90$  кгс/см<sup>2</sup>; для дуба, вдоль волокон,  $\sigma_{\text{доп}} = 80—100$  кгс/см<sup>2</sup>; для бутовой кладки на цементном растворе и для бетона  $\sigma_{\text{доп}} = 15$  кгс/см<sup>2</sup>.

Высота фундамента  $H = h_1 + h_2$  (рис. 9.1). (9.2)

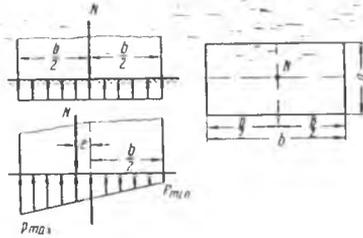
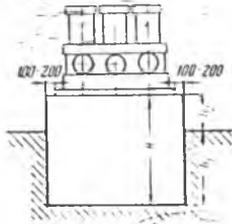


Рис. 9.1. К определению высоты фундамента  
Рис. 9.2. Распределение давления на грунт.

Высота подземной части фундамента  $h_1$  определяется глубиной залегания прочных нетронутых грунтов, подпочвенных вод и глубиной их промерзания.

Минимальная глубина заложения во многом зависит от назначения фундамента. Если монтаж машины носит временный характер, например, для блоков и агрегатов буровых установок, снабженных жесткими стальными основаниями, глубину заложения фундамента принимают минимальной, т. е. ограничиваются расчисткой площадки и снятием растительного слоя до нетронутых грунтов.

Как показала практика строительства, можно сооружать фундамента для простых машин и на насыпных грунтах определенного возраста.

Для стационарных машин подошва фундамента должна быть ниже расчетной глубины промерзания для любых по качеству грунтов, кроме скальных, крупноблочных и крупногравелистых, для которых этот фактор, так же как и уровень грунтовых вод, можно не принимать во внимание. В основном это требование связано с опасностью выпучивания грунта при замерзании, если уровень грунтовых вод находится в зоне, подверженной действию отрицательны температур.

Для машин с небольшими динамическими нагрузками глубина заложена фундамента иногда определяется длиной фундаментных болтов и расстоянием их нижнего конца до подошвы фундамента. Это расстояние принимается не менее 150 мм.

Для стационарных машин со сложными нагрузками (крупные ДВС, компрессоры и др.) подошву фундамента следует размещать на прочных материковых грунтах. В этих случаях выбору размеров подошвы фундамента и глубин его заложения должно предшествовать геологическое исследование грунтов и специальный расчет.

Высота надземной части фундамента  $h_2$  определяется технологическими параметрами установки. Так, для установки центробежного насоса при подсоединении трубопроводов будет достаточен фундамент высотой 0,5-0,7 м. Высота фундаментов буровых установок определяете (с учетом высоты основания блоков) условиями циркуляции глинистого раствора и размещением прененторов под полом буровой. Во всех случаях, как это будет показано ниже, суммарная высота фундамента должна быть минимально необходимой, так как с увеличением высоты растет опрокидываюют, момент, возникающий в сооружении во время работы машины.

Площадь подошвы фундамента определяется из условия обеспечения

устойчивости грунта, на который все сооружение опирается (рис. 9.2).

Ввиду большой сжимаемости грунтов основной опасностью при эксплуатации сооружения машина — фундамент являются смещения и деформации фундамента от просадки грунта, которые могут привести к потере горизонтальности, деформациям, трещинам и разрушению фундамента. Осадку сложных фундаментов проверяют специальным расчетом. Однако нарушение устойчивости грунта представляет собой реальную опасность в основном для длинных фундаментов, что характерно главным образом для различных зданий.

## 9.2. КОНСТРУКЦИИ ФУНДАМЕНТОВ

Как было показано ранее, основные размеры фундаментов определяют расчетом. Конфигурация фундамента связана с формой станины машины и ее привода, расположением дополнительных устройств и коммуникаций, а также со способом крепления фундаментных болтов.

На рис. 9.3 представлен железобетонный тоннельный фундамент для крупной стационарной машины со сложной кинематикой. Подошва фундамента значительно развита для уменьшения давления на грунт. Фундамент установлен в котловане свободно.

Высокая прочность фундамента обеспечивается стальной арматурой, закладываемой при его сооружении.

Тоннель предназначен для установки анкерных плит, крепящих фундаментные болты, которые располагают в фундаменте свободно (без заделки в бетон). Такая конструкция обеспечивает наиболее благоприятные условия работы болтов, возможность контроля их состояния в эксплуатации и при необходимости замену без особых затруднений. Тоннель используется иногда для прокладки коммуникаций и дополнительных устройств.

В массивных бетонных или бутобетонных фундаментах анкерные болты заделывают в бетон наглухо (рис. 9.4) или устанавливают свободно (рис. 9.5). Очевидно, простота глухой заделки фундаментных болтов затрудняет ремонт в случае обрыва болта, что можно частично избежать, если к верхней части болта приварить камеру из трубы (см. рис. 9.5, справа). Эта часть болта доступна для осмотра и возможен ее ремонт.

Применяя анкерные плиты под нижнюю головку фундаментных болтов, равномерно распределяют усилия затяжки болтов (оно может быть очень большим) на значительную площадь бетонного массива.

На рис. 9.6 приведен один из вариантов крепления нижней головки фундаментного болта в анкерной плите: она снабжена прямоугольным прорезом, через который пропускают также прямоугольную головку болта. После поворота на  $90^\circ$  болт надежно фиксируется анкерной плитой. Размеры коробки, приваренной с нижней стороны анкерной плиты, должны быть такими, чтобы

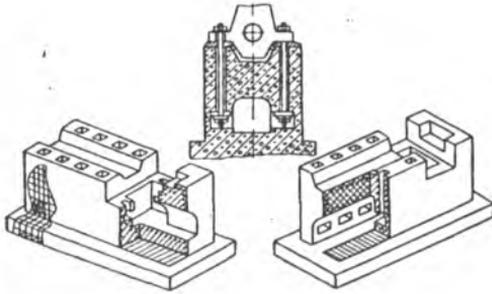


Рис. 9.3 Железобетонный тоннельный фундамент для крупной стационарной машины

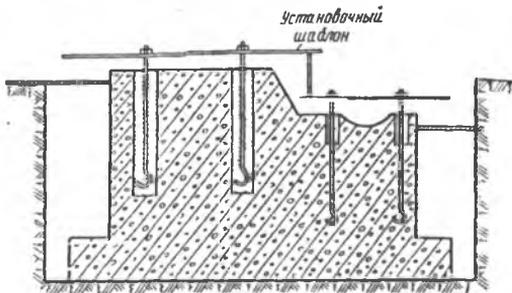


Рис. 9.4 Схема массивного фундамента

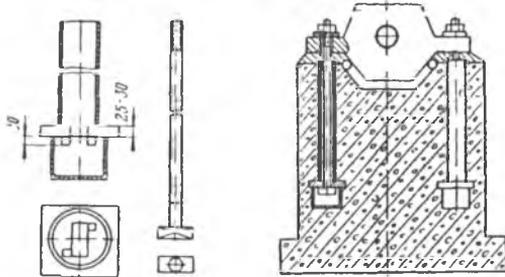


Рис. 9.5 Вариант установки фундаментных болтов

в случае обрыва головки болта она могла разместиться на дне коробки не мешая установке нового болта.

Труба вокруг болта, приваренная к анкерной плите сверху, образует вертикальную камеру, в которой болт размещается свободно. Размер трубы в снегу выбирается так, чтобы зазор между болтом и стенкой трубы составлял 25—30 мм с каждой стороны. Иногда камеру засыпают песком и термитизируют ее небольшими цементными пробками сверху и снизу.

Величину заделки фундаментного болта в бетон фундамента  $l_0$ , можно определить из условий равнопрочности на разрыв и сцепление болта с бетоном (рис. 9.6, а)

$$\frac{\pi d_1^2}{4} R_{\text{раст}} = \pi d L_0 R_{\text{сц}} \quad (9.2)$$

Отсюда

$$L_0 = \frac{R_{\text{раст}} d}{4 R_{\text{сц}}} \quad (9.3)$$

где  $d_1$  .  $l_0$  — соответственно внутренний диаметр резьбы болта и длина его заделки в бетон.

Принимая допускаемое напряжение на разрыв болта  $R_{\text{раст}} = 800 \text{ кгс/см}^2$  и сцепление металла с бетоном  $R_{\text{сц}} = 5 \text{ кгс/см}^2$ , получаем  $l_0 = 40d$ .

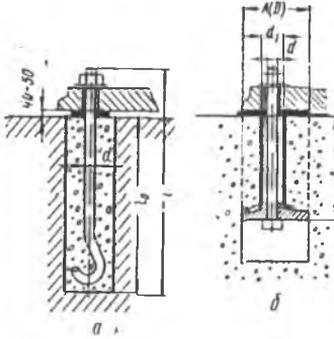


Рис 9.6 К расчету длины фундамента болтов (а) и размеров анкерных плит (б)

В зависимости от качества бетона для гладких болтов принимают обычно  $l_0 = 20-30d$ , для болтов с крючком (петлей) на конце достаточно  $l_0 = 10-15d$ .

Зная величину заделки  $l_0$ , определяют по монтажному чертежу общую длину фундаментного болта. Следует иметь в виду, что после установки станины на фундамент между ней и поверхностью фундамента должен быть оставлен зазор 40— 50 мм для последующей заливки цементом.

Длина съемных фундаментных болтов определяется по конструктивным соображениям: чем длиннее болт, тем

эластичнее крепление машины и меньше перекосят болты при их установке. Обычно длина их не меньше длины глухих болтов.

Необходимые размеры анкерных плит (рис. 9.7, б) могут быть определены, исходя из максимально допустимого усилия затяжки болта (см. “Контроль затяжки резьбовых соединений”, и допустимого напряжения бетона на скалывание и смятие.

Показатели	Анкерная плита	
	Квадратная	круглая
Смятие		
Скалывание		

Анкерные плиты изготовляют из листовой толстой стали или в виде чугунных отливок с ребрами жесткости.

Фундаменты средних и мелких машин (насосов, компрессоров, станков и др.) несложны — обычно блок из бетона или бутобетона, уложенного неглубоко непосредственно в котлован с глухой заделкой фундаментных болтов. Задача монтажа упрощается тем, что часто эти машины выпускают заводы в

виде комплектных установок машины — привода, смонтированных на общей раме из швеллера или двутавра.

Для монтажа буровых установок и значительной части нефтегазопромыслового оборудования применяют облегченные опоры, причем естественно становится целесообразным применять сборные фундаменты из нормализованных элементов, допускающих набор нужной формы и размеров, демонтаж вместе с оборудованием и повторное использование на новом месте монтажа.

Так, в крупноблочном монтаже буровых установок и монтаже промышленного оборудования широко используют железобетонные плиты размером 3 X 1 X 0,6 м и 2 X 1 X 0,6 м, брусья размером 2 X 0,6 X 0,6 м и 1,2 X 0,6 X 0,6 м, а также пирамидальные тумбы разной высоты и с основанием размером 1,1 X 1,1 м. В арматуру блоков при изготовлении накладывают стальные петли для удобства переноски работ.

Плиты и брусья используют отдельно или группами по 2—3 шт. в зависимости от нагрузки на опору. Так, под вышечный блок в местах опор ног башенной мышки установки Уралмаш-4Э (рис. 9.8) укладывают две плиты размером 3 X 1 X 0,6 м, а под лебедку — три плиты размером 2 X 1 X 0,6 м и значительно реже применяют деревянные опоры под буровое и нефтегазопромысловое оборудование. Так, при небольшой и средней плотности грунтов используют деревянные стулья (рис. 9.9), на слабых грунтах могут использоваться свайные основания (рис. 9.10).

Необходимое число свай и глубина их забивки может быть определена расчетом, исходя из нагрузки на опору и несущей способности грунта. Если плотные грунты (например, материковые глины) залегают неглубоко, забивают на эту глубину и они передают нагрузку своими концами. В благоприятном случае приходится рассчитывать в основном на передачу нагрузки боковой поверхностью свай — трением об охватывающий их грунт.

Допускаемую нагрузку на одну сваю  $P$  можно определить по формуле

$$P = \sigma_{\text{доп}} f + \tau u l \quad (9.4)$$

где  $\sigma_{\text{доп}}$  — допускаемое давление (нагрузка) на грунт на глубине острия свай кгс/м<sup>2</sup>;  $f$  — площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — удельное сопротивление трения на боковой поверхности сваи, кгс/м<sup>2</sup>;  $u$  — периметр сваи, м;  $l$  — глубина погружения сваи, м.

Очевидно, что по соображениям простоты, быстроты сооружения, минимальной стоимости и возможности многократного использования предпочтение должно быть отдано нормализованным бетонным и железобетонным плитам брусьям и тумбам.

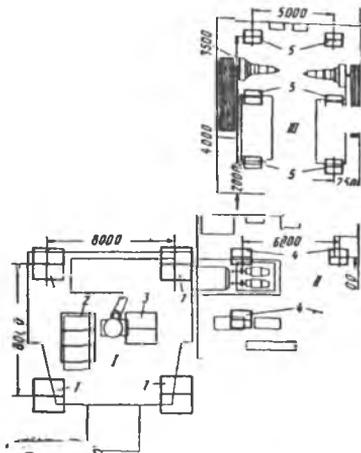


Рис. 9.7. Схема монтажа буровой уста-  
новки Уралмаш-4Э на опорах из железобетон-  
ных плит и брусьев:

1 — опорный блок, 11 — вышечный блок, 111 —  
наш блок, 1 — две железобетонные плиты ра-  
зом 3 X 1 X 0,6 м, 2 — три железобетонные плиты  
разом 2 X 1 X 0,6 м, 3 — две железобетонные  
плиты размером 2 X 1 X 0,6 м, 4 — два железобетон-  
ных брусья размером 1,2 X 0,6 X 0,6 м, 5 — два  
бетонных брусья размером 2 X 0,6 X 0,6 м

### 9.3. Освоение монтажной площадки и строительство фундаментов

Рассмотрим эту задачу в широком плане – освоение площадки под монтируемый объект и строительство фундаментов под оборудование. Объектами могут быть буровые установки, установки для добычи нефти насосами, сборно-сепарационные пункты, насосные и компрессорные станции, промысловые базы и мастерские и т.д.

Подготовительные работы включают расчистку и планировку площадки под будущий объект. С помощью землеройных машин с площадок удаляют все ненужные, мешающие работе предметы (кусты, пни, деревья, крупный камень) и площадку планируют с учетом отвода ливневых вод и дренажа.

Затем ее разбивают в соответствии с проектом и размечают фундаменты под оборудование и сооружения. Такими же машинами роют котлованы под фундаменты, якоря (монтажные и постоянные), емкости и траншеи, прокладывают необходимый коммуникации (водопровод, линию электропередачи, коллектор промышленных отходов), готовят трассу для крупноблочного транспорта при монтаже-демонтаже и нормальную дорогу к объекту.

Затем монтируют фундаменты и якоря из нормализованных блоков или при необходимости строят монолитные фундаменты.

Если предполагается монтаж полностью блок-комплектного объекта, например, доставляемой целиком насосной станции вместе с помещением, оборудованием и коммуникациями, сооружают песчаную подушку, на которой затем свободно размещается объект.

Все эти подготовительные работы могут быть выполнены заранее с некоторым опережением во времени, наиболее удобном для строителей. В принципе желательно разделить процессы строительства и монтажа. Однако, если в объект входит строительство сложного сооружения и монтаж громоздкого и многочисленного оборудования, весьма желательно возвести фундаменты и смонтировать оборудование с опережением основных строительных работ (особенно перекрытий и основных стен). Тогда монтаж оборудования можно будет выполнить свободно с помощью мощных передвижных кранов, в противном случае стены и особенно перекрытия сильно затруднят их использование, а временные грузоподъемные устройства внутри зданий мало производительны.

