

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет  
имени К.И.Сатпаева



**Б.С. Бейсенов, М.Б. Курманалиев**

## **МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Рекомендовано Научно- методическим советом университета  
в качестве учебного пособия

Алматы 2015

УДК 621.7 (075).8)  
ББК 34.7 я 73  
Б 41

**Б 41** Бейсенов Б.С., Курманалиев М.Б. Монтаж и эксплуатация технологических машин: Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2015 – 265 с.  
Ил. 121. Табл.15. Библиограф. 15 назв .

ISBN 978-601-228-786-8

В учебном пособии изложены основные сведения, связанные с монтажом, эксплуатацией и техническим обслуживанием технологических машин и оборудования, используемых в металлургическом комплексе.

Изложены системы монтажа технологических машин, технология сборки и монтажа, системы эксплуатации и управления техническим обслуживанием и ремонтом электромеханического оборудования, методы технической диагностики. Отражены организация работ при техническом обслуживании, ведения работ безопасными методами.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по специальности 5В072400 – «Технологические машины и оборудование (по отраслям)» по кредитной технологии и может быть использовано инженерно-техническими работниками предприятий.

УДК 621.7 (075.8)  
ББК 34.7 я 73

Рецензенты: *Б.А.Мырзахметов*, зав. каф. «МОНПП»  
КазНТУ им. К.И.Сатпаева, канд. техн. наук.

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2015 г.

ISBN 978-601-228-786-8

© Б.С. Бейсенов, М.Б. Курманалиев, 2015  
© КазНТУ, 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Непрерывный рост металлургического производства требует ежегодного ввода в эксплуатацию новых, более мощных металлургических агрегатов и постоянной модернизации ранее установленного оборудования, с целью повышения его производительности и уровня механизации и автоматизации.

Комплекс работ, обеспечивающих рациональную эксплуатацию действующих и вновь устанавливаемых металлургических агрегатов, складывается из качественного монтажа и наладки, систематического ухода и смазки, своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов оборудования. Выполнение указанных работ входит и повседневные обязанности механиков металлургических цехов и заводов, а изучение теоретических основ и практических методов их проведения является необходимой и ответственной частью подготовки будущих механиков металлургических предприятий.

Оснащение металлургических цехов высокопроизводительным оборудованием, полностью механизированным и в значительной мере автоматизированным, еще более повышает требования, предъявляемые к улучшению организации и техники обслуживания и ремонтов, а также ставит широкие задачи в области изучения характера износов и мер, способствующих повышению надежности и долговечности машин.

В учебном пособии представлен обобщенный опыт передовых металлургических заводов, ведущих проектных институтов и монтажных организаций по состоянию и развитию монтажно-ремонтного и смазочного дела за последние годы.

Первая часть пособия посвящена технологии монтажных работ, вторая – эксплуатации, третья – технической диагностики, четвертая – вопросам выбора смазочных материалов и техническому обеспечению смазочного хозяйства.

# **1 СИСТЕМЫ МОНТАЖА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

## **1.1 Особые условия эксплуатации металлургических машин**

Условия эксплуатации металлургических машин относятся к тяжелым и характеризуются специфическими условиями работы: высокой запыленностью; резкими перепадами температур; возможностью внезапных перегрузок и механических повреждений; наличием агрессивных вод, повышенной влажностью окружающей среды и др. Под действием этих факторов происходит интенсивный износ отдельных деталей и узлов и выход их из строя.

Рассмотренные специфические условия эксплуатации предъявляют к производству, техническому обслуживанию и ремонту металлургических машин повышенные требования:

– высокая надежность металлургических машин, обуславливающаяся как условиями эксплуатации, так и характером технологического процесса, при котором выход из строя одной из машин технологической цепочки приводит к вынужденному простоя ряда других машин, находящихся в исправном состоянии. Для обеспечения высокой надежности детали металлургических машин должны изготавливаться из качественных конструкционных легированных сталей, подвергаться химико-термическому и деформационному упрочнению и обладать высокой точностью, что особенно важно для деталей гидравлических механизмов;

– приспособленность конструкций металлургических машин к техническому обслуживанию в условиях эксплуатации, которая обуславливается доступностью к заменяемым узлам и деталям, легкостью их снятия и установки на машину, унификацией и нормализацией деталей.

## **1.2 Технология монтажных работ**

### **1.2.1 Проектная и техническая документация, используемая при монтажных работах**

*Проект производства работ (ППР)* – основной руководящий документ, определяющий организацию и технологию монтажных и ремонтных работ. ППР предусматривает безопасное выполнение работ наиболее эффективными методами, способствующими снижению их себестоимости и трудоемкости, сокращению продолжительности и улучшению качества. ППР на монтаж и ремонт технологического оборудования разрабатывается организациями, выполняющими эти работы, или по их заказам специализированными организациями, согласовывается с генподрядной организацией и утверждается руководством монтажной или ремонтной организации.

Основными исходными материалами для разработки ППР являются: проект организации строительства; генеральный план пром. площадки и

стройдвора; строительные чертежи, компоновочные и установочные чертежи оборудования; рабочие чертежи оборудования и трубопроводов; уточненные сроки ввода в действие оборудования и объектов.

#### *Состав и содержание проекта производства работ*

Проект производства работ на монтаж технологического оборудования состоит из разделов общеплощадочного ППР (общая часть) и разделов по монтажу оборудования отдельных объектов.

В разделе «Общеплощадочный ППР» разрабатываются следующие чертежи: стройгенплан с указанием временных сооружений и транспортных коммуникаций, схема монтажных проемов, схема раскладки блоков на сборочно-укрупнительных площадках, схемы разводки магистралей газа, схемы монтажа грузоподъемных механизмов, ведомости необходимого оборудования, приспособлений, инструмента и вспомогательных материалов, заявочные спецификации на металлопрокат и трубы для изготовления приспособлений и пояснительная записка, в которой приводятся краткая характеристика оборудования и данные о сроках ввода, объемах работ, средствах механизации сборочных и монтажных работ, временных сооружениях, источниках всех видов энергоснабжения.

Разделы ППР по монтажу отдельных объектов содержат: план и разрезы монтируемого объекта с указанием расположения грузоподъемных средств и подъездных путей, схемы разбивки оборудования на монтажные блоки и последовательность их монтажа, рабочие чертежи приспособлений для сборки и монтажа блоков, монтажные и сварочные формуляры, локальный график производства работ и пояснительную записку, в которой приводятся уточненные данные об объемах работ, описание принятой технологии производства работ, схемы механизации трудоемких и ручных процессов и совмещения строительных и монтажных работ, даются указания по технике безопасности для конкретных условий производства работ.

Для производства работ по сборке и монтажу отдельных сложных блоков и узлов оборудования дополнительно разрабатываются технологические карты, содержащие состав монтажных блоков, схемы строповки и раскрепления блоков при транспортировке и установке в проектное положение.

#### *Подготовка строительного-монтажного производства*

В строительстве действует единая система подготовки производства как комплекс взаимосвязанных подготовительных мероприятий организационного, технического, технологического и планово – экономического характера, обеспечивающих возможность строительства объектов для своевременного ввода их в эксплуатацию.

Основными направлениями подготовки строительного производства являются: общая подготовка строительного производства, подготовка строительного-монтажных организаций, подготовка строительства объектов.

Общая подготовка осуществляется заказчиком с участием проектных и строительных организаций и включает в себя:

– предпроектную подготовку строительного производства (разработку технико-экономического обоснования строительства и подготовку исходных данных на проектирование);

– обеспечение строительства проектно – сметной документацией (разработку проекта организации строительства, разработку чертежей и сметной документации); перспективное планирование (пятилетнее планирование капитального строительства и разработку мероприятий по повышению эффективности строительного производства). В процессе подготовки строительно-монтажных организаций к выполнению производственных программ формируются показатели пятилетних планов, разрабатываются годовые планы, решаются вопросы создания новой или расширения существующей производственной базы, планируются мероприятия, обеспечивающие своевременный ввод в эксплуатацию объектов, повышение производительности труда, снижение себестоимости работ.

#### *Работы подготовительного периода*

Работы подготовительного периода связаны с освоением строительной площадки и организацией технологии строительного производства в объемах, обеспечивающих нормальное развитие строительства.

Подготовительные работы технологически увязываются с общим потоком строительно – монтажных работ для обеспечения фронта работ всем строительным подразделениям.

Подготовительные работы включают:

– создание заказчиком опорной геодезической сети (высотные реперы, главные оси сооружений, в том числе знаки продольной оси батареи за пределами контрфорсов и знаки осей крайних и средней печей с машинной и коксовой сторон);

– расчистку заказчиком территории строительства, снос неиспользуемых в процессе строительства строений;

– создание общеплощадочного складского хозяйства (строительство новых или ремонт существующих складов, подготовка механизированного складского хозяйства заказчика к приему, хранению и выдаче в монтаж технологического оборудования с учетом необходимых площадей для контрольной проверки оборудования);

– инженерную подготовку строительной площадки (первоочередные работы по планировке территории, устройство подъездных железнодорожных путей, автомобильных дорог, водо и энергоснабжения);

– устройство временных сооружений, телефонной связи и радиосвязи.

#### *Перечень документов по подготовке производства*

1. Заказы на разработку проектов производства работ, детализированных чертежей металлоконструкций, трубопроводов.

2. Перечень замечаний по качеству проектно – технической документации,

3. Ведомости оборудования, нестандартизированного оборудования и металлоконструкций.

4. Спецификация металлопроката, необходимого для изготовления металлоконструкций в мастерских управления.

5. Ведомости труб поставки заказчика, труб поставки генподрядчика, трубных деталей, технологических опор под трубопроводы, трубопроводной запорной арматуры, метизов, электродов, лакокрасочных материалов, паронитовых прокладок, асборезиновых изделий и других материалов.

6. Заказы на изготовление металлоконструкций и узлов трубопроводов.

7. Заявочные спецификации на все виды основных и вспомогательных материалов.

8. Графики производства работ.

9. Проекты производства работ, технологические записки, детализированные чертежи узлов трубопроводов.

10. Перечень необходимых монтажных механизмов, оснастки, приспособлений и инструмента,

11. Графики потребности в рабочей силе.

12. Монтажный паспорт на объект.

13. Журнал регистрации проектно – сметной и технической документации.

14. Журнал учета документации, разработанной участком подготовки производства.

### ***Инструментальное хозяйство***

Для оснащения бригад, звеньев и отдельных рабочих инструментом и приспособлений каждое монтажное управление имеет инструментальное хозяйство, в состав которого должны входить: центральная инструментальная кладовая с ремонтным отделением, участковые инструментальные кладовые, бригадные инструментальные кладовые, передвижная инструментальная мастерская.

Центральная инструментальная кладовая с ремонтным отделением размещается, как правило, на производственной базе управления. Здесь создаются резервные запасы инструмента, отсюда он поступает в участковые и бригадные кладовые. Кроме хранения, учета и комплектации в наборы в таких кладовых следует проводить периодические проверки, техническое обслуживание и текущий ремонт инструмента.

Создание участковых инструментальных кладовых обычно необходимо в связи с ведением работ на отдельных крупных объектах и значительным удалением участка от центральной инструментальной кладовой.

В целях сокращения затрат времени на получение инструмента его комплектуют в бригадные наборы, которые хранятся на монтажной площадке в бригадных инструментальных кладовых.

Для оперативной связи между инструментальными кладовыми при наличии удаленных участков или бригад следует организовывать передвижную инструментальную мастерскую. Ее назначение – доставка инструмента в участковые и бригадные инструментальные кладовые, а также техническое обслуживание и проверка инструмента на рабочих местах.

Бригадный набор инструмента должен выдаваться бригадиру и храниться на монтажной площадке в специальном контейнере.

Перечень инструмента и приспособлений, необходимых для выполнения монтажных работ, определяется проектом производства работ. При этом предусматривается механизация наиболее трудоемких ручных операций (сборка и разборка резьбовых соединений, резка профильного металла и труб, снятие фасок под сварку на трубах и листовом металле, зачистка сварных швов и др. Значительное повышение производительности труда при механизации операций достигается за счет применения электрических и пневматических ручных машин – гайковертов, сверлильных и шлифовальных машин, развальцовок, пил дисковых, кромкорезов.

Выбор ручной машины обуславливается конкретными условиями работы. На монтажных площадках, как правило, применяются электрические машины с двойной изоляцией, при работе в сосудах, аппаратах и резервуарах – электрические ручные машины III класса (на 36 В) или пневматические ручные машины, при значительном объеме монтажных работ – ручные машины с пневматическим приводом. Для сокращения времени на подготовку к работе ручных машин последние должны выдаваться рабочим полностью укомплектованные.

Посты подключения ручных машин должны находиться недалеко от рабочего места; расстояния между ручными машинами и местами их подключения: 10 м для электрических машин на 36 В и пневматических машин и 20 м для электрических машин на 220 В.

При механомонтажных работах широко используют специальные монтажные приспособления: домкраты гидравлические ДГО 20М, ДГО 50, ДГО 100, ДГО 200 грузоподъемностью соответственно 20, 50, 100 и 200 т; домкрат винтовой ДВ – 10 грузоподъемностью 10 т; домкрат реечный ДР – 5 грузоподъемностью 5 т; подкладки специальные монтажные регулируемые клиновые типов ПР – 3, ПР – 5, ПР-10 грузоподъемностью соответственно 3, 5, 10 т; лебедки рычажные ручные с максимальным тяговым усилием 15 и 30 кН; ключи мультипликаторы КМ, КМ – 70 и КМ – 130; насос трехплунжерный приводной НП – 600; насос гидравлический с ручным приводом НР – 450; насос шестеренчатый НШ – 40.

Ручной инструмент, применяемый монтажниками, подразделяется на три основные группы:

- инструмент для крепления резьбовых соединений (ключи гаечные, ключи монтажные и отвертки слесарно-монтажные);

- инструмент ударного действия, режущий, шарнирно – губочный (молотки, зубила и крейцмейсели слесарные, клуппы, шаберы, плоскогубцы, острогубцы, пассатижи комбинированные, ножницы для резки металла и др.); напильники (напильники и надфили).

Ручной инструмент, используемый, как правило, при всех работах, поручаемых бригаде, составляет основу бригадного набора инструмента.

Ремонт и замена ручного инструмента из набора проводятся по мере износа и порчи инструмента.

Разметочные и измерительные инструменты для выполнения монтажных работ тоже подразделяются на несколько групп по назначению:

- инструмент для разметки и измерения длины (рулетки измерительные металлические, метры ленточные и складные металлические, линейки измерительные металлические и штангенциркули);

- инструмент для разметки, проверки и измерения углов (угольники плоские и бортовые, линейки поверочные угловые, угломеры с нониусом);

- инструмент для измерения размеров деталей (нутромеры, глубиномеры, штангенглубиномеры);

- инструмент для проверки плоскостности, прямолинейности, отклонений от горизонтали, зазоров (плиты, линейки лекальные и с широкой рабочей поверхностью, индикаторы, шупы, уровни);

- инструмент для измерения резьбы (шаблоны резьбовые);

- разметочный инструмент и отвесы (чертилки, кернеры, циркули, отвесы).

Разметочный и измерительный инструмент необходимо использовать для обеспечения качественного выполнения работ.

### **1.2.2 Фундаменты**

Основными требованиями, предъявляемыми к фундаментам, являются: прочность, устойчивость, сопротивляемость влиянию атмосферных условий и отрицательных температур, долговечность, соответствующая эксплуатационному сроку службы надземной части зданий и сооружений, индустриальность устройства конструкций, экономичность.

По форме в плане фундаменты делятся на ленточные, столбчатые, сплошные и свайные. Ленточные фундаменты выполняют в виде непрерывных стен, столбчатые – в виде системы отдельно стоящих столбов и сплошные – в виде сплошной плиты прямоугольного или ребристого сечения под все здание.

По виду материала фундаменты бывают железобетонные, бетонные, бутовые, бутобетонные, кирпичные и деревянные. Под все ответственные здания и сооружения, как правило, устраивают железобетонные фундаменты.

По характеру работы под нагрузкой фундаменты делят на жесткие и гибкие, по способу производства (изготовления) – на сборные и монолитные. Фундаменты под железобетонные колонны. Под железобетонные колонны применяют железобетонные сборные и монолитные фундаменты стаканного типа. Сборные фундаменты могут состоять из одного железобетонного блока (башмака) стаканного типа или из железобетонного блока-стакана и одной или нескольких опорных плит под ним.

Монолитные железобетонные фундаменты имеют симметричную ступенчатую форму с двумя или тремя прямоугольными ступенями и

подколонником, в котором размещен стакан для колонны. Дно стакана, как правило, располагается на 50 мм ниже проектной отметки низа колонны, чтобы иметь возможность компенсировать неточности в размерах и заложении фундаментов.

Фундаменты под колонны проектируют из бетона классов В10, В12.5, В15. Армирование их осуществляют в соответствии с расчетом. В качестве рабочей арматуры применяют чаще всего горячекатаную сталь класса А – II.

Фундаменты под стены. Под стены зданий и сооружения различного назначения устраивают столбчатые, ленточные или свайные фундаменты .

Столбчатые фундаменты под стены (рис.1) устраивают при небольших нагрузках и прочных основаниях. Их применяют, как указывалось выше, в основном в промышленном строительстве в каркасных зданиях. В жилых и гражданских их проектируют, как правило, в малоэтажных зданиях без подвалов. Столбчатые фундаменты выполняют в виде деревянных ступней и в форме столбов квадратного, прямоугольного и трапецеидального сечений из керамического кирпича, бута, бетона, железобетона и других материалов.

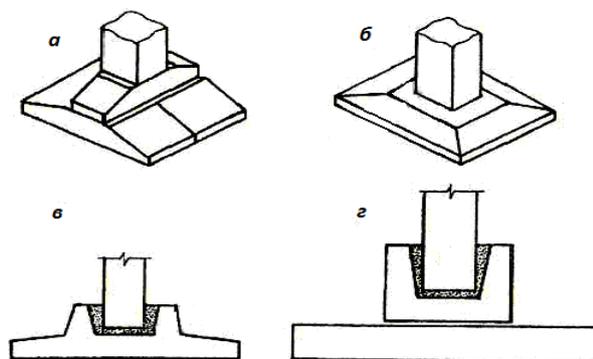
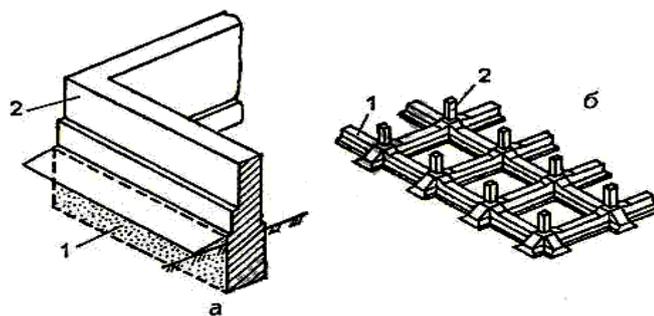


Рисунок 1. Столбчатые фундаменты

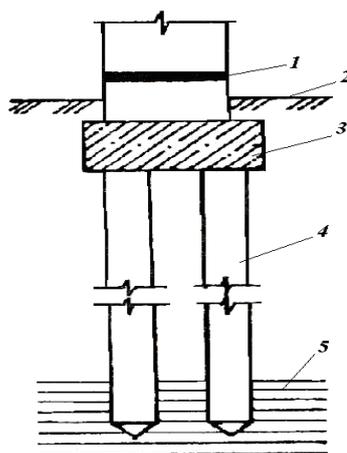
Ленточные фундаменты (рис. 2) могут быть сборными и монолитными. В настоящее время их чаще возводят из сборных бетонных и железобетонных блоков. Сборные элементы для ленточных фундаментов унифицированы и выпускаются промышленностью для любых зданий под различные нагрузки, в виде фундаментных блоков-подушек и стеновых блоков разной ширины. Стеновые блоки изготовляют из бетона М150, блоки-подушки – из бетона марок 150...200. Блоки-подушки армируют горячекатаной сталью класса А – II. Монолитные ленточные фундаменты устраивают из бетона и железобетона, бута, бутобетона и других материалов.



а) 1 – ленточный фундамент; 2 – стена; б) 1 – ленточный фундамент под колонны; 2 – колонны.

Рисунок 2. Ленточные фундаменты

Свайным фундаментом (рис. 3) называют фундамент, в котором для передачи нагрузки от сооружения на грунт используют сваи. Он состоит из свай и объединяющей их жесткой связи. Жесткая связь оголовков свай осуществляется специальным устройством – ростверком или плитами перекрытий. В соответствии с этим свайные фундаменты подразделяются на ростверковые и безростверковые. Свайные фундаменты устраивают там, где необходима передача значительных нагрузок на слабые водонасыщенные грунты, когда производство большого объема земляных работ для устройства основания под другие виды фундаментов технически невыполнимо или экономически нецелесообразно.



1 – гидроизоляция; 2 – поверхность земли; 3 – железобетонная балка ростверка; 4 – забивная свая прямоугольного сечения; 5 – плотный грунт

Рисунок 3. Свайный фундамент

В зависимости от нагрузок, действующих на фундамент, сваи в нем располагают: по одной – под отдельные опоры; рядами – под стеновые конструкции; кустами – под колонны; свайными полями – под здания и сооружения малой площади со значительными нагрузками. Сваи классифицируют по различным признакам. По материалу сваи бывают железобетонные, бетонные, стальные и деревянные. Железобетонные сваи в свою очередь делят на сборные и монолитные. Наиболее распространены сборные сваи.