### 9.4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФУНДАМЕНТОВ И ИХ СООРУЖЕНИЕ

Наиболее употребительные материалы для сооружения монолитных фундаментов (фундаменты сборные сооружаются из нормализованных блоков) — бетон, железобетон, бутобетон.

Бетон — смесь цемента, щебня или гравия, и песка, затворенная водой. Цемент является основным вяжущим материалом в бетоне, при его взаимодействии с водой получается искусственный камень высоких прочностных качеств (в основном на сжатие).

Щебень, гравий и песок применяют в качестве заполнителей для уплотнения и упрочнения бетона, однако основную роль в создании прочности играет цемент.

Армирование цемента стальной арматурой значительно улучшает его прочность, особенно на растяжение. Цемент и сталь имеют почти одинаковый коэффициент линейного расширения, поэтому железобетон работает, как единый монолит.

Бутобетонные фундаменты сооружают из естественного камня на цементном растворе. Прочностные качества сооружений из бетона и железобетона определяют следующие параметры.

Качество цемента и его содержание в бетоне. Для сооружения фундаментов применяют высокопрочные портланд-цементы марок 400, 500, 600. Марка цемента соответствует его прочности на сжатие в кгс/см<sup>2</sup>.

Качество воды и ее дозировка по отношению к цементу в бетоне. В воде не допускаются щелочи, кислоты и жиры. Дозировка, называемая водоцементным отношением, определяется в зависимости от марки бетона (табл. 10.1). Марка бетона по аналогии с цементом, показывает его прочность на сжатие.

## Лекция 10

### ТРАНСПОРТНЫЕ И ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ. ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТАКЕЛАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

В общем объеме монтажа бурового и нефтегазопромыслового оборудования весьма значительная доля приходится на транспортные и такелажные работы.

Большие габаритные размеры и масса оборудования, общая тенденция на укрупнение блоков и применение блок-комплектных устройств, значительно осложнили организацию и технологию подъемно-транспортных работ и обеспечение их высокопроизводительным и безопасным подъемно-транспортным оборудованием. Были созданы даже новые виды промышленного транспорта и монтажных средств, например, тяжелые вертолеты-подъемники, и пришлось вернуться к проблеме создания дирижаблей для транспорта сверхтяжелых грузов. Значительно осложнились технология и оснащение такелажных работ.

#### 10.1. ТАКЕЛАЖНАЯ ОСНАСТКА

**Тросы и их выбор.** Тросы, их конструкция и правила использования рассматриваются в курсе «Буровые машины и механизмы». Здесь целесообразно ознакомиться лишь с особенностями применения тросов для такелажной оснастки. Основные требования к тросам — высокая прочность, гибкость и стойкость к повышенной динамической нагрузке.

Для такелажных работ применяют тросы с двойной свивкой, с органическим или металлическим сердечником марки ТК (с точечным касанием) ГОСТ 70—74 (6 прядей по 19 проволок всего 114 проволок) и ГОСТ 3071—74 (6 X 7 = 222 проволоки) и марки ЛК (с линейным касанием) ГОСТ 2688—69 (6 X 7 = 114 проволок).

Обозначение троса дает полное представление о его характеристиках. Так, марка 17,5-150-В-Л-О (ГОСТ 2688—69) обозначает трос диаметром 17,5 мм из проволоки с пределом прочности 150 кгс/мм<sup>2</sup> марки В (стальной), с линейным касанием проволок в прядях, обжиганный, или типовой трос, разделяется диаметром его проволок, а также тросом из стальной проволоки

менее долговечны и стоят дороже.

По условиям работы тросы классифицируют на грузовые, поддерживающие, несущие и строповые.

Грузовые тросы применяют для подъема и горизонтального перемещения грузов. Для их работы характерны многократные перегибы через ролики блоков и барабаны лебедок, поэтому гибкость для этих тросов — важнейший критерий качества. Грузовые тросы выбирают в основном по ГОСТ 3071—74 и ГОСТ 2688—69.

Поддерживающие тросы используют для расчалки, оттяжек и торможения грузов. Можно применять достаточно жесткие тросы по ГОСТ 3070—74 из проволоки относительно большого диаметра.

Несущие тросы применяют в качестве рельса для подвесных транспортных средств и для кабельных кранов.

Строповые тросы подвергаются в эксплуатации значительному многократному изгибу. Их изготавливают из наиболее тонкой проволоки по ГОСТ 3071—74 (6 :X 37 = 222 проволоки).

В зависимости от назначения троса, условий работы и расчетной нагрузки выбирают по соответствующему стандарту трос определенного диаметра с расчетным пределом прочности проволок и разрывным усилием троса в целом. Разрывное усилие троса определяют по формуле

$$H = Sk_3 \quad (10.1)$$

где  $R$  — разрывное усилие троса;  $S$  — действительное максимальное усилие на трос (на одну его нитку в грузоподъемном устройстве без учета динамической нагрузки);  $k_3$  — коэффициент запаса прочности.

Действительное максимальное усилие на трос определяется силой тяжести груза, числом и направлением ниток в системе, учетом действия ветра и других факторов.

Коэффициент запаса прочности выбирают в зависимости от условий работы, троса согласно рекомендаций Госгортехнадзора.

Завод-изготовитель для каждой бухты троса выдает сертификат, подтверждающий, его соответствие стандарту и указывает, действительное разрывное усилие. Если сертификата нет, измеряют диаметр троса штангенциркулем



Рис 10.1 Крепление троса зажимными гайками и шайбами

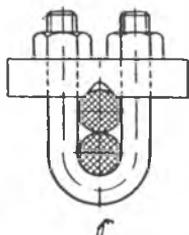


Рис. 10.2 Зажимы для тросов (два варианта)

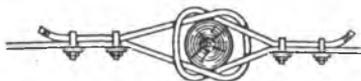


Рис. 10.3 Соединение концов троса «вось меркой»

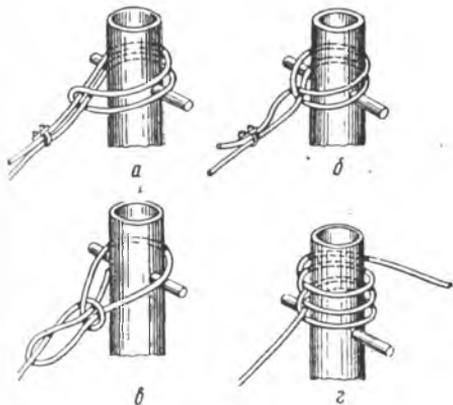


Рис. 10.4 Крепление расчалок к мачтам:

*а, б* — затягивающиеся узлами,  
*в* — несотягивающийся узлом, *г* —  
 одним тросом на две расчалки

по описанной окружности, диаметр проволоки микрометром, а по конструкции троса определяют его стандарт. Разрывное усилие берется в этом случае наименьшее (120—130 кгс/мм<sup>2</sup>).

**Способы соединения и закрепления тросов.** Соединение тросов выполняется сплетением или на зажимах. Сплетение применяют в основном на заводах при изготовлении инвентарных стропов. На монтажной площадке и при транспорте грузов тросы соединяют завязкой узлов и крепят их зажимами (соединение только зажимами не применяется).

Конструкции зажимов представлены на рис. 10.1, в, б. Примеры соединения и крепления тросов в зависимости от назначения приведены на рис. 10.2, 10.3 и 10.4.

Для безопасной эксплуатации тросов очень важно систематически следить за их состоянием и выбраковывать при наличии крупных дефектов.

Нормы, Госгортехнадзора выбраковки тросов представлены в табл. 10.1. Кроме обрывов проволок выбраковочным признаком для тросов, является уменьшение диаметра их наружных проволок от износа или корро-и более, чем на 40%. При обрыве пряди целиком трос должен быть снят эксплуатации.

Коэффициент запаса прочности	Число обрывов на длине одного шага свивки			
	Трос 6x19=114		Трос 6x37=222 проволоки	
	Крестовой свивки	односторонней свивки	крестовой свивки	односторонней свивки
До 6 .....	12	6	22	11
От 6 до 7 .....	14	7	26	13
Свыше 7 .....	16	8	30	15

**Строповка** — соединение поднимаемого груза с крюком грузоподъемной машины, которое выполняется в значительной части с помощью троса или изготовленных из троса инвентарных стропов. Примеры конструкции инвентарных стропов приведены на рис. 10.5.

Если строповка выполняется тросом или стропами в несколько ниток» усилие на одну нитку стропа определяется делением силы тяжести груза  $Q$  на число ниток  $n$

$$S_n = \frac{Q}{n} \quad (10.2)$$

Пример строповки в две нити приведен на рис. 11.6. Зная характеристику троса и силу тяжести груза, решаем обратную задачу — во сколько нитей должна быть выполнена строповка груза

$$n = \frac{Q}{S_{доп}} \quad (10.3)$$

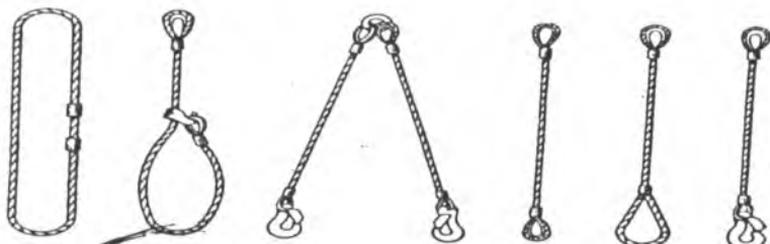


Рис 10.5

При строповке длинных грузов, например, труб за концы, стропом с наклонными нитями (рис. 10.6) усилие на каждую нить будет:

$$S_H = \frac{Q}{2} \cdot \frac{A}{B} \quad (10.4)$$

или

$$S_H = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (10.5)$$

Очевидно, что для равномерного распределения усилий на нити и подъема в горизонтальном положении точка подвеса груза (крюк) должна быть на одной вертикали с центром тяжести груза (рис. 10.8). Для этого инвентарный строп пропускают через специальную петлю с зажимами.

Габаритные конструкции — станки и машины, поднимают за углы сложным с четырьмя нитями. Если груз относительно невелик, можно применить его строповку обвязкой тросом накрест (рис. 10.9) разместив крюк на вертикали, проходящей через центр тяжести груза.

Усилие на каждую нить стропа (рис. 10.9. II):

$$S_H = 1,35 \frac{Q}{4} \cdot \frac{A}{B} \quad (10.6)$$

или

$$S_H = 1,35 \frac{Q}{4} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} \quad (10.7)$$

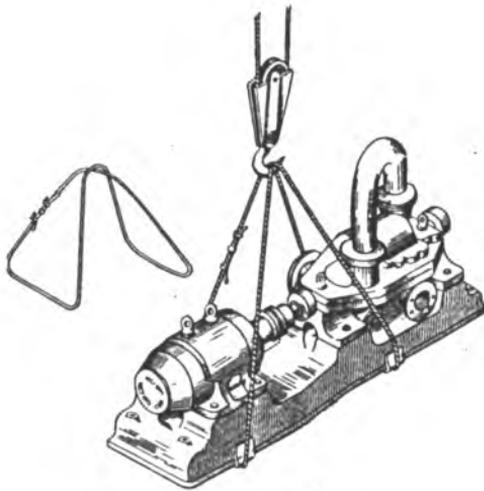


Рис. 10.6. Строповка груза об  
вязкой накрест

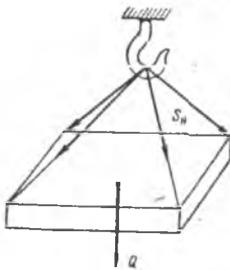


Рис. 10.2. К расчету усилий  
при строповке груза за углы

где  $1,35$  – коэффициент, учитывающий возможную неравномерность распределения нагрузки.

Все такелажные устройства-стропы, траверсы и другие подлежат контролю Госгортехнадзора. Они должны быть снабжены регистрационными номерами, указанием грузоподъемности и даты следующего испытания. Нагрузка при этом испытании должна превышать вдвое номинальную грузоподъемность. Состояние стропов проверяют систематически, о их состоянии делается запись в регистрационном журнале.

## 10.2. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Блоки, полиспасты, тали, домкраты, лебедки, подъемные мачты, передвижные подъемные краны, широко применяемые при монтаже бурового и нефте-газопромыслового оборудования, изучаются в курсах «Теория машин и механизмов», «Грузоподъемные машины», «Буровые машины и механизмы».

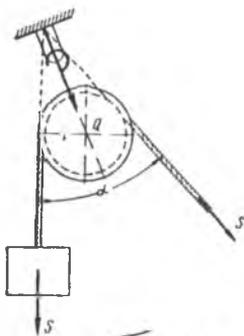


Рис. 10.8 К расчету усилий на отводной блок

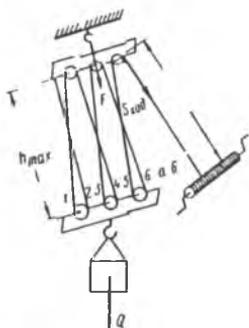


Рис. 10.9. К расчету усилий в полиспасте

Здесь целесообразно остановиться на расчетах, связанных с их применением на такелажных работах и на специальном оборудовании, характерном для нефтяной и газовой промышленности.

**Отводные блоки** (для изменения направления движения троса) выбирают по расчетной нагрузке  $Q$ , действующей на его крепящее устройство (крюк серьга), и усилию  $S$ , приложенному к тросу, огибающему ролик (рис. 10.12).§

$$(10.8)$$

При выборе блоков следует иметь в виду следующую зависимость между диаметром их роликов  $D$ , измеряемым по дну канавки, и диаметром применяемого троса  $d$

$$D \geq d(e - 1). \quad (10.9)$$

Для большинства грузоподъемных машин и приспособлений коэффициент

$$e = 20.$$

**Полиспасты** применяют для выигрыша в силе, требуемой для подъема груза. Между скоростью подъема груза  $V_T$  и скоростью ходового конца троса  $V_{ход}$  имеется соотношение

$$(10.10)$$

**Домкраты.** Длина хода домкратов обычно невелика, поэтому их используют в основном для подъема груза при установке на катки (выкладки) и для выверки устанавливаемого оборудования. Важно следить за надёжностью контакта головки домкрата с поверхностью груза и надёжностью опоры домкрата. Если несущая способность опоры недостаточна, например, грунта, используют деревянные или стальные подкладки, площадь которых рассчитывают по несущей способности.

Если высота подъема груза больше длины хода домкрата, подъем выполняют в несколько этапов — после каждого подъема груз выставляют на под-

кладки (клетки из шпал) и операцию повторяют.

**Мачты.** Для монтажа массивного и громоздкого оборудования, особенно оборудования с большой высотой, применяют монтажные мачты. Схема одной из них изображена на рис. 11.16.

Мачты изготовляют из труб одинарных или пучками, или из угловой стали, состоящими из нормализованных секций, варьируя которыми можно получить подъемное устройство необходимой высоты и грузоподъемности. Можно удвоить грузоподъемность устройства, используя две рядом стоящие мачты, или две мачты собрать в форме буквы «П».

Мачты собирают в горизонтальном положении на деревянных подставках с помощью легкого автомобильного крана, а затем устанавливают вертикально на стальной опоре или фундаменте и фиксируют расчалками на якорях.

В зависимости от высоты и грузоподъемности, мачты фиксируют одним или несколькими рядами расчалок по четыре расчалки в ряду.