Их изготавливают двух видов: сплошные – квадратного сечения в плане и трубчатые – цилиндрические. Бетонные сваи, как правило, выполняют монолитными, с разными диаметрами и глубиной заложения; стальные – из двутавров, швеллеров, труб. Вследствие дефицитности металла и неустойчивости их к коррозии стальные сваи применяют редко. В лесной и деревообрабатывающей промышленности часто применяют деревянные сваи. Их изготавливают из древесины хвойных пород, оборудуя нижний конец стальным башмаком, а верхний – бугелем (стальное кольцо для защиты от повреждения при забивке).

По способу – изготовления и погружения в грунт сваи делят на забивные и набивные. Забивные сваи выполняются сборными железобетонными, стальными или деревянными. Их погружают (забивают) в грунт специальными механизмами путем забивки, вдавливания, вибрации, ввинчивания (винтовые стальные сваи). Набивные сваи относятся к монолитным. Их устраивают непосредственно в грунте из бетона или железобетона с помощью специальных обсадных труб, погружаемых в предварительно устроенные в грунте скважины. Набивные железобетонные сваи применяют при больших нагрузках на фундаменты, они имеют диаметр до 1000 мм и глубину залегания 30 м и более.

По характеру работы в грунте сваи делят на висячие и сваи-стойки. Сваи-стойки проходят через слабый грунт и нижними концами опираются на прочное основание, передавая на него всю нагрузку от здания. Висячие сваи не достигают прочного грунта, а лишь уплотняют слабый грунт. Нагрузку от здания висячие сваи воспринимают главным образом за счет сил трения, возникающих между их боковой поверхностью и грунтом.

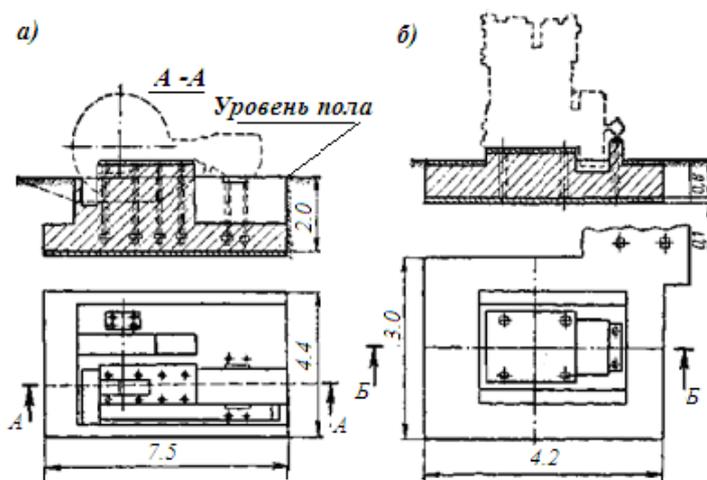
Фундаменты под оборудование. Фундаменты под промышленное оборудование должны удовлетворять требованиям прочности, устойчивости и экономичности. Они должны обеспечивать нормальную эксплуатацию оборудования, надежное его крепление и отсутствие сильных вибраций. По конструкции фундаменты под промышленное оборудование делят на массивные и рамные. В качестве материала для их изготовления применяют чаще всего бетон и железобетон. Глубину заложения фундаментов назначают в зависимости от геологических и гидрологических условий строительной площадки, глубины заложения фундаментов здания, соседних примыкающих установок, размера и конструкции самого фундамента, вида и массы оборудования и др.

При проектировании фундаментов следует располагать центры тяжести фундамента и машины на одной вертикали. Во избежание передачи вибраций на конструкции зданий и другого оборудования необходимо предусматривать зазор между фундаментами зданий, соседних машин и другими конструкциями. Иногда целесообразно для уменьшения глубины заложения и давления на грунт увеличивать площадь фундамента и устраивать песчаное основание. Расчет оснований и фундаментов под оборудование производят по нормативным

величинам от статических нагрузок: массы фундамента, грунта засыпки над его обрезами и оборудования.

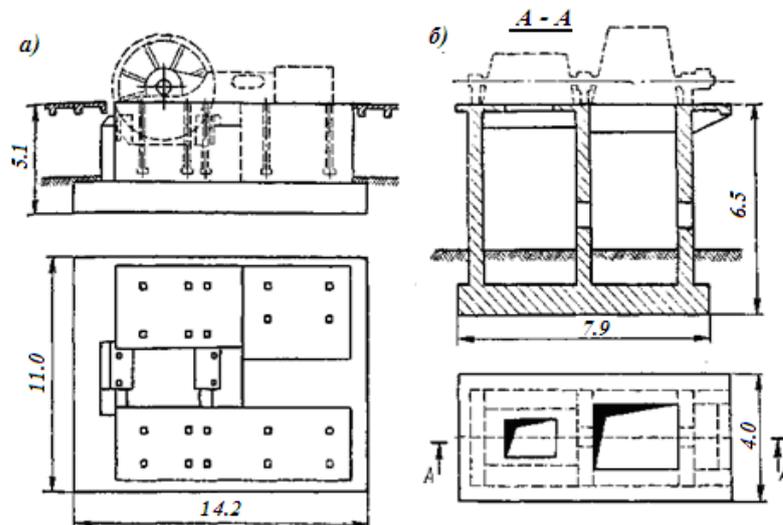
Массивные фундаменты выполняют в виде сплошных блоков или плит. В зависимости от вида устанавливаемых машин эти фундаменты устраивают бесподвального или подвального типа. Фундаменты бесподвального типа отличаются отсутствием развитой надземной части и применяются для машин, устанавливаемых на уровне нижнего этажа здания.

На рис. 4 показан пример такого фундамента под горизонтальный поршневой и вертикальный двухцилиндровый компрессоры. Фундамент под поршневой компрессор (рис. 4, а) представляет собой бетонный блок, верхний обрез которого совпадает с уровнем пола здания. Фундамент под двухцилиндровый компрессор (рис. 4, б) выполнен в виде плиты толщиной 800 мм. Машины к фундаментам крепят с помощью анкерных болтов, закладываемых в теле фундаментов.



а – под горизонтальный поршневой компрессор;  
б – под вертикальный двухцилиндровый компрессор  
Рисунок 4. Фундаменты бесподвального типа

На рис. 5 приведен фундамент подвального типа. В отличие от фундаментов бесподвального типа эти фундаменты имеют сильно развитую надземную часть. По своей конструкции фундаменты подвального типа в свою очередь делятся на фундаменты, имеющие массивную верхнюю часть, и фундаменты, верхнее строение которых образовано продольными или поперечными стенами.



*a* – под горизонтальную машину; *б* – под мотор – генератор  
Рисунок 5. Фундаменты подвального типа

На рисунке 5, *a* показан фундамент с массивной верхней частью под горизонтальную машину. Основанием для верхней части служит бетонная подушка прямоугольного очертания в плане. На рис. 5, *б* приведен фундамент под мотор-генератор мощностью 750 кВт. Несущие стены его, расположенные в поперечном направлении к оси установки, устроены на подушке и связаны продольными ригелями. Возможно также устройство фундаментов и с продольным направлением стен, связываемых поперечными стенами и ригелями.

Кроме отдельно стоящих (индивидуальных) фундаментов под машины проектируют также общие фундаменты в пределах всего пролета или цеха здания. Такие фундаменты обычно представляют собой монолитную железобетонную плиту с соответствующими закладными деталями для крепления машин (станков). На плиту можно устанавливать машины одинакового или разного назначения. Следовательно, такая конструкция фундамента позволяет в необходимых случаях изменять технологический процесс промышленного здания.

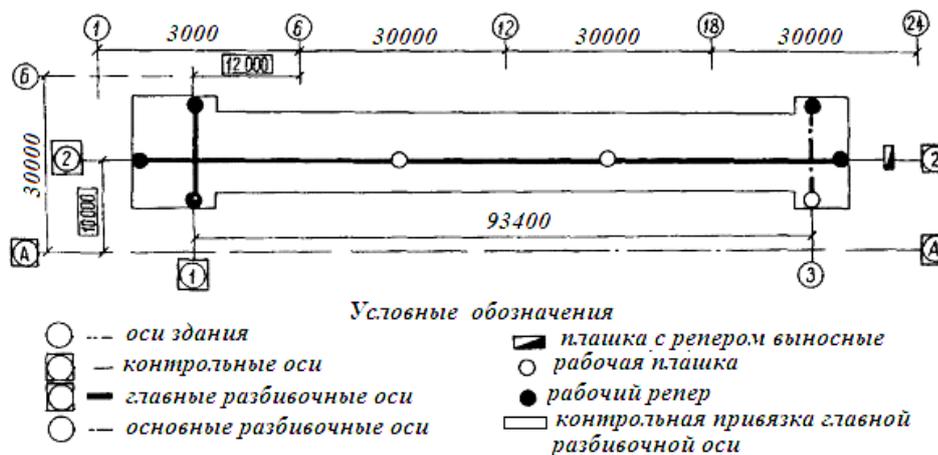
Фундаменты рамной конструкции представляют собой пространственную многостоечную жесткую раму, заделанную стойками в мощную опорную плиту. Машины в данном случае устанавливают на верхние горизонтальные элементы рамы. Рамные фундаменты делают железобетонными или смешанными, например со стальными стойками и железобетонными ригелями.

### 1.2.3 Геодезическое обоснование монтажа оборудования

Для обеспечения необходимой точности и качества работ при монтаже технологического оборудования необходимо выполнение геодезического обоснования монтажа.

Цель геодезического обоснования - закрепление осей технологического оборудования и высотных отметок на фундаментах с помощью закладных элементов (плашек и реперов), необходимых для выверки оборудования при монтаже. Схему геодезического обоснования монтажа технологического оборудования разрабатывают на основании строительных заданий либо чертежей на оборудование предприятий-изготовителей и плана осей технологического оборудования (рис. 6).

Схема геодезического обоснования оборудования монтажа должна предусматривать оптимальное количество и расположение плашек и реперов на фундаментах для контроля установки в плане и по высоте технологического оборудования, а также удобства их использования при выверке оборудования. В схемах геодезического обоснования указывают места установки закладных элементов (плашек) для фиксации главных и основных разбивочных осей, а также закладных элементов (реперов) для фиксации высотных отметок.



1 – ось звездочек головной части; 2 – ось агломерационной машины;

3 – ось звездочек разгрузочного устройства

Рисунок 6. Схема геодезического обоснования монтажа оборудования на примере агломерационной машины

К основным продольным и поперечным разбивочным осям относятся оси технологических линий агломерационных машин и других агрегатов. В качестве главных разбивочных осей выбирают одну продольную ось и одну или несколько поперечных осей с таким расчетом, чтобы расстояние между ними составляло 100...150 м. В качестве главной продольной оси, как правило, принимают ось агломерационной машины, а главных поперечных - оси звездочек. Главные продольные и поперечные оси привязываются к

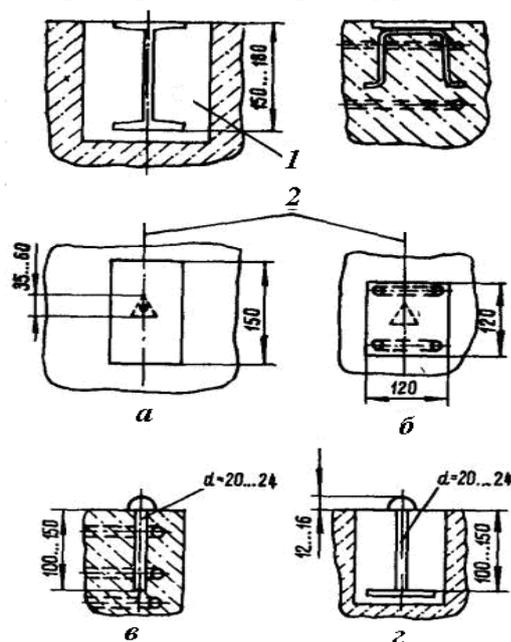
контрольным осям, общим для всего строительства (размеры в рамках). Основные оси разбиваются только от главных продольных и поперечных осей.

Плашки и реперы на фундаментах следует устанавливать на свободных от оборудования местах (на расстоянии не менее 400 мм от выступающих частей оборудования для плашек и не менее 100 мм - для реперов). Они должны обеспечивать возможность выверки монтируемого оборудования и контроля за их положением. Плашки, как правило, располагают на главных и основных разбивочных осях по две штуки на фундаменте.

Для выверки оборудования по высоте необходимы один – два репера на фундаменте. При необходимости контроля за осадкой фундаментов 4 – 6 реперов располагают по углам фундаментов.

Для контроля положения оборудования после комплексного испытания, а также во время ремонтов оборудования рекомендуется на главных разбивочных осях с одной или двух сторон устанавливать на отдельных фундаментах выносные совмещенные плашки с реперами, так как рабочие плашки и реперы к этому времени будут закрыты подливкой и чистыми полами. На выносных совмещенных плашках с реперами желательно предусмотреть съемные крышки.

Конструкция плашек и реперов показана на рис. 7 и 8. Закладные элементы при установке необходимо приваривать к арматуре или пластине.



*a* и *г* – рабочие плашка и репер, закладываемые после бетонирования фундамента; *б* и *в* – то же, заложенные в фундамент и приваренные к арматуре до бетонирования фундамента.

1 – цементно-песчаный раствор; 2 – основные оси

Рисунок 7. Закладные элементы в фундаментах для выверки оборудования

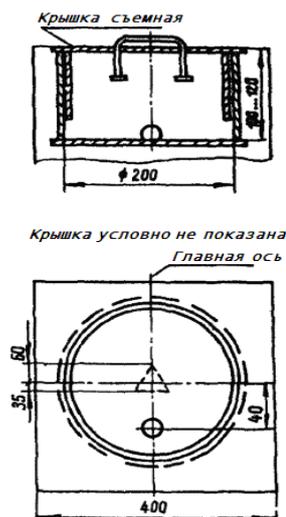


Рисунок 8. Плашки с репером, вынесенные на отдельный фундамент

Нанесение осей на плашки производят путем кернения после бетонирования фундаментов. Отклонение при нанесении керна, обозначающего ось на плашке, допускается в пределах 1 мм, а точность нивелировки высотной отметки репера допускается в пределах 0,5 мм.

Маркировку плашек и реперов, а также высотные отметки наносят на исполнительную схему, по которой фундаменты сдают для монтажа оборудования.

#### 1.2.4 Приемка фундаментов

Приемка фундамента под оборудование заключается в проверке его геометрических размеров в сопоставлении с проектными размерами по чертежу. Должна быть справка строительной лаборатории, подтверждающая фактическое качество бетона фундамента, в сравнении с маркой его по проекту. Приемку проводят инженерно – технические работники или наиболее квалифицированные бригадиры механомонтажников.

Строительная организация представляет исполнительную схему фундамента – чертеж, на котором рядом с проектными нанесены фактические размеры и показаны допущенные отступления.

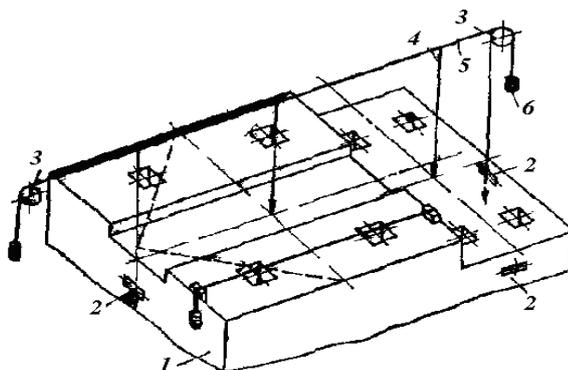
Инструмент для проверки: рулетка, складной метр (удобней деревянный), уровень, проволочная струна диаметром 0,3 – 0,5 мм, отвесы, деревянный строганный брусок – линейка длиной 1,5 – 2 м.

Перед приемкой на торцевую поверхность монолитного и рамного фундамента наносят высотную отметку с репера, заделанного в одну из стен или пол здания, которая переносится геодезической службой с помощью нивелира. На фундаменте отметка фиксируется риской или зарубкой на металлической пластине или скобе, предварительно заделанных в тело фундамента или закрепленных с помощью монтажного пистолета.

Далее проводят разметку продольной и поперечной осей фундамента (рисунке 9). По этим осям над поверхностью фундамента подвешивают стальные струны 5. Подвеску выполняют на роликах 3 или скобах, закрепленных на кронштейнах, установленных вблизи фундамента или на примыкающих стенах помещения. Струны 3 натягиваются с помощью грузов 6.

Для подвески струн по периметру фундамента выполняют на высоте 80...100 см барьер из уголка 25x25 мм на стойках, прихваченных электросваркой к арматуре фундамента, что упрощает подход к струнам для подвески отвесов. Для небольших фундамента струны можно натягивать на деревянных брусках или подкладкам на высоте 150..200 мм от поверхности фундамента. От струн опускают отвесы 4, по касанию которых с поверхностью фундамента и фиксируется правильность расположения продольной и поперечной осей. Соответствующие вертикальные риски или зарубки делаются на реперах и скобах.

Далее от отвесов при помощи рулетки и складного метра проводят проверку осевых размеров колодцев под фундаментные болты, прямков, выступов и т. д. Оси фиксируются непосредственно на фундаментах краской или насечкой зубилом. Прямоугольность фундамента в целом проверяют по равенству длин шнура, натянутого по его диагоналям. Прямоугольность осей устанавливается по равенству гипотенуз прямоугольных треугольников, катеты которых располагаются по продольной и поперечной осям.



1 – фундамент; 2 – репер осевой и высотной отметок;  
3 – ролик для подвески струны; 4 – отвес; 5 – струна; 6 – груз  
Рисунок 9. Схема разметки осей фундамента

На фундаментах, где оси механизмов располагаются параллельно, проверяют расстояние между осями; непараллельность не должна превышать 0,1 мм/м.

Наиболее внимательно следует проверять расположение и размеры анкерных колодцев, межцентровые расстояния на строительном чертеже, сопоставляют с чертежом компрессора и еще лучше с фактическими размерами, снятыми с его рамы. Глубину анкерных колодцев, прямков и ниш проверяют по длине размеченной рейки, которую закладывают в отверстие или проем. Отсчет ведут с учетом высотной отметки фундамента от линейки или

строганной деревянной рейки уложенной на плитки или подкладки по уровню, нижняя кромка которых должна совпадать с расположением плоскости основания рамы компрессора. В глухих анкерных колодцах необходимо проверить заделку накладных анкерных плит на проход через их отверстия Т-образных головок болтов и расположение стопоров, ограничивающих поворачивание этих головок. В сквозных или проходных анкерных колодцах проверяют горизонтальность нижних опорных поверхностей, к которым должны примыкать анкерные плиты.

Горизонтальность проверяют уровнем, установленным на деревянную рейку, плотно прижатую к нижней опорной поверхности под плиту.

Допускаемые отклонения фактических размеров фундамента, от размеров, указанных в чертеже, не должны превышать норм установленных СН и П III –15 – 76 «Бетонные и железобетонные конструкции. Монолитнолитые»: плоскостей и линий их пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту фундамента  $\pm 20$ , горизонтальных плоскостей на всю плоскость выверяемого участка (основных размеров в плане)  $\pm 20$ , местные отклонения поверхности бетона от проектной при проверке рейкой длиной 2 м (кроме опорных поверхностей)  $\pm 5$ ; в длине или пролете элементов  $\pm 20$ , в размерах поперечного сечения элементов + 6, – 3; в отметках поверхностей и закладных частей, служащих опорами для металлических элементов – 5, в расположении анкерных болтов – по высоте + 20, в плане, внутри контура опоры  $\pm 5$ . Отклонения от вертикальности стенок анкерных колодцев должны быть в пределах 5 мм/м высоты. Несовпадение продольных и поперечных осей фундамента не должно превышать  $\pm 20$  мм. При приемке фундамента проверяют также его положение относительно стен здания, фундаментов других машин, монтируемых в помещении, а также фундаментов и опор под вспомогательное оборудование (маслостанцию, промежуточные аппараты и др.), проверяются привязочные размеры оси оборудования относительно продольной и поперечной осей фундамента

Отклонения в размерах выше допустимых, видимые дефекты в изготовлении фундамента (слоистость, глубокие раковины, пустоты), недостающие закладные детали и другие, исправляют по решению проектной организации и предложенным ею способом с ее же разрешения проводят пробивку в фундаменте дополнительных и пропущенных отверстий для остановки опор или замоноличивания болтов. При этом не должен нарушаться массив бетона в прилегающие зоны и перерезаться стальная арматура. Приемку фундамента в монтаж оформляют актом по СН и П III\_31–78. При этом на исполнительном чертеже фундамента под проектными, его размерами отмечают фактические. Оценку несущей способности фундамента по нагрузкам при проверке его геометрических размеров не производят.

Для однотипных фундаментов приемку удобно производить легким шаблоном из алюминиевых уголков или деревянных реек. На рамке, выполненной из них,

натягивают струны, определяющие основные оси машины и анкерных колодцев. Шаблон исключает замеры каждого фундамента в отдельности. Проверку правильности расположения анкерных колодцев или фундаментных болтов путем установки машины на фундамент проводить не рекомендуется, так как при отклонении размеров возникнет много лишних работ.