Массивные мачты поднимают с помощью вспомогательных стрел по схеме подъема вышки буровой установки. Небольшие мачты можно поднять обычным автомобильным краном.

Схема монтажа тяжелого оборудования двумя мачтами приведена на рис.

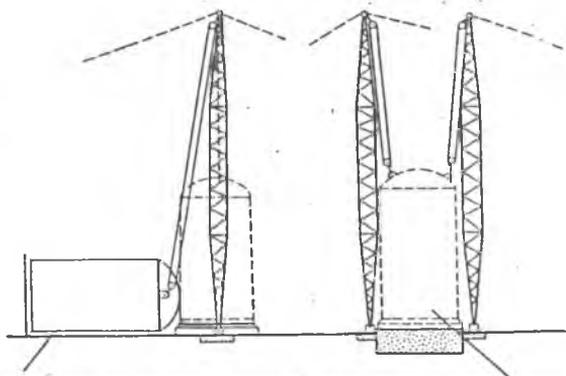


Рис. 10.9 Схема монтажа тяжелого оборудования двумя мачтами

**Якори** служат для постоянного или временного крепления расчалок буровых вышек, колонн, труб, монтажных мачт, подтаскивающих полиспастов, лебедок и другого оборудования. Если на монтажной площадке имеется несмонтированное тяжелое оборудование, его также можно использовать в качестве якоря.

Конструкция закладного якоря для больших усилий представлена на рис.

При относительно небольших нагрузках при монтаже можно использовать металлические закладные инвентарные якоря, изготовленные из трубы и установленные в шурф, забуренный столбоставом (рис. 11.19), а также инвентарные железо-бетонные якоря, металлические каркасы которых кубической формы заполняются бетонными плитами на монтажной площадке.

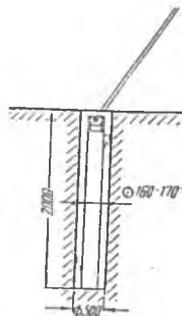
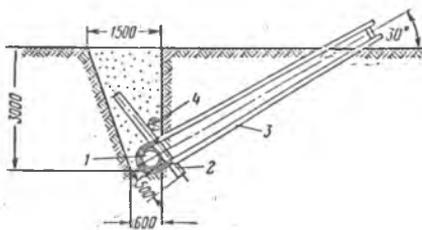


Рис. 10.10 Закладной якорь

Рис. 10.11 Инвертарный якорь из трубы.

### 10.3. Организация транспорта

Проектирование транспорта массивных и громоздких грузов требует инженерного обоснования типа и числа транспортных средств и состава транспортной бригады, выбора и улучшения трассы, временного при необходимости снятия напряжения с пересекаемых линий электропередачи и разработки основных технологических элементов операции.

Так, для переброски буровой установки к новой точке бурения даже в пределах освоенного нефтегазопромысла требуется разработка, рассмотрение с участием заинтересованных организаций и утверждение проекта переброски.

Для упрощения рекомендуется использовать заранее разработанные бланки проекта-карточки, заполняемой руководителем операции во время осмотра буровой и выбора трассы переброски.

От удачного выбора трассы во многом зависит безопасность и успех операции. Трассу выбирают по возможности прямолинейной или без крутых поворотов. Кривизна поворота должна быть доступна для преодоления «схода» так как остановки и начало движения связаны с опасными толчками.

Не допускаются двухсторонние боковые уклоны, а также сочетание боковых и прямых уклонов, подъем и спуск по трассе не должен превышать  $30^\circ$ , боковой уклон  $10^\circ$ . При отсутствии четких ориентиров трасса должна быть «провешена». Все осложненные или опасные участки трассы должны быть улучшены — планировка бульдозерами или грейдерами, укрепление топкого грунта, устройство временных переходов через ручьи, болотистые низины и т. д.

Следует учитывать, что наименьший по расстоянию путь не всегда кратчайший по времени выполнения (очевидно, что препятствие проще обойти, чем его преодолеть). На ровных участках местности ширина трассы для транспорт блоков буровых установок должна быть 16 м. При боковых уклонах трассу расширяют до 40 м для прохода по бокам тракторов, страхующих оттяжкам вышечный блок от опрокидывания, или для тракторов прокладывают параллельные боковые проходы.

с условиями трассы, сзади (или по бокам) вышка страхуется двумя тракторами, соединенными оттяжками с ее верхними ярусами. При очень сложном рельефе местности применяют три страховочных трактора — два по бокам, третий — сзади.

Операция переборки достаточно сложна и даже опасна, поэтому только детальная проработка процесса с бригадой рабочих, опыт коллективной работы, строгая дисциплина, безусловное выполнение всех правил профессиональной техники и техники безопасности и абсолютное единоначалие обеспечат ее успех.

#### 10.4. РАСЧЕТ ТРАНСПОРТНОЙ ОПЕРАЦИИ

Рассмотрим типовую задачу переборки массивных и громоздких грузов.

Определить необходимые тяговые средства, если известны масса груза, тип и масса прицепа, а также состояние и профиль трассы переборки.

Сила тяги по мощности двигателя

$$F_d = \frac{270 N}{v} \eta \quad (10.11)$$

где  $F_d$  — сила тяги на ведущих колесах или гусеницах тягача, кгс;  $N$  — мощность двигателя, л. с.;  $v$  — скорость движения, км/ч;  $\eta$  — к. п. д. машины (для автомашины  $\eta = 0,85$ ; для трактора  $\eta = 0,80$ ).

Использование этой мощности будет не эффективным, если не будет обеспечено надлежащее сцепление ведущих колес или гусениц с поверхностью трассы. Отсюда важно знать силу тяги по сцеплению с поверхностью трассы  $F_c$

$$F_c = P_c \rho \quad (10.12)$$

где  $P_c$  — сцепной вес (сила тяжести) тягача, кгс; ( $\rho$  — коэффициент сцепления колес или гусениц с поверхностью (табл. 10.10 и 10.12).

Коэффициент сцепления шин автомобиля с покрытием дороги *Таблица 10*

Покрытие дороги	Коэффициент сцепления $\rho$	
	Для сухой дороги	Для мокрой дороги
Бетон	0,85	0,60
Асфальт	0,75	0,60
Щебень или гравий	0,65	0,40
Бульжник	0,40	0,30
Земляное полотно	0,55	0,35
Супесчаный укатанный грунт	0,75	0,65
Глинистый грунт	0,55	0,35
Снег		
Укатанный	0,30	0,10
Обледеленый .....	0,15	0,07

Таблица 10.2 Коэффициент сцепления гусениц тракторов с покрытием дороги

Покрытие дороги	Коэффициент сцепления $\phi$
Сухая грунтовая дорога:	
Глинистая	0,85
Песчаная	0,90
Чернозём	0,87
Болота	0,70
Луг:	
Скошенный	1,05
Нескошенный	0,60
Слежавшаяся пахота .....	0,70
Песок:	
Влажный	0,50
Сухой	0,40
Укатанная снежная дорога .....	0,65

Для автомобиля с одной парой ведущих колес  $P_{ц} = (0,6—0,7) Q'$ , для автомобиля ю всеми ведущими колесами и для тракторов  $P_{ц} = Q$ . Для проекта из двух расчетов выбирают меньшее значение силы тяги.

Теперь необходимо рассчитать силу сопротивления движению всего поезда - прицепа с грузом, тягачей (один или несколько).

Полное сопротивление движению  $W$  (в кгс) будет:

$$W = Qw_0 + GrWr \pm (Q + G)w \quad (10.3) \quad (10.11)$$

где  $Q$  — масса тягача, т;  $w$ —основное удельное сопротивление движению тягачей кгс/т (табл. II. 9);  $G$ —масса груза с прицепом, т;  $Wr$ —основное удельное сопротивление движению прицепа, кгс/т;  $W_y$  — дополнительные сопротивление от максимального подъема на трассе, кгс/т.

$$W_y = 1000i$$

$i$  — уклон в сотых долях длины пути.

Так при уклоне 5% сопротивление будет

$$W_y = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ кгс/т.}$$

Это сопротивление берется с плюсом при подъемах и с минусом при уклонах.

Сил тяги  $F$  должна быть больше сопротивления движению  $F > W$ . При необходимости число тягачей в поезде может быть увеличено. Так, в зависимости от состояния трассы число тракторов при переброске аптечного блока буровой установки варьируется от 3 до 6 тракторов.

Таблица 10.3 Основное удельное сопротивление движению автомашин и тракторов

Покрытие дороги	Удельное сопротивление, кгс/т	
	Автомашин	Гусеничных тракторов
Дорога бетонная или асфальтобетон-	10-20 20—30	40—50 40—50 50—70
Дорога снежная укатанная .....	30—40 40—50	50—100 100—150
Булыжная мостовая . .	70—100 150—200	150—200 250—300
Дорога грунтовая: сухая ровная		
Грязная неровная		
Рыхлый грунт, сыпучие пески, снег		
Заболоченная местность .		

## Лекция 11. МОНТАЖ МАШИН

Установки, машины, механизмы состоят из агрегатов, сборочных единиц и деталей, связанных между собой кинематически в единую систему. Правильное их взаимное расположение и надежное крепление, исключающее возможность смещения в процессе эксплуатации, составляют основную задачу сборки и монтажа.

Если машина доставлена на место эксплуатации в виде единого блока без каких-либо нарушений взаимоположения ее частей при транспорте, задача монтажа сводится к установке машины целиком на фундаменте, выверке ее положения относительно горизонтали и осевых линий, нанесенных на фундамент, и надежному закреплению на нем.

Рассмотрим более сложный случай — громоздкая и тяжелая машина, например, газомотокомпрессор, насос или стационарный двигатель, доставлена на место эксплуатации в виде частей и агрегатов и должна быть смонтирована на фундаменте. Этот случай характерен также и для капитального ремонта сложных машин, когда требуется полный демонтаж машины, снятие станины с фундамента и ремонт, а затем полный ее монтаж.

### 11.1. МОНТАЖ РАМЫ НА ФУНДАМЕНТЕ И ВЫВЕРКА ЕЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Перед установкой рамы верхнюю плоскость фундамента надо осмотреть, все местные выступы поверхности срубить, а затем нанести на нее грубую насечку для последующего хорошего сцепления со слоем заливки.

Рабочую плоскость фундамента, колодцы под фундаментные болты и ниши следует тщательно промыть сильной струей воды. Затем на фундамент установить на деревянных подкладках раму (станину) машины на высоте 400—600 мм над плоскостью фундамента.

Размещение станины на подкладках используется для зачистки ее поверхности от грязи, ржавчины, масла, проверки состояния станины и ее испытания на плотность. Для испытания поверхности протирают насухо

хлопчатобумажными концами и заливают в картер керосин или масло. Наличие трещин, неплотности отливки проверяют через 15—20 ч.

Закончив проверку и устранение дефектов, раму осторожно опускают на фундаментные болты так, чтобы между верхней плоскостью фундамента и рамой оставался зазор 40—50 мм для подливки цемента, после установки и выверки.

Выверка высотного положения, горизонтальности и прогиба рамы выполняется при незатянутых фундаментных болтах клиньями (рис. 11.1), нивелировочными болтами с подкладками или набором плоских подкладок разной толщины.

Для этого на выровненные по уровню площадки фундамента укладывают пластины толщиной 10—15 мм, на которые потом выставляют пакеты регулировочных подкладок, клинья или болты так, чтобы общая высота пакета была на 2—5 мм ниже проектной отметки подошвы рамы машины.

Затем перемещением клиньев или дополнительными тонкими подкладками, выверяют горизонтальность и высотное положение рамы. Применение клиньев наиболее рационально, так как дает возможность легко изменять положений рамы.

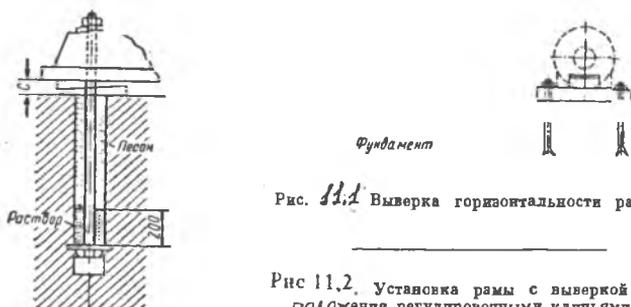


Рис. 11.1 Выверка горизонтальности рамы

Рис. 11.2 Установка рамы с выверкой ее положения регулировочными клиньями

После выверки (рис. 11.1 и 11.2) клинья прихватывают между собой электросваркой. Горизонтальность рамы проверяют по уровню.

Для проверки горизонтальности длинных поверхностей используют поверочную линейку, на которую уровень устанавливается при измерении. При определении взаимного расположения по вертикали двух плоскостей, размещенных на значительном расстоянии (например, станины больших прессов, насосов, двигателей) применяют гидростатический уровень. Два сосуда с жидкостью, соединенные между собой водяным и воздушным шлангами, устанавливают на плоскостях, вертикальное взаимное положение которых необходимо определить. Уровень жидкости в обоих сосудах расположится в одной горизонтальной плоскости (принцип сообщающихся сосудов). Если сосуды установлены на строго горизонтальной плоскости, уровни жидкости в них расположатся на одинаковом расстоянии от центра микрометрических винтов, установленных в крышках сосудов, т. е. показания микрометров при касании с поверхностью воды будут одинаковы. Разница отсчетов даст вертикальную разницу взаимного расположения

проверяемых плоскостей. Установка рамы (картера) машины считается законченной, если:

- 1) при равномерном затягивании гаек фундаментных болтов горизонтальность рамы, достигнутая регулировкой, не нарушается;
- 2) зазор между проверочной линейкой и обработанной частью рамы не превышает 0,03 мм (т. е. отсутствует прогиб рамы);
- 3) общий уклон рамы в любом направлении не превышает 0,2 мм на 1 м длины.

Строгая выверка горизонтальности рамы необходима еще потому, что для монтажа других частей и агрегатов машины рама служит базовой поверхностью.

Подливка рамы (рис. 11.3, а) делается, как правило, по всему днищу рамы бетоном марки не ниже 150. Состав бетона: 1 часть цемента марки не ниже 300 и 1,5 части крупнозернистого чистого песка, замешанные водой до состояния текучести. Для картеров сложной формы применяют частичную подливку при этом дно картера остается свободным (рис. 11.3, б). Подливка тщательно распределяется по всей поверхности без пустот и уплотняется. Полезно для этого в зазор между поверхностями картер — фундамент завести три-четыре

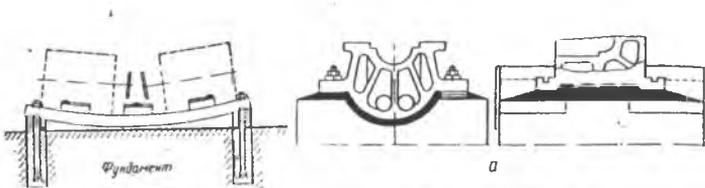


Рис. 11.3 Типичная ошибка установки на фундаменте агрегата, смонтированного на раме из профильной стали

Рис 11.4

а) — по всему днищу, б) — по опорным поверхностям

цепи, с помощью которых проталкивать раствор под раму, подавая его с одной стороны. Для лучшего уплотнения целесообразно применять опалубку (см. рис. 12.4, а справа). Затем все свободные внешние поверхности фундамента покрывают жидким стеклом в несколько слоев, пока бетон не перестанет впитывать стекло. По окончании монтажа машины наружную лицевую поверхность окрашивают.

Через 7—8 дней, когда прочность бетона будет не менее 90 кгс/см<sup>2</sup> окончательно затягивают фундаментные болты и еще раз проверяют горизонтальность рамы. Окончательно затягивают раму в последовательности.