### **1.2.5 Подготовка фундамента к монтажу**

Поверхность фундамента, на которой будут устанавливать раму машины, редуктора или электродвигателя, очищают от мусора, подтеков масла и промывают водой. Желательна обработка мест под подкладки слабым раствором соляной кислоты в течение 1 ч с зачисткой металлической щеткой и вторичной промывкой водой. Места для установки подкладок или непосредственно плит должны быть выровнены по уровню ручным или пневматическим зубилом или молотком с насечкой. Можно выравнивать не всю поверхность, а только площадки на которых будут устанавливать металлические подкладки или съемные приспособления, предназначенные для выверки оборудования. Разметку расположения подкладок на поверхности фундамента выполняют по чертежу установки рамы или корпуса. Если подкладки ставят непосредственно на бетон в местах их расположения, то намечают площадки 200x200 мм. После их расчистки, снятия оставшихся бугорков и наплывов, путем притирки бетона самой подкладкой, последняя должна лежать плотно, без качания, с уклоном не более 0,5 мм/м. Высотные отметки площадок относительно друг друга проверяют нивелиром по масштабной рейке, которую поочередно ставят на все площадки. Можно также пользоваться гидростатическим уровнем или обычным уровнем, деревянной рейкой или набором подкладок различной толщины.

До промывки водой на поверхности фундамента следует сделать глубокую насечку для разрушения поверхностной пленки что улучшит схватывание бетона фундамента и бетонной смеси подливки.

Небольшие отклонения, выявленные в ходе приемки, можно компенсировать. При повышенной высотной отметке срубают излишнюю часть фундамента, изготавливают новые удлиненные анкерные болты или удлиняют старые. При незначительном занижении высотной отметки увеличивают высоту набора подкладок, на которые ставят выверочные приспособления под раму. При большом занижении – дополнительно бетонируют верхнюю часть фундамента с необходимой подготовкой и установкой дополнительной арматурной сетки, которую связывают с основной.

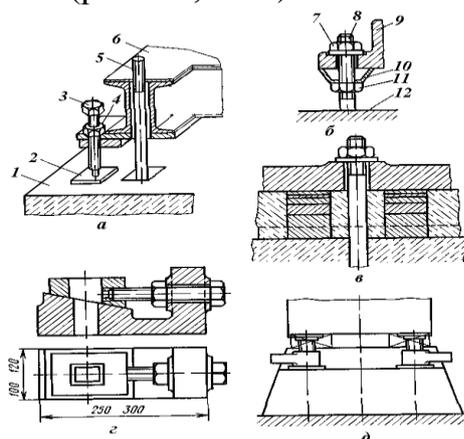
Небольшие смещения частей фундамента или опор под комплектующее оборудование относительно основных осей в каждом отдельном случае компенсируют допустимым смещением самого оборудования за счет увеличения или разделки отверстий в его опорах, применением переходных рам и

изменением размеров соединяющих трубопроводов. Анкерные колодцы, не совпадающие по центрам осей с отверстиями в рамах, можно не переделывать, если расстояние от стенки колодца до установленного болта больше или равно его диаметру.

### 1.2.6 Установка машин на рабочее место

Тяжелые машины устанавливают на фундамент, который может служить или только основанием, т. е. опорной частью оборудования, или быть жестко с ним связанным и благодаря этому обеспечивать оборудованию дополнительные устойчивость и жесткость.

Фундамент представляет собой бетонную, бутовую или кирпичную кладку, закрепляемую в грунте. Назначение фундамента – воспринимать нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации машины. Кроме того, фундамент обеспечивает быструю, точную и надежную установку машины на рабочее место. Площадь фундамента, его размеры и масса определяются соответственно опорной площадью, размерами и массой устанавливаемого на него оборудования. При установке оборудования на фундамент необходимо руководствоваться соответствующими инструкциями, монтажными чертежами, техническими условиями. Установка оборудования на фундамент осуществляют различными способами (рис. 10, а...д).



*а* – с помощью винтов; *б* – на установочных гайках; *в* – на наборных металлических прокладках; *г* - на регулируемых башмаках; *д* - на домкратах  
 1, 2 – опорные пластины, 3 – регулировочный винт, 4, 7 – стопорная и тарельчатая шайба; 5, 8 – фундаментные болты; 6, 9 – опорные части оборудования; 10, 11 – установочная гайка; 12 – фундамент

Рисунок 10. Способы установки технологического оборудования на фундамент

Установку оборудования с помощью регулировочных винтов (рис. 10, *а*) осуществляют следующим образом:

– опорные пластины 2 размещают на фундаменте 1 в соответствии с

расположением регулировочных винтов 3 в опорной части 6 оборудования;

– в опорную часть 6 оборудования устанавливают регулировочные винты 3 со стопорными гайками 4;

– вращая регулировочные винты 3, выставляют оборудование в горизонтальной и вертикальной плоскостях;

– после этого положение регулировочных винтов фиксируют стопорными гайками 4;

– затягивают фундаментные болты 5;

– регулировочные винты 3 с гайками 4 после затяжки фундаментных болтов удаляют, а отверстия под них закрывают резьбовыми пробками-заглушками.

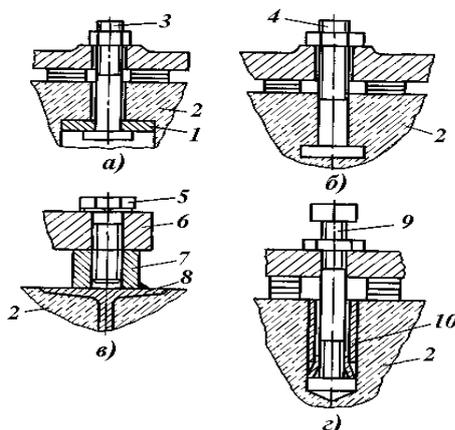
– выверку оборудования с помощью установочных гаек 11 (рис. 10, б) производят с использованием упругих элементов - тарельчатых шайб 10:

– регулировочную гайку 11 и тарельчатую шайбу 10 устанавливают на фундаментные болты 8, предварительно заделанные в фундамент 12;

– вращая установочную гайку 11, регулируют положение опорной части устанавливаемого оборудования 9 в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

– закрепляют оборудование крепежными гайками 7.

Установку, оборудования на наборных металлических прокладках (рис. 11, в) применяют в тех случаях, когда не предусмотрены регулировочные винты и нет условий для использования тарельчатых шайб и домкратов. (Остальные схемы регулирования положения технологического оборудования на фундаменте ясны из рисунка и не требуют дополнительных пояснений.)



*а* – неподвижным анкерным болтом; *б* – болтом, залитым в фундамент;

*в* – болтом с планкой; *г* – цанговым фундаментным болтом

*1* – плита; *2* – фундамент, *3, 4, 5, 9* – болты; *6* – устанавливаемое оборудование;  
*7* – планка; *8* – балка; *10* – цанга

Рисунок 11. Способы крепления оборудования на фундаменте

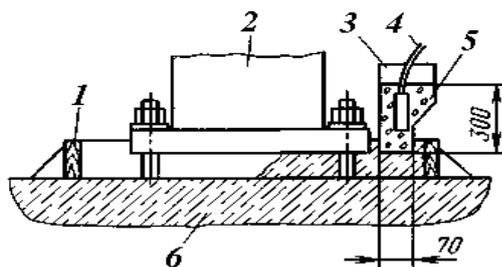
В качестве примера рассмотрим монтаж на фундамент металлорежущего оборудования. Соединение оборудования с фундаментом осуществляется с помощью анкерных или заливных фундаментных болтов, а также подливкой

бетонной смесью или жидким цементным раствором. Анкерные болты используют при установке оборудования, работающего с ударами, а с помощью заливных болтов устанавливают оборудование, работающее спокойно, без резких толчков. На рис. 11, *a...г* показаны различные способы крепления оборудования на фундаменте: неподвижным анкерным болтом 3, заложённым вместе с плитой 1 в отверстие фундамента 2 (до монтажа оборудования); болтом 4, залитым в фундамент; болтом 5, ввинченным в планку 7, приваренную после установки оборудования 6 к балке 8, залитой в фундамент; цанговым фундаментным болтом 9, ввинченным в разрезную цангу 10, находящуюся в отверстии, просверленном в фундаменте.

После установки и окончательной проверки оборудования поверхность фундамента очищают от масла и других загрязнений, обдувают сжатым воздухом и промывают горячей водой. Затем приступают к подливке бетонной смесью или цементным раствором, осуществляя ее в такой последовательности:

- устанавливают опалубку на расстоянии 100...150 мм от фундаментной плиты (высота опалубки должна быть выше уровня фундамента на 20...30 мм);
- трубопроводы, соприкасающиеся с опалубкой, обертывают толем, чтобы обеспечить после заливки зазоры, достаточные для компенсации теплового расширения труб;
- колодцы фундаментных болтов заливают бетонной смесью или цементным раствором, состав которого в случае отсутствия инструкций выбирают по справочнику; толщина слоя подливки должна составлять 50...80 мм.

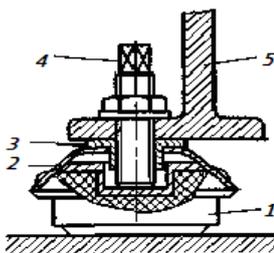
Подливка осуществляется следующим образом (рис. 12): вокруг опорной части 2 заливаемого оборудования устанавливают опалубку 1 и заливают ее подливочной смесью 5 с помощью лотка-накопителя 3 с вибровозбудителем 4.



- 1 – опалубка; 2 – опорная часть оборудования; 3 – лоток – накопитель;  
4 – вибровозбудитель; 5 – подливочная смесь; 6 – фундамент

Рисунок 12. Схема подливки оборудования с помощью лотка-накопителя

Для бесфундаментной установки оборудования могут применяться виброизолирующие опоры (рис. 13) и коврики различных конструкций. Гайка 3 виброизолирующей опоры соединена с верхней крышкой 1 с помощью гофрированной пружины 2, не допускающей проворачивания относительно опоры, но не препятствующей вертикальному перемещению при ввинчивании болта 4.

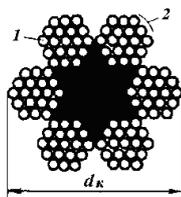


1 – верхняя крышка; 2 – пружина; 3 – гайка; 4 – болт;  
5 – устанавливаемое оборудование  
Рисунок 13. Виброизолирующая опора

### 1.3 Грузоподъемные устройства

#### 1.3.1 Назначение грузоподъемных устройств. Такелажная оснастка

Механизация подъемных операций не только облегчает труд рабочих, но и делает его производительней. Детали и сборочные единицы массой более 18 кг при сборке следует, как правило, перемещать и устанавливать с помощью подъемно-транспортных средств. Сборочные цеха должны оснащаться современным подъемно-транспортным оборудованием с целью уменьшения ручных и трудоемких сборочных работ. Подъем, опускание и перемещение грузов при разметке и сборке крупногабаритных деталей с применением подъемно – транспортного оборудования называют такелажными работами. Для их выполнения в сборочных цехах используют различное оборудование – мостовые краны, кран-балки, тельферы, поворотные краны, тали, лебедки, домкраты и др. Такелажная оснастка. Канаты находят наиболее широкое применение в качестве тяговых органов в грузоподъемных устройствах. Чаще, чем другими, пользуются стальными канатами. Пеньковые, хлопчатобумажные и изготовленные из искусственного волокна канаты применяют только для обвязывания груза и крепления его к крюку грузоподъемного устройства. Стальные канаты, работающие бесшумно и позволяющие поднимать грузы с большой скоростью, изготовляют из высокоуглеродистой, обладающей высокой прочностью стальной проволоки 0,2..3 мм. В грузоподъемных устройствах применяют канаты двойной свивки. Проволоки 1 свивают в пряди 2, а последние навивают на стальной сердечник (рис. 14).