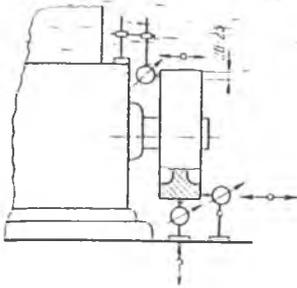


Рис. 11.6. Измерение биения маховиков (шкивов)

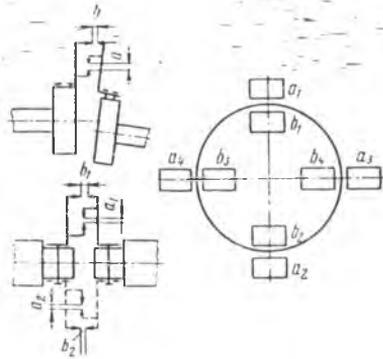


Рис. 11.7. Схема измерения соосности валов

Величину перекоса осей определяют измерением в таком же порядке осевых зазоров  $b$  между концами стрелок.

Для ликвидации перекоса необходимо ось центрируемого вала сместить на величину  $h$  (рис. 12.14):

$$h_{из} = \frac{b_1 - b_2}{D} L \text{ мм}; \quad h = \frac{b_3 - b_1}{D} L \text{ мм}. \quad (12.2)$$

где  $D$  — диаметр окружности, описываемой концами стрелок;  $L$  — длина центрируемого вала.

Допуск на несоосность может быть принят согласно табл. 12.3.

Таблица 12.3

Допуски на несоосность валов

Тип муфты	Допуск, мм	
	на непараллельность	на перекос, излом (измерение по торцу полушаровой муфты)
Жесткая . . . . .	0,02—0,08	0,02—0,09
Упругая . . . . .	0,06	0,04—0,05

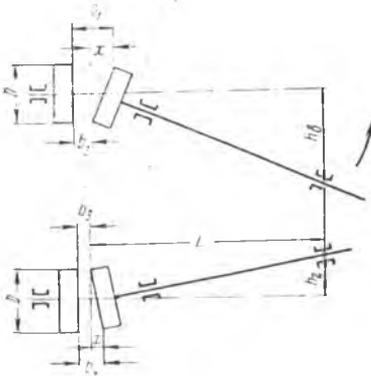


Рис. 11.8. К расчету устранения перекоса валов

## 11. 2. СБОРКА КРУПНОГАБАРИТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ МОНТАЖЕ

Убедившись в правильности установки рамы, монтируют другие агрегаты и детали машины: укладывают коленчатый вал, цилиндры, шатунно-поршневую группу, выверяют положение маховиков, шкивов, соосность валов соединяемых агрегатов, правильность монтажа соединительных муфт, гибких передач, используя раму как базовую поверхность для проверки правильности монтажа. Рассмотрим несколько типичных примеров монтажа различных частей и агрегатов машины.

### 11.3. УКЛАДКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВАЛОВ НА ПОДШИПНИКИ

Рассмотрим эту операцию на наиболее сложном примере — укладке коленчатого вала на фундаментную раму крупного компрессора. Процесс укладки коленчатого вала состоит из следующих основных операций:

1) проверка и пригонка вкладышей коренных подшипников по постелям станины и крышкам подшипников; ,

2) шабровка баббитовой заливки вкладышей по коренным шейкам вала

3) проверка и корректировка горизонтальности и прямолинейности оси вала;

4) регулировка диаметральных зазоров для обеспечения нормальной смазки. Вкладыш на постели рамы должен быть уложен так, чтобы его поверхность надежно контактировала с постелью на дне и по бокам (рис. 11.3.). При анализе рисунка становится очевидным, что все последующие операции укладки вала будут бесполезны без выполнения этого основного требования. Качество контракта проверяют по краске и щупом — затылок вкладыша должен быть окрашен на 60—65% равномерно расположенными по всей поверхности пятнами краски, зазор у торцов разъема не более 0,05—0,07 мм с каждой стороны. Все дефекты укладки устраняют пригонкой или шабровкой. Пригонку баббитовой поверхности предварительно расточенного вкладыша по поверхности шейки коленчатого вала выполняют шабровкой. Боковые поверхности вкладыша должны быть свободны, образуя зазоры для смазки. Хорошо пришабренный подшипник должен иметь на дне поверхность, ограниченную дугой 60—80° с равномерно расположенными пятнами (не менее одного пятна на каждый квадратный сантиметр). При шабровке упорного подшипника необходимо тщательно пригнать его галтели, чтобы осевой разбег вала был в пределах 0,15—0,25 мм.

Горизонтальность вала проверяют с помощью отвеса и стрелы с микрометрическим штихмасом или укороченным уровнем с ценой деления 0,10—0,20 мм на 1 м длины. Признак горизонтальности вала одинаковые показания штихмаса в двух противоположных вертикальных положениях стрелки с обоим концом вала. Одинаковая разность показаний с обеих сторон — признак прямолинейности, но не горизонтальности вала, а разность показаний микрометра только с одной стороны — признак «перелома» вала.

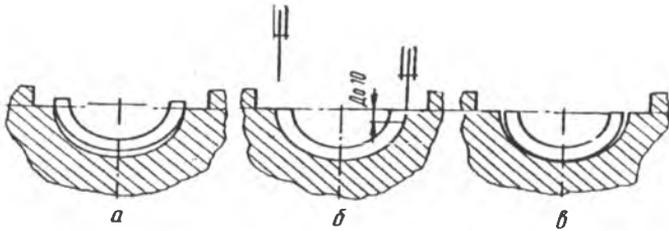


Рис. 11.5. Пригонка вкладышей коренных подшипников по по-  
 стелям  
 а, а — неправильно; б — правильно

#### 11.4 УСТАНОВКА МАХОВИКОВ И ШКИВОВ

При установке маховиков проверяют:

1) контакт монтажных поверхностей маховика (шкива) с фланцем вала на краску или шупом (шуп толщиной 0,05 мм не должен проходить в зазор, пятна краски должны быть равномерно распределены по поверхности). При посадке маховика (шкива) на конус требования качества контакта такие же. Дефекты устраняют шабровкой;

2) радиальное и осевое биение маховиков (шкивов) линейным индикатором с ценой деления 0,01 мм при плавном проворачивания маховика (рис 11.6).

Допуски на биение маховиков приведены в табл. 12.2.

Биение маховиков (шкивов) может быть устранено шабровкой посадочных поверхностей, наклепом спиц или протачиванием обода.

#### 11.5 ВЫВЕРКА СООСНОСТИ ВАЛОВ

Это случай очень частый в практике промышленного монтажа, например — соединение электродвигателя с исполнительной машиной (насос, компрессор), или подъемного вала буровой лебедки с валом гидравлического тормоза и др.

При таком соединении возможны параллельные смещения, излом общей оси валов или их сочетания. Необходимая точность центровки зависит от конструкции соединительной муфты — жесткие муфты требуют высокой точности центровки, муфты гибкие допускают некоторое отклонение осей. Приспособление для центровки представляет собой радиально-осевые стрелки, закрепляемые на концах валов или на цилиндрической поверхности полумуфт. Схема возможных искажений соосности и порядка их измерения приведена на рис. 12.7. Смещение осей валов  $\delta$  определяется как полуразность величин диаметрально противоположных радиальных зазоров  $a$ , замеренных шупом в четырех точках ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  и  $270^\circ$ ) при одновременном проворачивании центрируемых валов.

$$\delta_B = \frac{a_1 - a_2}{2} \text{ мм.}$$

$$\delta_r = \frac{a_4 - a_3}{2} \text{ мм.} \quad (11.1)$$

Для устранения смещения необходимо изменить положение оси центрируемого вала в горизонтальной плоскости на величину  $ор$ , в вертикальной — на величину  $бв$ .

По данным Главмонтажа допустимые перекосы и смещение осей электродвигателя и насоса могут быть приняты согласно табл. 12.4. После выверки соосности агрегат надежно закрепляют на раме, чтобы полностью исключить смещение во время работы.

### 11.6 ПРОВЕРКА ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ И СООСНОСТИ ОТВЕРСТИЙ

При монтаже крупных частей и агрегатов возникает необходимость проверки перпендикулярности монтажных поверхностей по отношению к базовой поверхности.

Будучи уверенным в горизонтальности базы можно, используя отвес или рамный уровень, обеспечить перпендикулярность проверяемой поверхности по отношению к базовой.

С помощью специального приспособления, размещенного на верхней плите блока цилиндров, отвес устанавливают по оси цилиндра, измеряют микрометрическим штихмасом расстояния от струны отвеса до стенок цилиндра в четырех направлениях в верхней и нижней частях цилиндра, а также по отношению к шатунной шейке коленчатого вала, что дает точную картину правильности установки. Методика замера и расчета такая же, как для проверки соосности валов.

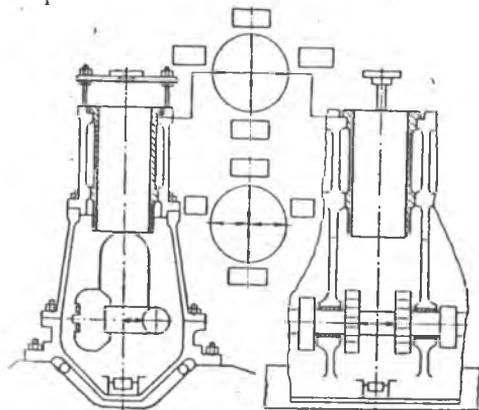


Рис 11.9 Проверка вертикальности цилиндра

Описанный метод можно также использовать для проверки соосности отверстий в сложных монтажных узлах, например, в системе цилиндр — направляющие кривокопфа — кривошипный вал вертикальных или горизонтальных поршневых насосов или компрессоров двухстороннего действия. В горизонтальной машине оси цилиндров, направляющих кривокопфов и кривошипного вала ориентируют относительно струн натянутых горизонтально.

## Лекция 12.

## СБОРКА ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Для всех поршневых машин — ДВС, компрессоров, насосов, монтаж шатунно-поршневой группы является ответственной операцией, так как эта группа работает в тяжелых условиях возвратно-поступательного движения большими инерционными усилиями.

Нижняя головка шатуна по конструкции и процессу монтажа такая же, как и коренной подшипник коленчатого вала.

Шатун в сборе должен быть проверен на контрольной плите и призмах с помощью индикатора с ценой деления 0,01 мм. Несколько типичных схем проверки шатуна и всей шатунно-поршневой группы представлены на рис. 12.16. Основные требования к этому узлу следующие:

Непараллельность осей головок шатуна может быть в пределах 0,02—0,03 мм на 100 мм длины.

2. Оси отверстий под шатунные болты должны быть перпендикулярны к оси нижней головки. Непараллельность осей этих отверстий — не более 0,02 мм на 100 мм длины.

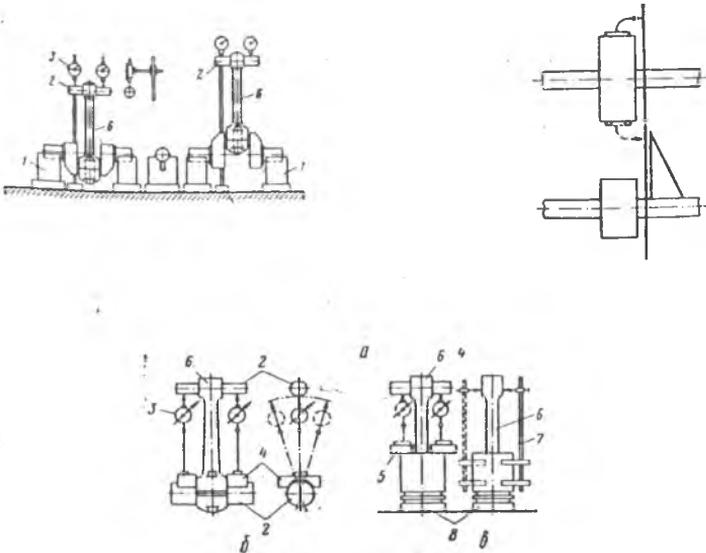


Рис 12.1

3. Некруглость поршневого пальца — не более 0,03 мм, нецилиндричность — не более 0,03—0,04 мм.

Особенно тщательно и строго должны быть проверены шатунные болты, условия работы которых чрезвычайно тяжелые. Известно, что обрыв шатунных болтов может полностью вывести машину из строя.

Для быстроходных машин шатунные болты изготовляют из легированной стали с обязательной термической обработкой для повышения прочности до

85—90 кгс/мм при относительном удлинении не менее 11%.

Рабочие поверхности болтов шлифуются. Свободные поверхности должны быть чисто обработаны, чтобы устранить все внешние дефекты (риски, забоины, подрезы), которые могут привести к концентрации напряжений. Перед установкой длину болта измеряют с точностью до 0,01 мм. Данные измерения заносят в паспорт машины, так как по остаточному удлинению болта в процессе эксплуатации судят о его усталости и принимают решение о замене. Если остаточное удлинение болта больше 0,003 его длины, шатунный болт заменяют.

Упругое удлинение шатунных болтов при затяжке по данным заводов-изготовителей допускается в пределах 0,0003—0,0004 его длины (т. е. 0,06—0,15 мм). По этому удлинению можно выбрать усилие и момент сил затяжки или рассчитать его согласно рекомендациям раздела «Контролируемая затяжка болтов». Для затяжки шатунных болтов надо обязательно применять динамометрические ключи или измерять упругое удлинение. После затяжки болты следует тщательно зашплинтовать.

Головки болтов должны плотно прилегать к ответным поверхностям головки шатуна и его крышки. Качество контакта проверяют щупом или краской. Дефекты устраняют шабровкой.

## 12.1 ВЫВЕРКА КЛИНОРЕМЕННЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Для правильной работы ременных и цепных передач большое значение имеет параллельность валов в плоскости трансмиссии. На схеме (на рис. 12,17) показан порядок выверки параллельности. Для этого необходимо натянуть между валами стальную струну, ориентируя ее по отношению к одному из валов как перпендикуляр с помощью крупного угольника, который устанавливают по образующей этого вала. На конец второго вала монтируется стрелка. В двух противоположных положениях при вращении вала конец стрелки должен слегка касаться струны. Разные зазоры указывают на непараллельность, которую следует устранить небольшим перемещением вала. Используя две стрелки, можно обойтись без угольника: на конце каждого вала монтируется стрелка. Одинаковые зазоры между концами стрелок и струной означают на перпендикулярность осей валов по отношению к струне, т. е. на параллельность.

Руки на шкивах для клиновых ремней должны быть в одной плоскости. При нарушении этого условия ремни работают с перекосом, изнашиваются по сторонам и быстро выходят из строя.

## 12.2 ПРОВЕРКА И РЕГУЛИРОВКА НАТЯЖЕНИЯ РЕМЕНЕЙ И ЦЕПЕЙ

Прогиб ремней (рис. 12.1) под действием груза  $Q = 10$  кг или динамометра проверяют между точкой подвеса груза и стальной линейкой, устанавливаемой на шкивы. Натяжение регулируют натяжным роликом или перемещением шкива и шредетов (обычно электродвигателя) на салазках. При перемещении

важно не сбить параллельность оси двигателя по отношению "к ведомому, агрегату, что обеспечивается равномерным завинчиванием регулировочных болтов на салазках.

Равномерное натяжение трапецеидальных ремней возможно только при подборе в комплект ремней одинаковой длины (допускаемое отклонение по длине 0,25%).

Нормальная стрела провисания цепных передач должна быть в пределах 3—5% межцентрового расстояния. Так, провисание цепи привода ротора от лебедки должно быть 50—80 мм. При проверке ведомый агрегат должен быть заблокирован, а нижняя ведущая ветвь цепи натянута. Схема измерения провисания такая же, как и для ременных передач.

### 12.3. КОНТРОЛЬ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИИ

Для качественной сборки и монтажа машин контролируемая чжка резьбовых соединений является одним из важных условий. Недост. рчная затяжка и ослабление соединений в процессе работы или чрезмерная затяжка являются существенными причинами нарушений и ускоренного износа.

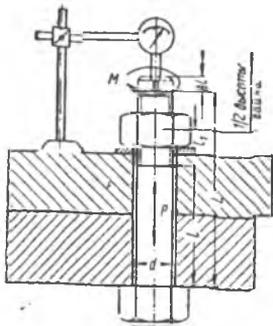


Рис 12.2 К контролю затяжки болтов

В соединениях значительной протяженности, в которых применяется группа крепежных деталей, важно обеспечить определенную последовательность и равномерность затяжки этих деталей. Невыполнение этого требования неизбежно приводит к образованию в деталях местных концентраций напряжений и даже трещин и излома.

Необходимо также считаться с возможностью обрыва крепежных деталей малого диаметра (меньше 10 мм) при монтаже без контроля усилия затяжки.

Применяют два основных метода контроля затяжки резьбовых соединений (рис. 12.2):

- 1) измерением момента сил затяжки  $M$  динамометрическим инструментом — ключами, гайковертами, отвертками;
- 2) измерением абсолютного удлинения  $\Delta L$  болта (шпильки) под действием усилия затяжки  $P$  с помощью индикаторов

Рассмотрим последовательность расчета усилий затяжки для случая, когда число, конструкция, размеры и материал крепежных деталей данного узла машины выбраны конструктором. Задача эксплуатационников — правильно и максимально использовать возможности крепежных деталей.

Известно, что значительная предварительная затяжка резьбовых соединений, является эффективным средством повышения надежности частей машины, за счет уменьшения влияния рабочей переменной нагрузки.

При максимальном использовании возможностей крепежных деталей коэффициент основной нагрузки  $x = 0,2—0,4$ , т. е. на затянутый болт

(шпильку) действует только часть основной (рабочей) нагрузки  $P_c = x, P_p$ .

Если известна действующая на резьбовое соединение нагрузка, исходным уравнением для расчета усилия предварительной затяжки является:

$$\sigma_3 = \nu \sigma_p (1 - X) \quad (12.1)$$

где  $\sigma_3$  — напряжение предварительной затяжки, кгс/мм<sup>2</sup>; ( $\sigma_p$  — номинальное напряжение от наибольшей внешней (рабочей) нагрузки, приходящейся на данное резьбовое соединение;  $\nu$  — коэффициент, учитывающий возможное увеличение рабочей нагрузки от нарушения режима эксплуатации и других причин;  $X$  — коэффициент основной нагрузки

$$X = \frac{\lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1}; \quad (12.2)$$

$\lambda_1$  — коэффициенты податливости материала соответственно крепежной детали и деталей, составляющих стык.

По условию плотности стыка выбирают: для постоянных нагрузок  $\nu = 1,25$ —  
для переменных нагрузок  $\nu = 2,5$ —4,0.

По условию герметичности стыка назначают: при мягких прокладках  $\nu = 1,2$ —  
при металлических фасонных прокладках  $\nu = 2,5$ —3,5; при металлических жестких прокладках  $\nu = 3,0$ —4,0.

Нижний предел напряжения предварительной затяжки крепежной детали  $\sigma_3$  определяется величиной запаса прочности (от предела текучести  $\sigma_T$ ):

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_3} = 1,2 - 1,4 \quad (12.3)$$

Вместо верхней граница напряжений затяжки составит

$$\sigma_3 = (0,5 - 0,7) \sigma_T$$

Когда рекомендуют выбирать напряжение затяжки в пределах  $\sigma_3 = (0,7 - 0,8) \sigma_T$ .  
Запас прочности крепежной детали будет больше, так как предел текучести болта (шпильки) в резьбовой (расчетной) части на 10—20% больше, чем у гайки.

Если внешние (рабочие) нагрузки не известны, но имеется полная характеристика резьбовых деталей по заводским чертежам и спецификациям (характерный для эксплуатации машин), усилие затяжки  $P$  определяют соответственно по верхнему пределу напряжения затяжки

$$P = \sigma_3 \frac{\pi d_1^2}{4} = \sigma_3 F_1, \quad (12.4)$$

$F_1$  — соответственно внутренний диаметр резьбы крепежной детали и сечения ее резьбовой части.

Поскольку, как рекомендуемые усилия  $P$  затяжки деталей будут определены, можно рассчитать момент затяжки  $M^*$  контролируемый динамометрическим способом. Момент  $M_p$ , необходимый для создания осевого усилия и момента трения в резьбе

$$M_p = P \frac{d_{cp}}{2} t_g (\psi + \varphi) \quad (12.5)$$

или

$$M_p = P \frac{d_{cp}}{2} \frac{\frac{S'}{\pi d_{cp}} + f}{1 - f \frac{S'}{\pi d_{cp}}} \quad (12.6)$$

Момент  $M_m$  сил трения на торцевой поверхности гайки (головки болта) при затяжке

$$M_T = P f_1 \frac{D^3 - d_{св}^3}{3(D^2 - d_{св}^2)} \quad (12.7)$$

Момент  $M$  на ключе

$$M_{кл} = QL = M_p + M_T \quad (12.8)$$

Здесь  $P$  — осевое усилие затяжки, кгс;  $d_{cp}$  — средний диаметр резьбы, мм:

$D$  — диаметр опорной поверхности гайки или головки болта, который можно принимать равным размеру под ключ, мм;  $d_{св}$  — диаметр сверления под болт (можно принимать равным номинальному размеру резьбы болта), мм;  $\psi$  — угол полки резьбы ( $20^\circ 30'$ )

$$t_g \psi = \frac{S}{\pi d_{cp}}, \quad (12.9)$$

$S$  — шаг резьбы, мм;  $\varphi$  — угол трения резьбовой пары ( $6^\circ 30'$ )  $t_g \varphi = f$  — коэффициент трения материалов крепежных деталей. Обычно принимают  $f = 0,11—0,12$  для резьбы достаточно точно и чисто изготовленной и хорошо смазанной. Если эти условия не обеспечены, следует принимать  $f = 0,14—0,15$ ;  $f_1 = 0,14—0,15$  — коэффициент трения на опорной поверхности гайки (головки болта);  $Q$  — усилие руки работающего, кгс;  $L$  — длина рычага рукоятки ключа, мм.

Примечание. Углы  $\psi$  и  $\varphi$  (р сравнительно небольшие, поэтому для упрощения расчета допускается брать сумму тангенсов, а не тангенс суммы.

Для разработки системы контроля затяжки по абсолютному удлинению крепежной детали используем выражение модуля упругости материала  $E$ , определяемое как отношение напряжения в детали к соответствующему ему относительному удлинению в пределах упругого участка растяжения (по условию расчета в этой зоне работает крепежная деталь):

$$E = \frac{P_l}{F_s \Delta l} = \sigma_s \frac{l}{\Delta l} \quad (12.10)$$

Откуда

$$\Delta l = \sigma_s \frac{l}{E} \quad (12.11)$$

где  $l$  — начальная длина детали, мм;  $\Delta l$  — абсолютное удлинение детали, мм;

$P$  — осевое усилие затяжки, кгс;  $F_s$  — площадь сечения резьбовой части детали, мм<sup>2</sup>.

Модуль упругости для материала каждой марки следует брать по справочнику, учитывая, что крепежная деталь состоит из гладкой и нарезной частей разных

длины и сечения, расчет необходимо вести по частям, а затем полученные данные суммировать. Длину резьбовой части болта  $l_1$  (см. рис. 12.20) следует брать от предельной высоты гайки, так как известно, что почти вся нагрузка приходится на нитки этой части.

При расчете удлинения гладкой части стандартного точеного болта следует уменьшить действующее напряжение, учитывая, что отношение сечений гладкой и резьбовой частей  $F/F_1 = 1,4—1,6$ . Для накатанных болтов это отношение несколько меньше.

Зная режим затяжки крепежных деталей по технологической карте сборки, сборщик обязан выбрать динамометрический ключ, предел измерений которого соответствует режиму (требуемый момент затяжки должен быть в пределах средней рети, или второй половины мерной шкалы ключа).

## Лекция 13

### УСТРАНЕНИЕ ВИБРАЦИИ МАШИН И ТРУБОПРОВОДОВ

Скоростные режимы работы машин, являющиеся основой высокой производительности и экономичности современных производственных процессов, применение в некоторых случаях крупных машин с возвратно-поступательным движением массивных деталей, например, плунжерных буровых насосов, целесообразность сооружения тяжелых фундаментов для бурового оборудования, широкое применение жестких систем, например, буровых колонн, трубопроводов, сварочных аппаратов, требуют принятия эффективных мер к устранению причин, вызывающих вибрации машин.

Активный износ машин, снижение качества работы, наконец, аварии (например, обрыв трубопроводов) — таковы последствия вибрации машин.

#### 13.1 ПРИЧИНЫ ВИБРАЦИИ

В большинстве случаев причинами возникновения вибрации являются вынужденные колебания, возникающие в результате действия периодических возмущающих сил, например, инерционных сил неуравновешенных масс вращающихся деталей машин, искривление валов, несоосность соединяемых валов, зазоры, ослабление крепления вкладышей подшипников, монтаж лопатки с перекосом и пульсация рабочей среды. Для быстроходных машин выше и ниже турбины, центробежные нагнетатели) причиной вибрации может быть нарушение режима жидкостного трения в подшипниках. Эти вынужденные колебания особенно опасны в том случае, если частота действия возмущающих сил падает или близка к частоте собственных свободных колебаний системы. Даже незначительные по величине возмущающие силы вызывают тогда вибрацию со все увеличивающейся амплитудой (явление резонанса), что может привести систему к разрушению. Необходимо принимать меры к тому, чтобы частота вынужденных колебаний, обычно совпадающая или кратная числу оборотов или ходов машины, существенно отличалась от частоты свободных колебаний системы, на которую они действуют.

Предположим, что вращающийся в подшипниках ротор, имеет неуравновешенную массу  $m$  (см. стр. 101). В результате возникает неуравновешенная центробежная

сила  $F$ , действующая циклически во всех направлениях, перпендикулярных оси вращения. Частота колебания в этом случае совпадает с частотой вращения детали.

Для колебаний, возникающих под действием сил инерции деталей, совершающих возвратно-поступательное движение, характерно совпадение максимального размаха с направлением движения детали или частей агрегата.

Овальность шейки вала создает периодическую силу (а следовательно, и колебания), действующую в направлении нагрузки на вал, с частотой в 2 раза большей частоты вращения вала. Огранности шейки вала характерны колебания с частотой, равной произведению числа граней на частоту вращения вала. Такие колебания наблюдаются также при повышенном от износа зазоре между телами качения и кольцами в крупных шарико- и роликоподшипниках.

Неправильная центровка соединенных валов также является источником колебаний. Упругие муфты могут лишь уменьшить действие неправильной, центровки, но не ликвидировать ее. Угловое смещение соединенных валов вызывает колебания их подшипников в осевом и радиальном направлениях. Частота колебаний совпадает с числом оборотов вала, а размах осевых колебаний значительно больше радиальных. Осевые колебания подшипников имеют противоположные фазы; радиальные колебания однофазны. При параллельном смещении осей валов радиальные колебания противоположны по фазе, осевые колебания — однофазны и незначительны по величине.

Искривление вала вызывает колебания, по признакам аналогичные угловому смещению валов. Общим отличительным признаком для всех случаев несоосности валов, по сравнению с колебаниями от неуравновешенных масс, является малая зависимость амплитуды колебания от угловой скорости вала.

Как известно, центробежные силы пропорциональны квадрату угловой скорости. Отсюда, как следствие, резко увеличивается амплитуда колебания от неуравновешенных центробежных сил при возрастании угловой скорости. Корректируя центровку валов и повторяя измерение вибрации, можно получить точную их соосность.

Наконец, причиной возникновения вынужденных колебаний может быть и характер производственного процесса. Типичным примером служит возникновение вибрации трубопроводов в результате циклических уплотнений жидкой или газовой среды в процессе перекачки ее поршневыми насосами или компрессорами. Такие вибрации опасны тем, что цикличность вынужденных колебаний обычно близка к цикличности свободных колебаний гибких и относительно простых систем, которыми являются трубопроводы. Активная вибрация трубопроводов — частое явление в нефтегазопромысловой практике.

Таковы наиболее характерные примеры вибрации машин и систем и их особенности для правильного диагностирования причин возникновения вибрации.

### 13.2 ИЗМЕРЕНИЕ ВИБРАЦИИ

Для выявления и устранения причин вибрации необходимо в первую очередь иметь полную характеристику этих колебаний — амплитуду (или размах), частоту и фазу — угловое размещение элементов системы сложных колебаний относительно друг друга.

Для измерения вибрации современных сложных форсированных машин и их фундаментов применяют современные приборы, например, универсальный прибор ИИ-5. Он состоит из двух индукционных вибродатчиков сейсмического типа, преобразующих механические колебания системы в колебания электрического тока цепи измерительных приборов, измерительного блока, фазового датчика и лампы пробоскопа. Для измерения вибрации вибродатчики прижимают к проверяемой поверхности узла машины руками или закрепляют на ней. С помощью прибора измеряют амплитуды смещения, скорости и ускорения, частоты колебаний, сдвиг фаз колебаний в диапазоне частот от 15 до 200 Гц и двойные амплитуды смещений от 5 до 1000 мкм. Более совершенные приборы состоят из пьезоэлектрических датчиков, электронного усилителя и многошлейфного осциллографа для одновременного показа на экране и записи на фотобумаге значительного числа различных колебаний.

### 13.3 ДОПУСКИ НА ВИБРАЦИЮ

При исследовании вибраций машин прежде всего возникает вопрос какие вибрации считать допустимыми и какие вредными и опасными.

В табл. 12.5 приведены нормы оценки состояния машины по вибрации для машин, генераторов, центробежных компрессоров в зависимости от скорости вращения их валов.

В результате износа вибрация машин увеличивается. Для некоторых проходных машин (газовые турбины, компрессоры, крупные двигатели) вибрация, выходящая за пределы допустимых норм, является главным признаком готовности машины на ремонт. Нормы вибрации машин обычной точности были приняты следующие

Частота вращения, об/мин	Норма вибрации, мм
1500	0,1
1000	0,12
750	0,15

### 13.5 УСТРАНЕНИЕ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

Вибрация трубопроводов в результате пульсации перекачиваемой по ним среды является довольно частое явление в нефтегазопромысловый практике. В результате частых обрывов трубопроводов, потери перекачиваемого продукта, тогда и более серьезные осложнения. Кроме того, гидравлическое сопротивление в трубопроводах при пульсации среды значительно возрастает, что приводит к потере мощности перекачивающего агрегата.