1 – проволока, 2 – прядь;  $d_k$  – диаметр каната  
Рисунок 14. Сечение стального проволочного каната

Грузоподъемность каната в соответствии с нормами Госгортехнадзора выбирают, исходя из максимального рабочего усилия в ветвях каната и его запаса прочности, по специальной, приводимой в справочниках таблице.

Чтобы обеспечить долговечность выбранного каната в соответствии с требованиями Госгортехнадзора, определяют минимально допустимый диаметр блока, ограничивающий напряжение изгиба каната, из условия

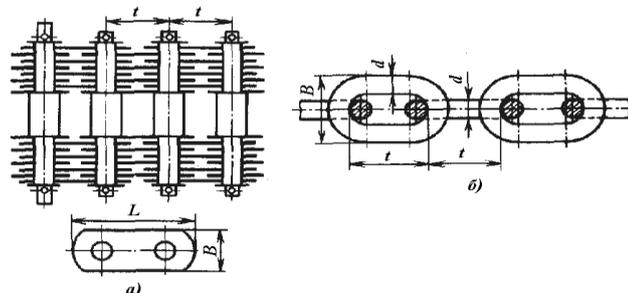
$$D_6 \geq K_d d_k,$$

где  $K_d$  – коэффициент запаса прочности, который выбирают в зависимости от типа грузоподъемного устройства и режима его работы;

$d_k$  – диаметр каната.

При использовании каната в грузоподъемных устройствах с ручным приводом  $K_d = 4,5$ , с машинным – 5...6. Для канатов, применяющихся в полиспастах, и чалочных –  $K_d = 6$ .

Цепи в грузоподъемных механизмах используют в качестве грузовых и для изготовления стропов. Наиболее широкое применение находят цепи грузовые пластинчатые, соответствующие ГОСТ 191–82 (рисунок 10,а), и круглозвенные сварные, соответствующие ГОСТ 7070–75 (рис. 15, б).



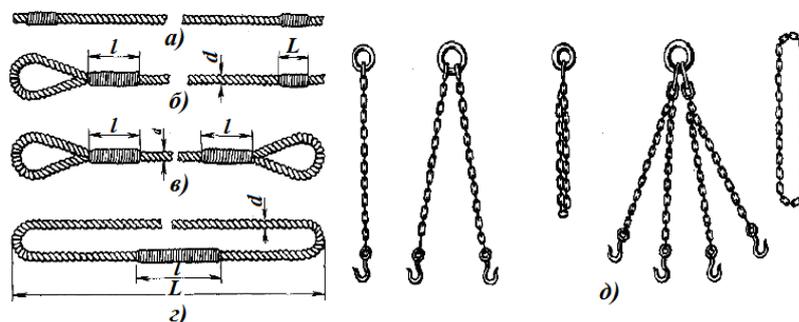
а – пластинчатые; б – круглозвенные

Рисунок 15. Грузовые цепи

В зависимости от грузоподъемности цепи изготовляют различных размеров. Основными параметрами, определяющими грузоподъемность пластинчатой цепи, являются размеры составляющих ее пластин (длина  $L$  и ширина  $B$ ) и шаг цепи  $t$ . Грузоподъемность круглозвенной сварной цепи зависит от ее калибра  $d$ , ширины  $B$  и шага  $t$ . Если в качестве грузозахватного устройства используют грузовые крюки, груз на них подвешивают с помощью строп.

Стропы изготовляют из отрезков канатов (рисунок 19, а... з) или некалиброванных цепей (рис. 16, д). Стропы из цепей имеют существенные недостатки по сравнению с изготовленными из канатов: они тяжелее, дороже и быстрее изнашиваются. Но все стропы должны отвечать определенным требованиям: они должны легко надеваться на крюк, сниматься с него, и кроме того, без труда освобождаться от груза.

Наиболее широкое распространение для строповки груза находят универсальные стропы типа УСК (см. рис. 16, *з*). Грузоподъемность строп зависит от длины последних и диаметра каната, используемого для их изготовления. Диаметр каната выбирают в зависимости от массы поднимаемого груза типа изготавливаемого стропа.



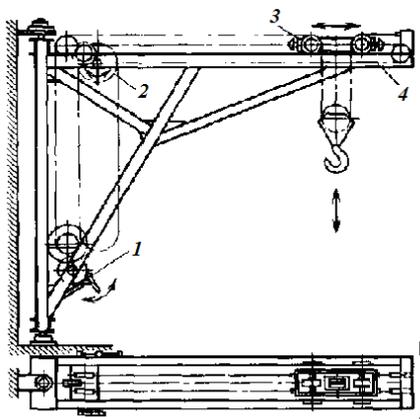
*а* – простой; *б* – с одной петлей; *в* – с двумя петлями;  
*з* – универсальный; *д* – из цепей

Рисунок 16. Стропы

### 1.3.2 Типовые грузоподъемные устройства

Настенный поворотный кран. Наиболее часто на рабочем месте сборщика применяют краны с переменным вылетом и ручным приводом (рис. 17).

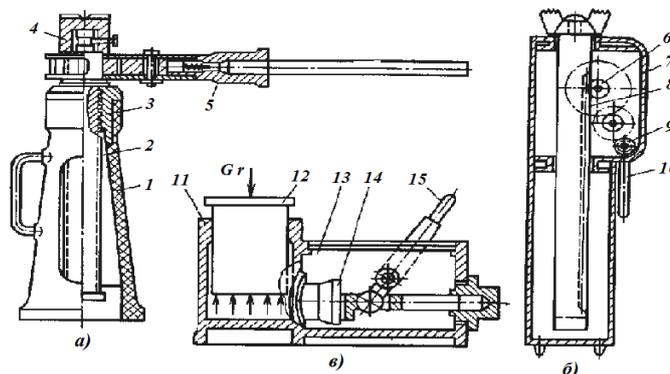
Тележка *3* крана передвигается с помощью каната *4*, который приводится в движение цепным колесом *2*, груз поднимается лебедкой *1*.



*1* – лебедка; *2* – цепное колесо; *3* – тележка; *4* – канат  
 Рисунок 17. Консольный настенный поворотный кран  
 с переменным вылетом и ручным приводом

Домкраты относятся к группе простейших подъемных механизмов, применяемых для подъема различных грузов на высоту, не превышающую, как правило, 1 м. Применяют их как при сборочных, так и при разметочных работах. В отличие от других грузоподъемных машин домкраты поднимают

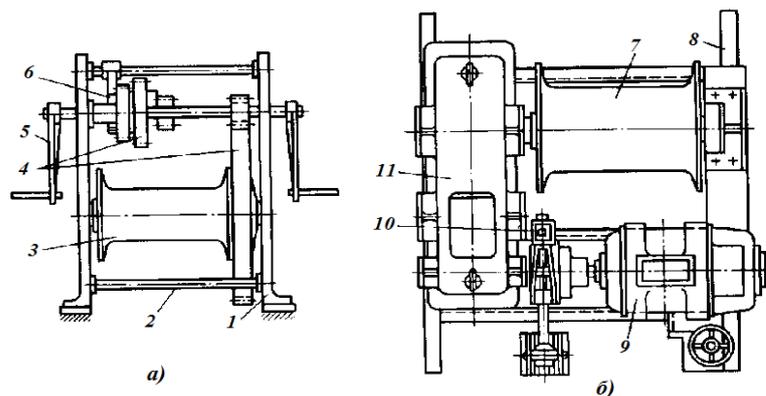
груз снизу, что создает неустойчивое равновесие, требующее предохранения от опрокидывания. По принципу действия и конструктивному исполнению домкраты подразделяют на винтовые, реечные и гидравлические (рис. 18, а - з).



- а – винтовой; б – реечный; в - гидравлический  
 1, 7 – корпуса; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – головка винта; 5, 10 – рукоятки;  
 6 – шестерня; 8 – зубчатая рейка; 9 – зубчатое колесо; 11 – цилиндр;  
 12 – поршень; 13 – резервуар для гидравлической жидкости;  
 14 – плунжерный насос; 15 – рычаг

Рисунок 18. Домкраты

Лебедки применяющиеся для перемещения груза, могут быть с ручным и машинным приводом (рис.19). Все лебедки снабжаются тормозными устройствами, предупреждающими самопроизвольное опускание груза.



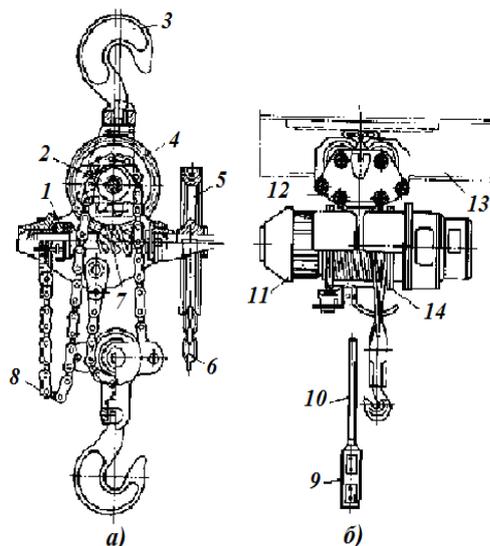
- а – с ручным приводом; б – с механическим приводом  
 1 – станина; 2 – тяга; 3, 7 – барабаны; 4 – зубчатая передача;  
 5 – рукоятка; 6 – храповой механизм; 8 – рама; 9 – электродвигатель;  
 10 – тормоз; 11 – редуктор

Рисунок 19. Лебедки

Тали и тельферы отличаются компактностью и предназначены для подъема на высоту до 25 м грузов массой от 0,25 до 10 т.

Тали (рис. 20, а), выполняющиеся с ручным приводом, могут быть червячными и шестеренчатыми. Подвешивают таль на месте работы с помощью крюка 3.

Тельферы выполняют с электрическим приводом. Грузоподъемность тельфера обычно не превышает 5 т. Передвижные тельферы крепятся к механизированной тележке 12 с отдельным приводным двигателем.



1 – тормоз; 2 – звездочка; 3 – крюк; 4 – червячное колесо; 5 – цепное колесо;  
 б – приводная цепь; 7 – червяк; 8 – тяговая цепь; 9 – пульт управления;  
 10 – гибкий кабель; 11 – электродвигатель; 12 – тележка; 13 – монорельсовый  
 путь; 14 – канатный барабан

Рисунок 20. Таль (а) и тельфер (б)

Блоки и звездочки применяют для изменения направления движения тягового органа. В отдельных случаях блок может служить для передачи крутящего момента от вала к тяговому органу или наоборот. Направляющие блоки изготовляют из чугуна и значительно реже из стали (сварные или литые). Профиль канавок на блоке выполняют так, чтобы канат плотно укладывался в канавку.

Полиспасты (рисунок 21, а, б), представляющие собой устройства из гибких тяговых органов и блоков, служат для перемещения груза. Они могут быть использованы в качестве самостоятельных грузоподъемных устройств или входить в состав грузоподъемного механизма.

Основная характеристика полиспаста – кратность  $i_n$ , ее определяют при использовании одинарного барабана по числу ветвей, на которых подвешен груз. При сдвоенном барабане кратность полиспаста равна половине числа ветвей каната, на которых подвешивают груз.

Полиспаст используют для выигрыша в силе;

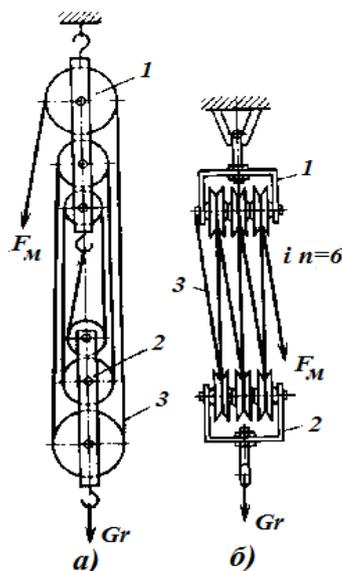
$$F = \frac{G_r + G_n}{i_n \eta_n},$$

где  $F$  – прикладываемое усилие;

$G_r$  – масса груза;

$G_n$  – масса полиспаста;

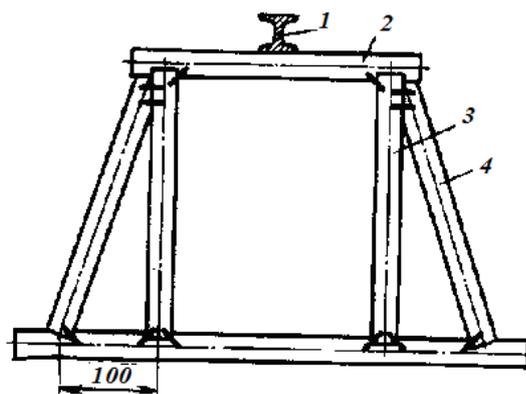
$i_n$  – кратность полиспаста;  
 $\eta$  – КПД полиспаста.



*a* – с блоками, расположенными в один ряд; *б* – с блоками, расположенными на общих горизонтальных осях  
 1,2 – неподвижный и подвижный блоки; 3 – гибкий тяговый орган  
 $\sigma_r$  – масса груза;  $F_M$  – прикладываемое усилие  
 Рисунок 21. Полиспасты

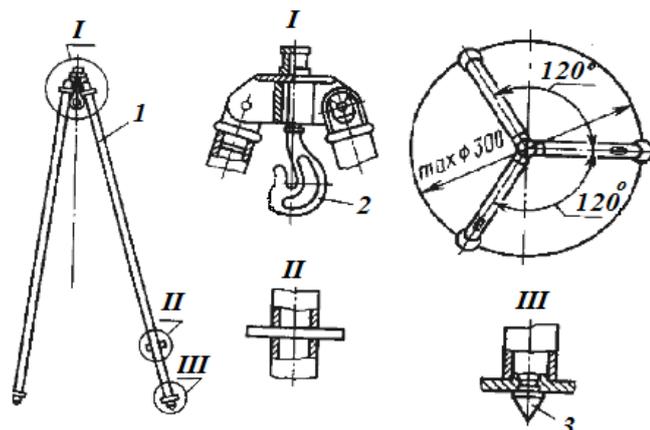
*Грузоподъемные приспособления.* В тех случаях, когда при отсутствии стационарных грузоподъемных устройств, приходится осуществлять сборку или монтаж на месте постоянной работы крупногабаритного оборудования, применяют грузоподъемные приспособления, выбор которых зависит от массы поднимаемого груза. Наиболее распространенными грузоподъемными приспособлениями являются козлы, треноги и мачты.

*Козлы* (рис. 22) применяют для подъема грузов массой до 12 т и изготавливают из деревянных бревен. Размеры бревен и балок для изготовления козел выбирают по справочным таблицам в зависимости от массы поднимаемого груза.



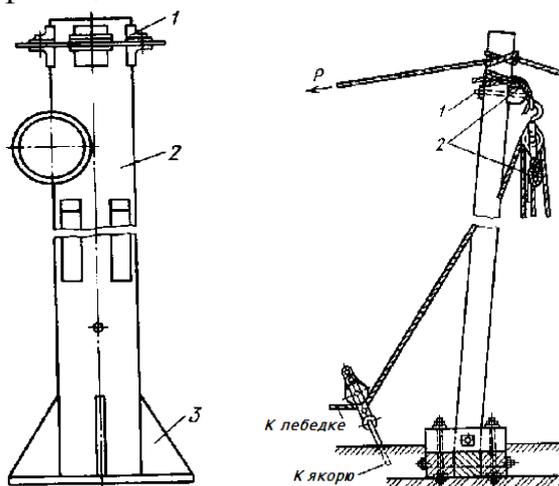
1 – балка, 2 – поперечина, 3 – стойка, 4 – раскос  
 Рисунок 22. Деревянные козлы

Треноги (рис. 23) используют при подъеме грузов сравнительно небольшой массы (до 3 т) на высоту до 2,5 м. Чаще всего их изготавливают из металлических труб и резе – из древесины.



1 – штанга; 2 – крюк; 3 – опора  
Рисунок 23. Тренога

Мачты (рис. 24) служат для подъема грузов массой до 50 т. Используют их в тех случаях, когда при монтаже промышленного оборудования невозможно или нецелесообразно применение кранов. При высоте до 30 м мачты изготавливают из стальных труб. Чтобы облегчить транспортирование, их выполняют из нескольких частей, которые соединяют между собой с помощью болтов. Для удобства соединения отдельные части мачты снабжаются присоединительными фланцами.



1 – фланец; 2 – колонна; 3 – ребро жесткости  
Рисунок 24. Мачта

В вертикальном или в заданном наклонном положении мачту удерживают с помощью расчалок – вант, которые выполняют из канатов. Число вант определяют, исходя из условий работы, но оно не может быть менее трех.

С основанием мачту соединяют с помощью шарнира, что обеспечивает ее установку с заданным углом наклона.

## 1.4 Сборка. Сборочные операции

### 1.4.1 Технологическая документация на сборку

Последовательность и особенность выполнения сборочных операций наиболее наглядно можно изобразить на технологической схеме сборки. При построении этой схемы (рис. 25, а) изделие разделяют на составные элементы – детали (рисунок 25, б). Каждый элемент изображают в виде прямоугольника, разделенного на три части (см. рис. 25, а), в верхней из которых указывают наименование детали, в левой нижней – ее индекс, в правой нижней – количество деталей, входящих в сборочную единицу. На схеме должны быть также обозначены базовая деталь, сборочные единицы и готовое изделие.

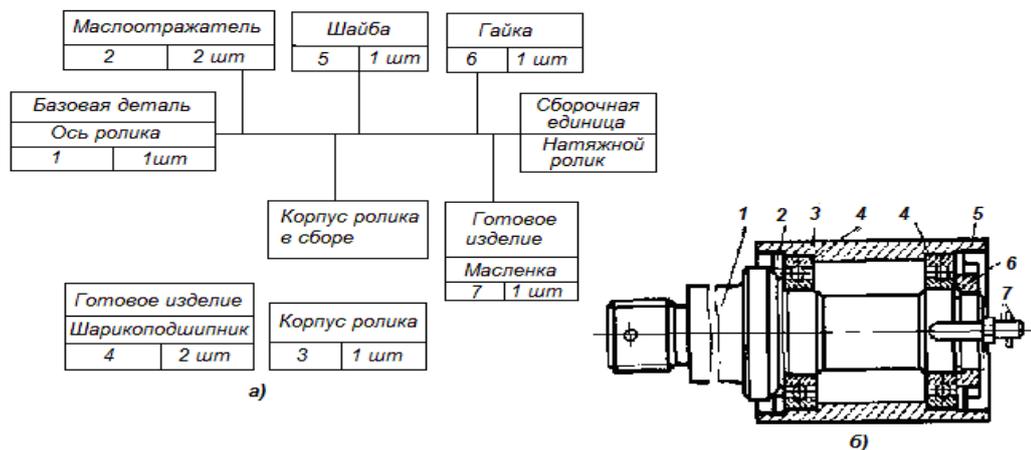


Рисунок 25. Схема сборки (а) сборочной единицы (б)

На основе выполненной схемы разрабатывают технологический процесс сборки, составляя технологические, маршрутные и операционные карты сборки.

Технологическая карта – это форма технологической документации, в которой записан весь процесс обработки изделия, указаны операции и их составные части, материалы, производственное оборудование и технологические режимы, необходимое для изготовления изделия время, квалификация работников и т. п.

Маршрутная карта – документ, содержащий описание технологического процесса сборки по операциям. Применяют маршрутные карты, как правило, в мелкосерийном и единичном производстве.

#### *Организация сборочных работ в условиях единичного производства*

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. В условиях единичного производства в зависимости от размеров и точности собираемого изделия сборка может вестись как с расчленением, так и без расчленения сборочных работ. В первом случае сборщик специализируется по видам собираемых

машин и сборочных единиц. Важным условием специализации являются стандартизация, нормализация и унификация сборочных единиц, деталей, их конструктивных элементов, а также типизация технологических процессов сборки.

Как правило, рабочие места сборщиков в условиях единичного производства непосредственно не связаны между собой. Во многих случаях сборка отдельных сборочных единиц значительно опережает общую сборку машин. Основной формой организации труда в этих условиях является бригадная. При этом работы внутри бригады распределяются в соответствии с квалификацией ее членов.

#### *Организация сборочных работ в условиях серийного производства*

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями (сериями), и сравнительно большим объемом выпуска. Характерная особенность сборки в условиях серийного производства – расчленение сборочного процесса на узловую сборку (отдельных сборочных единиц, агрегатов, механизмов) и общую. При выпуске крупных серий применяют так называемую подвижную сборку. При этом специализированные рабочие места располагают вдоль линии сборки, а собираемая машина последовательно перемещается сборочным конвейером с одной сборочной операции на другую.

#### *Организация сборочных работ в условиях массового производства*

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени. В условиях массового производства процесс сборки характеризуется закреплением за каждым рабочим местом одной сборочной операции изделия одной модели. Главной особенностью организации труда сборщика является глубокое расчленение сборки и разделение труда при строго установленной продолжительности сборочных операций и тесной взаимосвязи рабочих мест.

Для этого типа производства характерна наивысшая организационная форма – непрерывный поток механизированного транспорта, в основном конвейеров.