Устранение вибрации трубопроводов через жесткое соединение (без хороших компенсаторов) может разрушить компрессорный или насосный агрегат. Поэтому попытки устранить вибрацию увеличением жесткости соединений в системе трубопровод — машина, как правило, существенно усугубляют последствия вибрации. Ликвидация источника возникновения — вот наиболее правильный метод решения этой задачи. Вибрация трубопроводов по характеру ее проявления, ее причинам, а следовательно, и мерам ликвидации, существенно

отличается от вибрации машин. Если вибрация перекачивающих агрегатов и их фундаментов в большинстве случаев происходит вследствие инерционных сил движущихся частей агрегата и может быть устранена чисто механическими методами, то вибрация трубопроводов происходит в результате как инерционных сил перекачиваемой среды (что менее существенно), так и вследствие пульсации давления в трубопроводе. Если частота вынужденных колебаний системы, обычно совпадающая с цикличностью работы машины, близка к частоте собственных колебаний системы трубопровода, то система входит в резонанс, в результате возникает интенсивная вибрация всасывающих и главным образом нагнетательных трубопроводов. Зона распространения вибрации обычно ограничивается системой обвязки насосной или компрессорной станции, после выхода на прямые участки трубопроводов пульсация давления среды быстро затухает. Для выхода из опасной зоны резонанса и устранения вредных колебаний трубопроводов обычно достаточно изменить частоту возмущающей силы на 10–15%. Однако в некоторых случаях это выполнить невозможно. Кроме того, обвязка трубопроводов на станции представляет собой комплекс нескольких простых систем, поэтому изменение режима работы агрегата может вызвать резонанс других элементов обвязки. Таким образом, главным средством предупреждения вибрации является выбор размеров и формы трубопроводной обвязки исключающей возможность появления резонанса системы.

При проектировании компрессорных и насосных станций необходимо проверить систему трубопроводной обвязки на вибрацию. Если появилась вибрация, необходимо исследовать систему трубопроводов, найти участок, на котором возникает вибрация, изменить его размеры и форму.

Во многих случаях этого бывает достаточно для снижения вибрации до допустимых пределов. В противном случае в систему трубопроводов включают специальные гасители пульсации — буферные емкости, резонансные или реактивные гасители пульсации и др.

Вибрация особенно сильно проявляется в местах резкого изменения направления трубопровода (острые углы). Плавное, даже многократное изменение направления движения потока значительных вибраций в трубопроводе не вызывает. Рассмотрим пример устранения вибрации из материалов, опубликованных проф. П.А.Гладких.

На нефтяном промысле для перекачки попутного нефтяного газа на газобензиновый завод была построена компрессорная станция с тремя горизонтальными компрессорами с  $n=167$  об/мин, работающими на общий нагнетательный коллектор диаметром 250 мм. В конце коллектора на расстоянии 65 м от компрессоров был установлен холодильник. При эксплуатации станции возникла чрезмерная вибрация холодильника.

Расчет акустической системы этого трубопровода показал: частота вынужденных колебаний системы  $f = 167/60 = 2,8$  Гц, скорость распространения волн давления в попутном сыром газе  $v = 360$  м/с (по справочным данным). Длина волны вынужденных колебаний  $K = 360/2,8 = 128,6$  м.

Принимая исследуемый трубопровод как систему, закрытую с двух сторон, определяем, что резонансные колебания системы возникнут при длине трубопровода  $\lambda/2 = 128,6/2 = 64,3$  м, что практически совпадает с длиной коллектора равной 65 м. Изменением длины коллектора на 8—10 м перестановкой

олодильника вибрация была устранена.

Здесь приведено лишь краткое описание задачи устранения вибрации рубопроводов для того, чтобы показать важность этого вопроса для правильной эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования и наметить основные пути решения этой задачи. Детально этот вопрос освещен в специальной литературе.

### Лекция № 14

## ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Современная буровая установка представляет собой сложный комплекс агрегатов. Мощность буровых установок и их отдельных агрегатов зависит от конструкции скважины, а также от глубины и способа ее бурения.

Нефтегазовая промышленность выпускает буровые установки для бурения нефтяных и газовых скважин глубиной до 8000 м; грузоподъемность на крюке талевой системы до 250 т с установленной мощностью двигателей более 5000 л. с.

Тип установки для бурения скважины задаваемой конструкции выбирают на основе инженерных расчетов, определяющих возможные максимальные нагрузки на крюке талевой системы, скорости спуско-подъемных операций, необходимые гидравлические мощности и т. д.

В соответствии с нормалью Н900-66 буровые установки в зависимости от номинальной грузоподъемности делят на семь классов.

Каждому типу буровой установки соответствуют своя кинематическая и монтажная схемы, в которые входят различные агрегаты. Однако при конструктивном различии установок в их комплексе встречаются агрегаты, необходимые в любой из компоновок. Это вышки, талевые системы, грузоподъемные лебедки, роторы, вертлюги, приводные механизмы (шестеренчатые и цепные редукторы, клиноременные передачи), двигатели и насосы для качки промывочных жидкостей. Они различаются техническими характеристиками, конструктивным исполнением, габаритными размерами и т. п. Но все они должны быть кинематически связаны определенной монтажной схемой, определяющей местоположение каждого агрегата относительно друг друга.

#### 14.1

Схемы компоновки плавучих буровых установок. 1 - самоходные, 6 - несамоходные: а - буровая установка сбоку судна, б - корневая лебедка, 3 - рабочая лебедка, 4 - ротор; 5 - мостик для лебедки; 6 - буровая установка в центре судна; 7 - буровая установка на корме судна; 8 - кормная цепь.

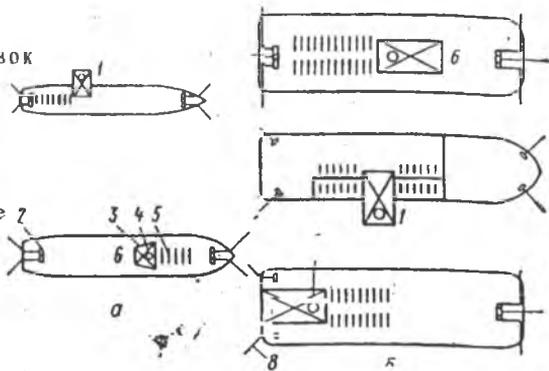
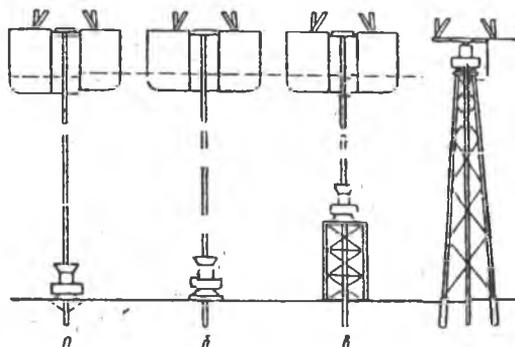


Рис 14.2

Схемы расположения  
устьевого оборудования  
а- на дне моря  
б- на дне моря с гибкой  
направляющей колонной  
в- на подводном основании  
г- на наводном основании



На рис 13.1 показаны различные типы буровых судов. Буровые суда с креплением на точке бурения при помощи восьми якорей могут бурить на глубинах моря до 180м. Применение системы динамической стабилизации обеспечивает возможность бурения на любых морских глубинах.

Глубина воды в месте бурения скважины — самый важный фактор, определяющий выбор схемы бурения и варианта монтажа устьевого оборудования.

#### 14.1 ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ

Монтаж оборудования для добычи нефти имеет ряд особенностей.

1. Оборудование для добычи нефти в зависимости от способа эксплуатации скважин имеет разнообразные формы, размеры и массу.
2. Даже при одинаковых методах добычи нефти (штанговая и бесштанговая глубиннонасосная и другие) оборудование одинакового назначения различается производительностью, размерами и типами. Использование различных установок одинакового технологического назначения определяется их производительностью и режимом эксплуатации.
3. Оборудование для добычи нефти, в отличие от бурового оборудования, устанавливается капитально на длительный срок; поэтому вопросы легкости и быстроты демонтажа не имеют здесь такого исключительного значения, как в буровом оборудовании.

4. Значительная часть нефтедобывающего оборудования работает на открытом воздухе, что предъявляет к монтажникам дополнительные требования по обеспечению высокой надежности монтажа оборудования и его дальнейшей эксплуатации в сложных климатических условиях.

5. Некоторые объекты нефтедобывающего оборудования монтируются у устья скважины, в условиях газовых проявлений, поэтому необходимо применение специальных противопожарных средств и мер предосторожности.

Техническая документация для монтажа состоит из монтажной схемы подлежащего установке оборудования, проектов фундаментов, проектов монтажных работ и графиков выполнения.

Графики выполнения работ должны предусматривать обеспечение монтажа необходимыми материалами, механизмами и устройствами, а также последовательность завоза оборудования и длительность монтажных работ.

Монтаж оборудования для добычи нефти состоит из следующего комплекса работ: подготовки площадки и сооружения фундамента, транспортировки оборудования на площадку и раскладывания его с учетом последовательности монтажа, установки и проверки положения оборудования относительно фундамента, крепления оборудования на фундаменте, регулировки, наладки и сдачи смонтированного оборудования.

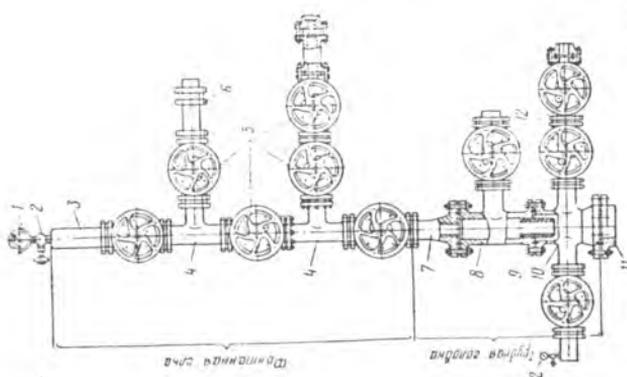


Рис 14.3 Фланцевая тройниковая арматура  
 1 — манометр; 2 — трехходовой кран; 3 — бугер; 4 — шаровый кран; 5 и 12 — анкерные; 6 — шаровый кран; 7 — шаровый кран; 8 — шаровый кран; 9 — шаровый кран; 10 — шаровый кран; 11 — шаровый кран; 12 — шаровый кран.

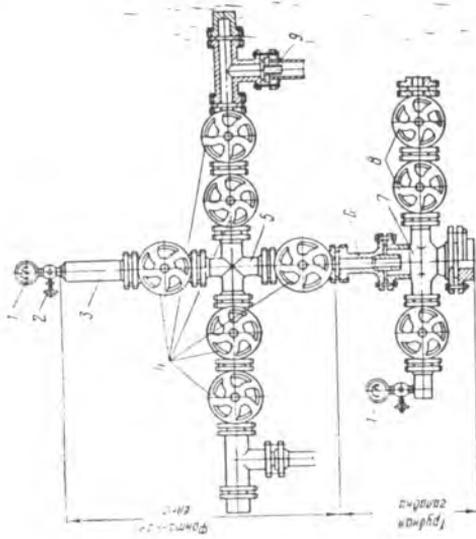


Рис. 14.2 Фланцевая крестовая арматура  
 1 — манометр; 2 — трехходовой кран; 3 — бугер; 4, 6 — шаровый кран; 5 — шаровый кран; 7 — шаровый кран; 8 — шаровый кран; 9 — шаровый кран.

## 14.2 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ФОНТАННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Фонтанная эксплуатация скважин осуществляется, когда запасы природной энергии пласта велики и скважина фонтанирует. Устье скважины оснащают при этом фонтанной арматурой, фонтанная арматура, обеспечивающая подвеску фонтанных труб, герметизацию устья скважины, контроль и регулирование режима работы скважины, представляет собой прочную стальную арматуру, состоящую из трубной головки и фонтанной елки.

В настоящее время изготавливают фланцевую фонтанную арматуру на рабочем давлении 70—700 кгс/см<sup>2</sup> тройникового (рис. 14.1) и крестового типов (рис. 14.2). Преимущество крестовой арматуры заключается в ее меньшей высоте, недостатком ее является необходимость при замене крестовника или задвижек, присоединенных к боковым отводам, закрывать центральную задвижку и тем самым останавливать добычу. Поэтому, если в фонтанирующей нефтяной среде есть песок, лучше использовать тройниковую фонтанную арматуру.

Прежде чем направить фонтанную арматуру для монтажа, ее подвергают в нефтепромысловых мастерских осмотру, проверке и гидравлическому испытанию на пробное давление. При предварительной проверке фонтанной арматуры особое внимание следует обращать на тщательную установку уплотнительных прокладок и надежное крепление фланцевых соединений. При монтаже фонтанной арматуры на скважине следует иметь в виду возможность газовых проявлений, исключающих, из-за опасности взрыва, применение самоходных грузоподъемных устройств. Однако вследствие большой массы и громоздкости фонтанной арматуры необходимо пользоваться различными устройствами, облегчающими и ускоряющими монтаж. Так, буровая талева система может быть использована для подтаскивания, монтажа и демонтажа фонтанной арматуры.

Монтаж начинают с захвата крюком талевой системы стального стропа длиной 2 м, надетого на верхнюю задвижку арматуры, и подъема этой арматуры на высоту, позволяющую соединить специальный фланец арматуры с фланцем тройника трубной головки.

При креплении фланцевых соединений во избежание перекоса и для увеличения надежности уплотнения, диаметрально расположенные болты следует затягивать попеременно за три или четыре приема.

Если необходимо быстро демонтировать и монтировать елки фонтанной арматуры, применяют простое приспособление (рис. 14.3), состоящее из стального (оттяжного) каната длиной 13,4 м, диаметром 15—18 мм, на концах которого сделаны петли. На одной из ног вышки на уровне крепления подкосов (высота) устанавливают оттяжкой ролик 3 и на этой же ноге внизу хомут 1. Оттяжной канат перекидывают через ролик 3 и одной концевой петлей при помощи хомута 4 присоединяют к верхней задвижке арматуры, а вторую концевую петлю после подъема арматуры закрепляют в хомуте 1. Хомут 1 установлен на такой высоте, чтобы арматура, удерживаемая на оттяжном канате, устанавливалась на полу вышки; хомут 2 обеспечивает крепление концевых петель каната.

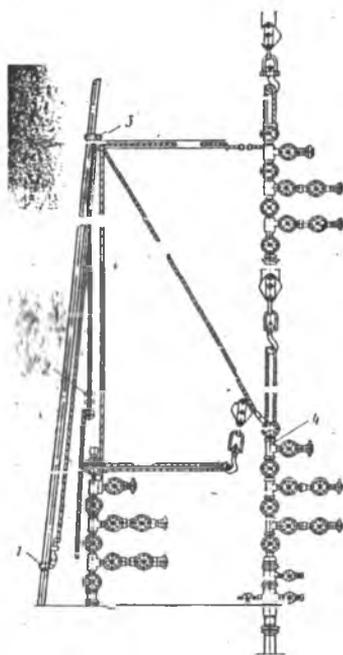


Рис. 144.

Буровой крюк при помощи стального стропа длиной 2 м захватывает верхнюю задвижку арматуры, и после отсоединения специального фланца арматуры от фланца трубной головки происходит подъем арматуры на высоту 2 м; затем в хомуте I закрепляют вторую концевую петлю и опускают арматуру.

При опускании вступает в действие оттяжной канат, а арматура под действием собственного веса описывает дугу и отводится в угол буровой к ноге вышки, на которой установлен хомут I, где и удерживается оттяжным канатом даже при освобождении крюка талевого системы.

Для установки арматуры на трубную головку описанные этапы работы выполняются в обратном порядке.

## МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ И КОМПРЕССОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

обеспечения высоких темпов добычи нефти и увеличения нефтеотдачи широко применяют методы поддержания пластового давления путем нагнетания в пласт воды, воздуха или газа. Для закачки воды в пласт строят насосные станции, оборудованные мощными центробежными насосами. Закачка в пласт воздуха или газа с целью поддержания пластового давления, а в случае компрессорной эксплуатации нефтяных скважин, строят компрессорные станции. Монтаж насосов и компрессоров является ответственной работой и поэтому его следует выполнять квалифицированными специалистами.

## ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К РАБОТЕ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ

При выполнении работ должно быть обеспечено:

1. наличие установленной технической характеристики;

2. отсутствие перекосов, перегревов, стуков, вибраций и смещений с фундамента;

3. надежность сальниковых уплотнений, охлаждения и точной регулировки;

4. наличие требований по противопожарной технике и охране труда.

## 14.1 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ФОНТАННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Фонтанная эксплуатация скважин осуществляется, когда запасы природной энергии пласта велики и скважина фонтанирует. Устье скважины оснащают при этом фонтанной арматурой, фонтанная арматура, обеспечивающая подвеску фонтанных труб, герметизацию устья скважины, контроль и регулирование режима работы скважины, представляет собой прочную стальную арматуру, состоящую из трубной головки и фонтанной елки.

В настоящее время изготавливают фланцевую фонтанную арматуру на рабочее давление 70—700 кгс/см<sup>2</sup> тройникового (рис. 14.1) и крестового типов (рис. 14.2). Преимущество крестовой арматуры заключается в ее меньшей высоте, недостатком ее является необходимость при замене крестовика или задвижек, присоединенных к боковым отводам, закрывать центральную задвижку и тем самым останавливать добычу. Поэтому, если в фонтанирующей нефтяной среде есть песок, лучше использовать тройниковую фонтанную арматуру.

Прежде чем направить фонтанную арматуру для монтажа, ее подвергают в нефтепромысловых мастерских осмотру, проверке и гидравлическому испытанию на пробное давление. При предварительной проверке фонтанной арматуры особое внимание следует обращать на тщательную установку уплотнительных прокладок и надежное крепление фланцевых соединений. При монтаже фонтанной арматуры на скважине следует иметь в виду возможность газовых проявлений, исключающих, из-за опасности взрыва, применение самоходных грузоподъемных устройств. Однако вследствие большой массы и громоздкости фонтанной арматуры необходимо пользоваться различными устройствами, облегчающими и ускоряющими монтаж. Так, буровая талевая система может быть использована для подтаскивания, монтажа и демонтажа фонтанной арматуры.

Монтаж начинают с захвата крюком талевой системы стального стропа длиной 2 м, надетого на верхнюю задвижку арматуры, и подъема этой арматуры на высоту, позволяющую соединить специальный фланец арматуры с фланцем тройника трубной головки.

При креплении фланцевых соединений во избежание перекоса и для увеличения надежности уплотнения, диаметрально расположенные болты следует затягивать попеременно за три или четыре приема.

Если необходимо быстро демонтировать и монтировать елки фонтанной арматуры, применяют простое приспособление (рис. 14.3), состоящее из стального (оттяжного) каната длиной 13,4 м, диаметром 15—18 мм, на концах которого сделаны петли. На одной из ног вышки на уровне крепления подкосов (высота) устанавливают оттяжкой ролик 3 и на этой же ноге внизу хомут 1. Оттяжной канат перекидывают через ролик 3 и одной концевой петлей при помощи хомута 4 присоединяют к верхней задвижке арматуры, а вторую концевую петлю после подъема арматуры закрепляют в хомуте 1. Хомут 1 установлен на такой высоте, чтобы арматура, удерживаемая на оттяжном канате, устанавливалась на полу вышки; хомут 2 обеспечивает крепление концевых петель каната.

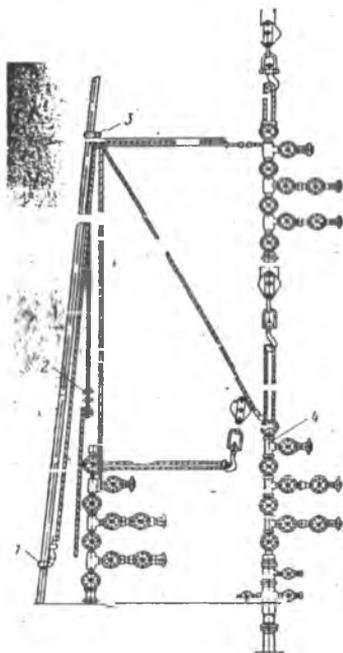


Рис. 144

Буровой крюк при помощи стального стропа длиной 2 м захватывает верхнюю задвижку арматуры, и после отсоединения специального фланца арматуры от фланца трубной головки происходит подъем арматуры на высоту 2 м; затем в хомуте 1 закрепляют вторую концевую петлю и опускают арматуру.

При опускании вступает в действие оттяжной канат, а арматура под действием собственного веса описывает дугу и отводится в угол буровой к ноге вышки, на которой установлен хомут 1, где и удерживается оттяжным канатом даже при освобождении крюка талевой системы.

Для установки арматуры на трубную головку описанные этапы работы выполняют в обратном порядке.

### 14.3. МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ И КОМПРЕССОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Для обеспечения высоких темпов добычи нефти и увеличения нефтеотдачи пласта широко применяют методы поддержания пластового давления путем интентания в пласт воды, воздуха или газа. Для закачки воды в пласт строят стовые насосные станции, оборудованные мощными центробежными насосами. Для закачки в пласт воздуха или газа с целью поддержания пластового давления, а также в случае компрессорной эксплуатации нефтяных скважин, строят специальные компрессорные станции. Монтаж насосов и компрессоров является очень ответственной работой и поэтому его следует выполнять высококвалифицированными специалистами.

### 14.4 ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ

При монтажных работах должно быть обеспечено:

- 1) получение установленной технической характеристики;
- 2) отсутствие перекосов, перегревов, стуков, вибраций и сдвигов с фундамента;
- 3) надежность сальниковых уплотнений, охлаждения и точной регулировки;
- 4) выполнение требований по противопожарной технике и охране труда.

Содержание и последовательность операций по монтажу насосов и компрессоров различных типоразмеров изложены в заводских инструкциях, направляемых обычно заводами-изготовителями вместе с машинами. В особых случаях (новизна машины, сложность и особая ответственность) заводы-изготовители руководят монтажом на месте установки машины. Поэтому достаточно, изложить общие положения и рекомендации при подготовке и монтаже насосов и компрессоров.

Здания насосных и компрессорных станций следует проектировать в сборном железобетоне индустриального изготовления одноэтажными, бесфонарными, как правило, прямоугольной формы. Применение фонарей рад отдельными зданиями насосных и компрессорных станций допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Для монтажа и ремонта оборудования не следует применять мостовые краны, лучше заменять их наземными подъемно-транспортными средствами и подвесными такелажными приспособлениями. Грузоподъемность подъемно-транспортных средств следует определять по наиболее тяжелой сменной детали машины. В районах с расчетной наружной температурой ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  в зданиях следует располагать только компрессоры и насосы, не приспособленные для работы в условиях отрицательных температур, а также перекачивающие застывающие нефтепродукты и воду. Для насосов с приводом, приспособленных для работы при расчетной наружной температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и работающих с перекачиваемыми незастывающими жидкостями, необходимо их только частично укрыть. При устройстве приточной механической вентиляции в насосных и компрессорных, воздух следует подавать в рабочую зону, а забирать его в местах, наиболее удаленных и защищенных от выброса вредных газов, пар и пыли.

В качестве источника теплоснабжения целесообразно в первую очередь использовать отходящее тепло производства или при его отсутствии применять перегретую воду или пар.

В производственных помещениях с автоматизированным технологическим процессом следует принимать внутреннюю температуру  $+5^{\circ}\text{C}$ , а при периодическом обслуживании  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Подготовка к монтажу насосов и компрессоров включает в себя обеспечение транспортировки и складирование прибывшего оборудования, подготовки монтажных механизмов и устройств, мероприятия по технике безопасности охране труда рабочих, проверку комплектности машины, выяснение типа характеристики присоединительных фланцев машины, выявление возможных повреждений машины в процессе транспортировки и т. д.

Отдельный этап подготовки — сооружение фундаментов под монтируемую машину — рекомендуется завершить до окончания строительства здания и перекрытий. Это позволит использовать гусеничные самоходные краны для затаскивания и установки машин через раскрытое перекрытие здания»

## 14.5 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СОБСТВЕННО МОНТАЖА НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ

Монтаж центробежных насосов ведется в описываемой ниже последовательности:

- 1) приемка под монтаж сооруженных фундаментов;
- 2) приемка под монтаж насосов и доставка их к месту установки;
- 3) установка монтажных механизмов и устройств;
- 4) подтаскивание, подъем и установка насоса на фундамент с последующей их выверкой и закреплением;

5) подливка цементным раствором фундаментных болтов и рамы насоса.

6) уборка монтажных механизмов и устройств;

7) разборка и сборка машины для проверки уплотняющих устройств

подшипников, регулировка системы смазки и охлаждения, точная центровка насоса и электродвигателя;

8) проверка правильности монтажа, испытание и обкатка установленного насоса.

Монтаж поршневых и плунжерных насосов отличается тем, что проводится разборка и сборка машины для проверки поршневых колец, регулировка вредного пространства, проверка регулировка клапанов и системы смазки набивка и регулировка сальников.

Вертикальный электроприводной компрессор монтируют в такой последовательности:

1) приемка под монтаж сооруженных фундаментов;

2) приемка под монтаж компрессора и доставка его к месту установки;

3) установка монтажных механизмов и устройств;

4) подтаскивание, подъем и установка компрессора на фундамент с последующей его выверкой и закреплением;

5) подливка цементным раствором фундаментных болтов и рамы компрессора;

6) уборка монтажных механизмов и устройств;

7) разборка и сборка машины для проверки, пригонки крейцкопфа к параллелям, также пригонка крейцкопфного подшипника, сборка холодильников, проверка горизонтальности коленчатого вала с шабровкой вкладышей коренных и шатунных подшипников, проверка перпендикулярности осей шатуна и коленчатого вала и пильности осей мотылевой и крейцкопфной головок шатуна, промывка цилиндром и смазка маслом шейки вала и вкладышей подшипников, монтаж масляного насоса, надевание маховика на вал и установка выносного подшипника;

8) проверка правильности монтажа, испытание и обкатка установленного компрессора.

Изомотокомпрессор монтируют в такой же последовательности. Монтаж ведут согласно заводской инструкции.

Как видно из изложенного, монтаж насосов и компрессоров, имеет много общих моментов.

При приемке под монтаж сооруженных фундаментов проверяют соответствие фактических фундаментов чертежам. Для приемки и доставки насосов и компрессоров на монтажный участок используют обычно автотранспорт. Организация работ по установке монтажных механизмов и устройств зависит от габаритных размеров и массы машин, а также от конкретных условий монтажной площадки (высота фундамента, трасса подтаскивания, возможность использования передвижных кранов и др.). Так, для затаскивания и установки машины на фундамент используют лебедки и полиспасты, передвижные краны, мачты, треноги, домкраты и наклонные площадки.

Смонтированные на фундаменте машины необходимо проверить в поперечном и продольном направлениях на горизонтальность установки, и, если необходимо, под станину рядом с фундаментными болтами подбить для выравнивания стальные клинья.

Подливка цементным раствором фундаментных болтов и рамы машины состоит в сборке опалубки, приготовлении раствора и его заливке под раму. Рекомендуется в процессе заливки все время проталкивать раствор под раму; заливка считается законченной только тогда, когда раствор появится со всех сторон рамы. После твердения цемента, повторной проверки горизонтальности машины и окончательной подтяжки фундаментных болтов убирают монтажные механизмы и устройства и приступают к монтажу насосов или компрессоров согласно инструкции завода-изготовителя. Последняя операция монтажа — проверка его правильности, проведение испытаний и обкатка установленной машины. Обычно содержание, длительность и характер испытания и обкатки указываются в инструкции завода-изготовителя.

В настоящее время все больше применяют крупноблочный метод сооружения насосных и компрессорных станций, обеспечивающий значительное повышение качества и темпов строительства.

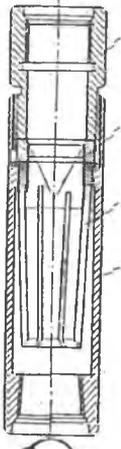
### Лекция № 15

## МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАСОСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

Для извлечения нефти из скважин при насосной эксплуатации чаще всего применяют:

- 1) поршневые глубинные насосы;
- 2) погружные центробежные насосы.

Поршневые глубинные насосы бывают двух разновидностей: трубные и вставные.



Цилиндр трубных насосов спускают в скважину на насосно-компрессорных трубах, продолжением которых он является. После этого на штангах спускают клапаны и плунжер насоса. Поэтому для подъема цилиндра трубного насоса из скважины приходится сперва поднять штоки с плунжером, клапанами и потом насосные трубы. Это занимает много времени. При использовании вставных насосов их опускают и извлекают на колонне штанг при стационарно подвешенных в скважине трубах, благодаря чему значительно сокращается время на смену насоса.

Вставной насос в скважину спускают в следующем порядке. Сперва спускают колонну насосных труб, на конце которой установлены замковая опора (рис. 15.1), состоящая из переводника 1, кольца 2 и пружинного замка 3. Пружинный замок 3 представляет собой полый усеченный конус, имеющий в нижней части систему разрезов, благодаря которым он пружинит. Переводник 1 имеет в

верхней части резьбу под насосно-компрессорную трубу, на которой замковая опора спускается в скважину. К нижней части замковой опоры присоединена рубашка 4 насоса с направляющей муфтой на конце, к которой, в свою очередь, можно

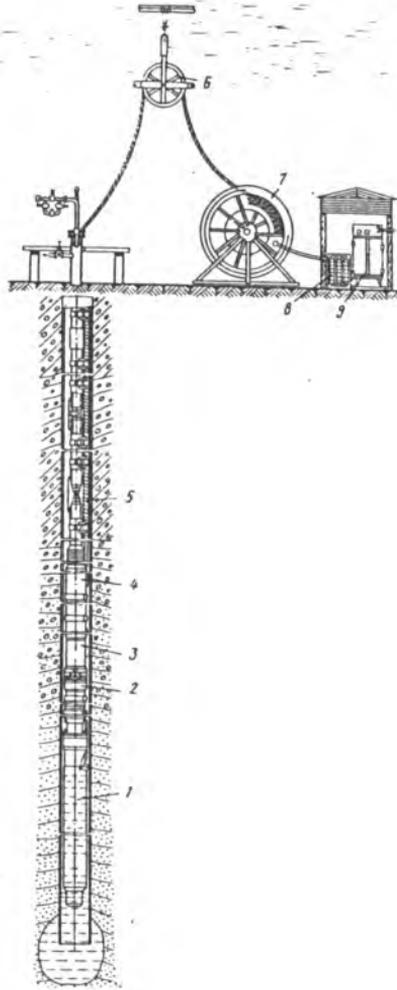


Схема установки погружного центробежного  
электронасоса

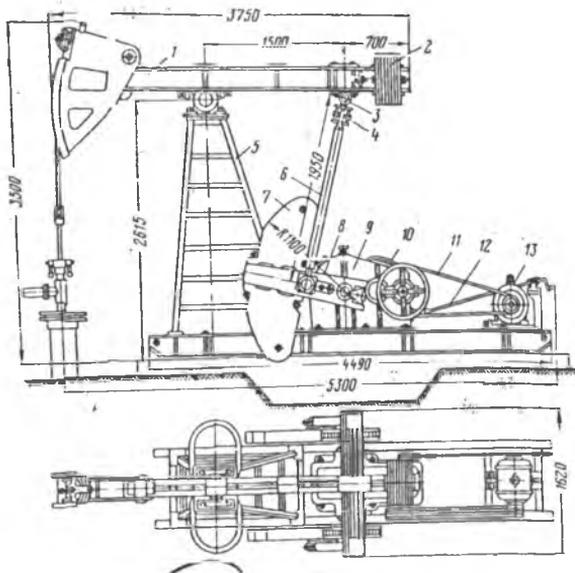
присоединять различные защитные устройства (фильтры, сетки и др.). Затем в спущенные трубы спускают на штангах насос в собранном виде. Дойдя до пружинного замка, насос раздвигает его и проходит вниз до тех пор, пока пружина замка не пойдет за буртик упорного ниппеля, обеспечив тем самым прочное закрепление насоса. Закрепленный в замковой опоре вставной насос работает, как грубный насос.

Для приведения в движение плунжера глубинного насоса над устьем скважины устанавливают станок-качалку.

Станок-качалка является балансирным приводом глубиннонасосной установки, который преобразует вращательное движение вала двигателя в вертикальное возвратно-поступательное движение точки подвеса штанг. На нефтепромыслах эксплуатируют балансирные станки-качалки нескольких типов: так называемого нормального ряда (СКН), снабженные подшипниками качения, тормозом и роторным или комбинированным противовесом, приводом от электродвигателя при помощи клиноременной передачи, зубчатым редуктором и кривошипно-шатунным механизмом.

Станок-качалка GKNЗ-915 нормального ряда (рис. 152) состоит из четырехопорной стойки 5, соединенной с рамой балансира 1, несущей набор грузовых плит 2. Траверса 4, состоящая из двух швеллеров, является соединительным звеном между редуктором 9 и балансиром 1', соединяется при помощи подвеса 3 и шатунно-кривошипных механизмов 6.

Кривошипы 8, закрепленные на ведомом валу редуктора 9, кроме шпоночных соединений дифференциальными стяжками 10 несут на себе по два перемещающихся дополнительных уравнивающих груза 7. Таким образом, станок-качалка обеспечивается балансирным и роторным уравниванием. Тормоз 12 обеспечивает фиксацию положения балансира, а клиноременная



## Рис. 152.

передача II — передачу вращения вала электродвигателя 13 на редуктор 9. Остальные станки-качалки нормального ряда СКН2-615, ГКН5-1812, СКНЮ-2165; ГКНЮ-3012 отличаются от рассмотренного СКН3-915 размерами, длиной хода головки балансира, величиной максимальной нагрузки на головку балансира, мощностью электродвигателя, числом качаний в минуту и т. д.

Монтаж станка-качалки начинается с подготовки и планировки площадки I и рытья котлована под фундамент.

Фундамент под станок-качалку состоит из двух частей: подземной, например, бутовой кладки и наземной (цокольной) —бутобетона, изготовляемого на месте, или бетонных блоков (что предпочтительнее), выполняемых в заводских условиях и соединяемых на фундаменте при помощи болтов. По окончании сооружения фундамента начинается монтаж станка-качалки, который поступает на монтажную площадку в разобранном виде (кроме станка СКН-2, доставляемого в собранном виде), что облегчает его транспортировку на специальном лафете или грузовой платформе. разгружаемые части станка-качалки необходимо располагать на площадке с учетом последовательности его монтажа. Так, раму с редуктором укладывают возможно ближе к фундаменту. Значительно облегчает и ускоряет монтаж применение передвижных грузоподъемных кранов (автомобильных, тракторных и др.).

Для подтаскивания рамы на фундамент можно использовать также катки которые предпочтительнее перекачивать по деревянному настилу. Раму, доставленную и установленную на фундаменте, проверяют при помощи уровня на горизонтальность установки в продольном и поперечном направлениях при этом, если необходимо, под основание подкладывают металлические клинья.

Стойки станка-качалки устанавливают на раму передвижным краном или при помощи каната, который пропускают через кронблок вышки или мачты а наматывают на барабан трактора-подъемника. Установленную стойку прикрепляют к раме болтами; горизонтальность положения ее верхней плиты проверяют в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Затем поднимают балансир и устанавливают его так, чтобы совпали болтовые отверстия корпусов подшипников балансира с соответствующими отверстиями на плите опорной стойки. После этого подшипники прикрепляют к плите болтами и гайками. Правильность положения балансира относительно центра устья скважины определяют при помощи отвеса, прикрепленного к центру траверсы подвески. Если отвес не совпадает с центром скважины, то следует перемещать балансир до соответствующего положения. После этого его закрепляют скобами и болтами.

Далее при помощи серьги поперечную траверсу с двумя шатунами прикрепляют к хвосту балансира, собирают тормоз, устанавливают кривошип в горизонтальное положение и надежно закрепляют на них роторные противовесы. При помощи кривошипных пальцев и гаек нижние головки шатунов присоединяют к кривошипам. На этом монтаж станка-качалки заканчивается.

Затем еще раз проверяют правильность установки станка-качалки, подливают цементный раствор под раму, а после его затвердения крепят гайками и контргайками фундаментные болты. Собранный станок-качалку оснащают металлической лестницей с перилами и металлической площадкой обкатывают и

дают персоналу промысла.

В настоящее время широко применяют погружные центробежные электронасосы (ЦН).

Выбор типа насоса определяется характеристикой скважины и является задачей технологов. Задача механиков — правильно смонтировать насосную установку, наладить ее и обеспечить нормальную эксплуатацию в заданном технологическом режиме. В соответствии со схемой (рис. 15.4), установка состоит из электродвигателя 1, протектора 2, собственно насоса 4, фильтра 3, насосных труб, на которых агрегат подвешен в скважине, кабеля 5 электропередачи, закрепляемого на насосных трубах одновременно со спуском агрегата в скважину, кабельного муфты 7, подвесного направляющего ролика 6, станции управления установкой 9 и индукционного трансформатора 8.

Все эти элементы установки доставляют на место эксплуатации отдельно и монтируют непосредственно на скважине. Для монтажа насосной установки применяют подъемник с вышкой или мачтой.

При монтаже электродвигатель подвешивают на специальном элеваторе над скважиной, подсоединяют кабель и прокручивают двигатель на холостом ходу, проверяя качество его работы и нужное направление вращения. Попутно размечают концы кабеля во избежание ошибки в направлении вращения вала насоса после монтажа.

После монтажа на электродвигатель устанавливают протектор и заполняют систему маловязким маслом, необходимым для защиты электродвигателя от попадания перекачиваемой жидкости. Электродвигатель с протектором опускают в скважину и устанавливают на фланце обсадной колонны на специальном хомуте-элеваторе. Затем устанавливают и закрепляют на протекторе насос. В таком виде агрегат готов к спуску в скважину.

Особое внимание при монтаже следует обратить на прочность и плотность всех соединений (прокладок, уплотнительных колец). Герметичность сборки агрегата проверяют его опрессовкой маловязким маслом при давлении  $4 \text{ кгс/см}^2$  поступающим через обратный клапан в протекторе или в электродвигателе. После опрессовки важно выпустить из протектора часть масла ( $300\text{—}700 \text{ см}^3$ ) в расчете на расширение при нагреве во время работы агрегата (возможен нагрев до  $100^\circ \text{C}$ ). Очень важно обеспечить надежное соединение питающего кабеля с вводом в электродвигатель.

Из характеристик насосов известно, что центробежные насосы должны кататься в ход при максимальном давлении на нагнетательной линии. Тогда плотность, затрачиваемая на запуск, будет минимальной. Для этого обсадная колонна насосных труб должна быть всегда заполнена жидкостью. Обратный шаровой клапан, смонтированный в головке насоса, исключает утечку жидкости из насосных труб после остановки насоса или при заливе.

Для выпуска жидкости из колонны насосных труб перед подъемом агрегата из скважины для ремонта в одной из нижних муфт колонны монтируют спускной клапан.

Насосный агрегат в скважину спускают последовательным наращиванием обсадной колонны насосных труб с одновременным креплением к ним сбоку питающего кабеля. Весьма желательно обеспечить контролируруемую затяжку резьбовых муфт.

Кабель туго прижимается к насосным трубам специальными металлическими поясами на расстоянии 100—150 мм по обе стороны соединительных муфт.

Очень важно следить за параллельностью кабеля оси трубы по всей длине колонны, так как кабель, навитый на трубу по спирали, может заклинить колонну и вызвать тяжелые затруднения при демонтаже.

При спуске кабеля с колонной можно повредить его защитную оболочку о края фланца на входе в обсадную трубу. Чтобы избежать повреждений, на фланец обсадной трубы устанавливают подставку с боковым роликом, через который перекачивается кабель при спуске.

В процессе спуска колонны следует периодически проверять мегометром качество изоляции кабеля. Когда агрегат спущен на проектную глубину, монтажную подставку убирают, а на последнее звено колонны насосных труб монтируют мощную шайбу, на которой висит вся система во время эксплуатации. Затем оборудуют устье скважины в соответствии с заданием технологов и заливают колонну насосных труб жидкостью для облегчения запуска. Если в скважине возможно отложение парафина, на ее устье ставят приспособление для применения скребков. Из описания видно, что монтаж — демонтаж подземной части насосной установки является операцией длительной и трудоемкой, поэтому на тщательность выполнения всех работ и текущий контроль их качества должно быть обращено особое внимание, чтобы исключить необходимость преждевременного подъема насосного агрегата из скважины.

Станция управления дает возможность управлять работой установки вручную и автоматически по заданной программе. Станцию доставляют на место монтажа в собранном виде; остается лишь соединить кабель с вводами на станции, а главное, проверить и наладить электрическую часть установки на заданный режим. Станцию управления монтируют на некотором расстоянии от скважины и соединяют её с кабелем.

### Литература

1. Ремонт и монтаж нефтегазопромыслового оборудования. М., Недра, 1976, 368 стр.
2. Бухаленко Е.И., Абдуллаев Ю.Г. Монтаж, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования. М., Недра, 1974, 360 стр.
3. Фармазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов: М.: Химия, 1988, 304 стр.
4. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А., Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности. М. Высш. Школа, 1978 г.
5. Ермаков В.И., Шеин В. С., Ремонт и монтаж химического оборудования: Л.: Химия, 1981 – 368 стр.
6. Казарцев В.И. Ремонт машин. М., Сельхозиздат, 1961, 583 стр.
7. Кузнецов В.С. Обслуживание и ремонт бурового оборудования.. М., Недра, 1973, 343 стр.
8. Мархасин Э.Л., Шрейбер Г.К. Поверхностное упрочнение деталей нефтяного оборудования и инструмента. М., Гостоптехиздат, 1959, 181 стр.

9. Ткачев В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин. М., Машиностроение, 1971 г, 272 стр.

## Содержание

Лекция № 1 Основы надежности нефтегазопромыслового оборудования.....	3
1.1. Основы теории надежности.....	3
1.2. Оценка надежности оборудования.....	6
1.3. Повышение надежности бурового и нефтегазопромыслового оборудования.....	10
Лекция № 2 Виды разрушений деталей нефтегазопромыслового оборудования.....	11
2.1. Классификация видов разрушения деталей.....	11
2.2. Деформация и изломы.....	12
2.3. Износ.....	12
2.4. Классификация видов изнашивания.....	13
2.5. Химико-тепловые повреждения.....	15
Лекция № 3 Организация обслуживания и ремонта оборудования.....	16
3.1. Теоретические основы системы ППР.....	16
3.2. Методика разработки основных показателей системы ППР.....	17
Лекция № 4 Система ППР технологического оборудования нефтяной промышленности.....	18
4.1. Планирование, подготовка и организация. Техническое обслуживание и ремонта машин и оборудования.....	19
4.2. Основные сведения о технической диагностике.....	20
4.3. Средства диагностики технического состояния оборудования.....	20
4.4. Место диагностики в технологическом процессе технического обслуживания.....	21
4.5. Структура управления ремонтным хозяйством нефтяной промышленности.....	21
Лекция № 5 Структура технологического процесса капитального ремонта.....	23
5.1. Подготовительные работы для сдачи оборудования в ремонт.....	25
5.2. Моечно-очистные работы.....	25
5.3. Разборка оборудования.....	26
5.4. Контрольно-сортировочные работы.....	26
5.5. Комплектование деталей оборудования.....	27
5.6. Приработка и испытание агрегатов и машин.....	28
5.7. Окраска оборудования.....	28
Лекция № 6 Способы ремонта деталей.....	28
6.1. Причины нарушения и методы восстановления работоспособности сопряжения.....	28
6.2. Классификация способов ремонта изношенных деталей.....	29
6.3. Ремонт деталей механической обработкой.....	30
6.4. Ремонт деталей давлением.....	31
6.5. Ремонт деталей сваркой и наплавкой.....	33

## Лекция №7

7.1. Ремонт деталей металлизацией.....	42
7.2. Ремонт деталей гальваническим наращиванием.....	45
7.3. Ремонт деталей пайкой.....	49
7.4. Ремонт деталей перезаливкой антифрикционными сплавами.....	50
7.5. Ремонт деталей полимерными покрытиями.....	52
7.6. Ремонт деталей с применением соединений.....	54
7.7. Выбор рационального способа рационального способа ремонта деталей.....	55

## Лекция № 8 Типовой технологической ремонт нефтепромыслового оборудования

8.1. Обслуживание и ремонт станок-качалок в процессе эксплуатации.....	57
8.2. Погружное оборудование.....	57
8.3. Обслуживание установки погружных центробежных электронасосов.....	69

## Лекция № 9 Фундаменты под оборудование и их строительство.....

9.1. Расчет фундаментов. Статическая нагрузка. Определение основных размеров.....	74
9.2. Конструкции фундаментов.....	75
9.3. Освоение монтажной площадки и строительство фундаментов.....	80
9.4. Материалы для фундаментов и их сооружение.....	80

## Лекция №10 Транспортные и такелажные работы. Подъемно-транспортное оборудование и такелажный инструмент.....

10.1. Такелажная оснастка.....	81
10.2. Грузоподъемные машины и механизмы.....	87
10.3. Организация транспорта.....	89
10.4. Расчет транспортной операции.....	90

## Лекция № 11. Монтаж машин.....

11.1. Монтаж рамы. Монтаж рамы на фундаменте на фундаменте и выверка её положения.....	93
11.2. Сборка крупногабаритного оборудования при монтаже.....	95
11.3. Укладка горизонтальных валов на подшипники.....	95
11.4. Установка маховиков и шкивов.....	96
11.5. Выверка соосности валов.....	97
11.6. Проверка перпендикулярности поверхности и соосности отверстий.....	97

## Лекция №12. Сборка шатунно-поршневой группы.....

12.1. Выверка клиноременных и цепных передач.....	100
12.2. Проверка и регулировка натяжения ремней и цепей.....	100
12.3. Контроль затяжки резьбовых соединений.....	101

## Лекция №13 Устранение вибрации машин и трубопроводов.....

13.1. Причины вибрации.....	104
13.2. Измерение вибрации.....	105
13.3. Допуски на вибрацию.....	106
13.4. Балансировка машин при монтаже или во время эксплуатации.....	106
13.5. Устранение вибрации трубопроводов.....	108

Лекция № 14 Особенности монтажа буровых установок.....	109
14.1 Особенности монтажа оборудования для добычи нефти.....	111
14.2 Монтаж оборудования при фонтанной эксплуатации нефтяных скважин.....	112
14.3. Монтаж оборудования для поддержания пластового давления и компрессорной эксплуатации нефтяных скважин.....	113
14.4 Общие технические положения и требования к монтажу нефтепромысловых насосов и компрессоров.....	113
14.5 Основные положения по производству собственно монтажа насосов и компрессоров.....	114
Лекция № 15 Монтаж оборудования для насосной эксплуатации нефтяных скважин. ....	116
Литература.....	120