#### *Взаимозаменяемость в сборочном производстве*

Взаимозаменяемость – свойство одних и тех же деталей, узлов или агрегатов машин, механизмов, аппаратов и других конструкций, позволяющее устанавливать детали (узлы, агрегаты) в процессе сборки или заменять их без предварительной пригонки при сохранении всех требований, предъявляемых к работе узла, агрегата и конструкции в целом. Основой взаимозаменяемости является рациональная система допусков размеров или других параметров изделий.

Взаимозаменяемость может быть полной (для всех изделий) и неполной (при разделении изделий на партии по сопрягаемым размерам и другим параметрам; в пределах партии изделия используются уже без подбора).

Сборку с индивидуальной пригонкой применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства. При этом сопрягаемые детали соединения подвергают слесарной обработке для обеспечения требуемой посадки.

#### *Подготовка деталей к сборке*

Все поступающие на сборку детали должны быть очищены от металлической пыли, стружки и других загрязнений. Детали очищают различными способами – механическим, промывкой, обдуванием сжатым воздухом.

Очистка деталей от антикоррозионной смазки, следов краски на поверхности и других твердых загрязнений может быть выполнена механическим путем с помощью приводных и ручных металлических щеток, пескоструйной обработкой и т. д.

В условиях единичного и мелкосерийного производства детали перед сборкой промывают в моечных баках и ваннах. В условиях серийного и массового производства для этих целей применяют специальные моечные машины. Существует несколько видов промывки – химическая (окунанием), струйная (в органических растворителях), электрохимическая, ультразвуковая.

Процесс промывки деталей условно можно разделить на несколько этапов: механическое воздействие жидкости; смачивание; температурное воздействие; адсорбирование; смывка.

Качественную очистку деталей обеспечивает обдувание их сжатым воздухом, подаваемым под давлением 30...50 МПа.

#### *Общие сведения о соединениях деталей машин*

Машины, приборы и механизмы собирают путем соответствующего соединения составляющих их деталей и сборочных единиц. Существует большое количество способов соединения деталей машин. Однако все применяемые соединения можно объединить в две большие группы – неразъемные и разъемные, которые, в свою очередь, могут быть как подвижными, так и неподвижными (таблице 1).

Таблица 1 – Классификация соединений

Конструктивные признаки	Неразъемные		Разъемные	
	неподвижные	подвижные	неподвижные	подвижные
Технологические признаки	Сварные Клеевые Заклепочные Вальцованные Прессовые	Вальцованные	Резьбовые Клиновые Шпоночные Шлицевые (зубчатые) Цилиндрические Конические Профильные	Резьбовые Шлицевые (зубчатые) Цилиндрические Профильные

Разъемные соединения можно многократно разбирать и вновь собирать без разрушения деталей. Разборка неразъемных соединений невозможна без разрушения соединительных элементов. В подвижных соединениях в процессе эксплуатации машины происходит изменение положения одной детали относительно другой, а в неподвижных взаимное расположение деталей остается постоянным.

#### **1.4.2 Прессовые соединения и их сборка**

Неразъемные прессовые соединения могут быть получены следующими способами:

- продольной сборкой за счет осевого усилия (запрессовкой);
- поперечной сборкой за счет охлаждения или нагрева одной из сопрягаемых деталей, что дает возможность их свободного соединения в процессе сборки;
- комбинацией продольной и поперечной сборки, например гидропрессовой сборкой, при которой одновременно с действием осевого усилия в зону контакта сопрягаемых деталей подается под высоким давлением масло для достижения необходимой поперечной деформации.

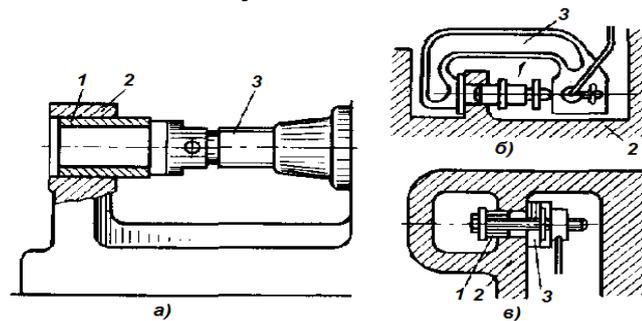
Прочность прессового соединения зависит от многих факторов, в том числе от натяга, качества сборки и состояния сопрягаемых поверхностей.

Наиболее простым методом получения прессовых соединений является запрессовка деталей, которую можно производить на ручных, гидравлических и пневматических прессах. Запрессовку выполняют медленно, сначала с небольшим усилием, чтобы обеспечить правильное направление охватываемой детали в охватывающей. В конце процесса усилие увеличивают, чтобы обеспечить плотную установку охватываемой детали. При этом надо тщательно следить за тем, чтобы при запрессовке не возникло перекоса. Наибольшую производительность и наилучшее качество запрессовки на прессах удается получить при использовании специальных приспособлений.

Если небольшие детали необходимо запрессовать в тяжелые корпусные, следует (особенно в труднодоступных местах) применять домкраты с ручным (рис. 26, а) или пневматическим приводом. В этих же случаях возможно использование специальных гидравлических (рис. 26, б) либо винтовых (рис. 26, в) приспособлений, которые, не требуя больших трудозатрат, обеспечивают плавность и надежность запрессовки.

Для уменьшения усилия при запрессовке применяют смазку, в качестве которой используют сернистый молибден, наносимый в виде порошка на поверхности сопрягаемых деталей. Применение сернистого молибдена обеспечивает при разборке прессового соединения отсутствие задиров на сопрягаемых поверхностях.

Помимо запрессовки для получения соединений с гарантированным натягом применяют метод термического воздействия на одну или обе детали соединения, нагревая охватывающую и охлаждая охватываемую деталь.



*a* – ручным домкратом; *б, в* – домкратом с гидравлическим и винтовым приспособлениями  
*1* – запрессовываемая деталь; *2* – корпус; *3* – домкрат  
 Рисунок 26. Способы запрессовки деталей

В некоторых случаях возможно одновременное применение нагрева и охлаждения детали. Прочность соединения, собранного с применением теплового воздействия, в 1,5...2 раза превышает прочность соединения, собранного на прессе, так как при использовании теплового воздействия микронеровности на сопрягаемых деталях не сглаживаются и обеспечивают лучшее удерживание охватываемой детали, в охватывающей. Помимо того, при использовании термического воздействия при сборке прессовых соединений требования, предъявляемые к качеству обработки сопрягаемых деталей, значительно ниже, чем при сборке тех же соединений на прессе, что позволяет значительно снизить стоимость изготовления деталей.

Наиболее целесообразно применять сборку методом термического воздействия с общим и местным подогревом охватывающей детали. Этим методом пользуются при соединении деталей большого диаметра с малой площадью сопряжения.

Нагрев деталей средних и небольших размеров производят в масляных или водяных ваннах. В крупногабаритных деталях применяют местный подогрев участков, примыкающих к посадочному отверстию. Местный подогрев может быть осуществлен с помощью газовой горелки, устройств со спиралью или индуктора ТВЧ. В зависимости от требуемого натяга температура нагрева колеблется от 75 до 400°С. При автоматической сборке нагрев деталей производится в специальных туннельных печах. Для нагрева деталей типа колец применяют специальные индукционные устройства.

Метод глубокого охлаждения имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами получения соединений с гарантированным натягом: обеспечивается высокая прочность соединения деталей; уменьшается деформация запрессовываемой детали; отсутствуют задиры, получаемые при запрессовке на прессе, и коробление, возникающее при нагреве охватывающей

детали; увеличивается производительность труда. Глубокое охлаждение деталей производится в жидком азоте ( $-195,6^{\circ}\text{C}$ ) или в твердой углекислоте ( $-78,5^{\circ}\text{C}$ ). Жидкий кислород и жидкий воздух для этого не пригодны, так как взрывоопасны.

Время выдержки деталей в охлаждающей жидкости зависит от их размеров и массы. Примерное время выдержки в жидком азоте следующее: тонкостенных деталей с толщиной стенки 7...10 мм – 8...10 мин; втулок с толщиной стенки 20...30 мм – 15...20 мин; толстостенных деталей с толщиной стенки 40...50 мм – 35...40 мин.

При использовании углекислоты охлаждение производят в специальном термосе. Для улучшения условий охлаждения углекислоту помещают в жидкую среду, например в метиловый или денатурированный спирт.

При этом в сосуд сначала заливают жидкость, а потом добавляют углекислоту.

Наиболее существенным недостатком метода глубокого охлаждения является уменьшение ударной вязкости деталей, подвергшихся охлаждению, что необходимо учитывать при выборе посадок в соединениях, собираемых методом глубокого охлаждения.

Если в соединениях предусмотрены значительные натяги, то рекомендуется применение комбинированного метода – нагрев охватывающей детали и охлаждение охватываемой.

Зависимость между расширением (или сжатием) детали (по диаметру) и температурой нагрева (или охлаждения) подсчитывают по формуле

$$k = d \cdot \alpha \cdot t,$$

где  $k$  – расширение (или сжатие) мм;

$d$  – диаметр посадки, мм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения (сжатия), металла нагреваемой (или охлаждаемой) детали;

$t$  – температура нагрева охватывающей (или охлаждения охватываемой), детали,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для ориентировочных подсчетов принимают расширение (или сжатие) детали 0,001 при изменении температуры на  $100^{\circ}\text{C}$ .

*Определение усилия запрессовки*

Необходимое усилие запрессовки можно определить по формуле

$$P = f_3 \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot p, \text{H}$$

где  $f_3$  – коэффициент трения при запрессовке;

$d$  – диаметр отверстия сопрягаемой детали, мм;

$l$  – длина сопрягаемой детали, мм;

$p$  – удельное давление,  $\text{H}/\text{cm}^2$ .

Усилие выпрессовки при нормальных условиях в начальный момент не должно превышать усилия запрессовки более чем на 50 % (в соответствии со значениями их коэффициентов трения), а при установившемся процессе выпрессовки оно значительно снижается.

Опыт показывает, что после двух – трех повторных запрессовок и выпрессовок усилия запрессовки и выпрессовки не только не уменьшаются, но могут даже увеличиваться, следовательно, по условиям сохранения прочности соединения повторные запрессовки вполне допустимы.

#### *Технология запрессовки деталей*

Запрессовка нагревом охватывающей детали применяется главным образом при больших диаметрах и незначительной длине сопрягаемых деталей, когда посадка под прессом невозможна или затруднена. Необходимую температуру нагрева определяют в зависимости от размеров сопрягаемых деталей и требуемого натяга.

При горячих посадках создаются натяги, средняя величина которых в 2 раза больше натягов, получаемых при прессовых посадках.

Температуру нагрева охватывающей детали определяют по формуле

$$t = \frac{i_{\max} + \Delta}{\alpha d} + t_0,$$

где  $i_{\max}$  – наибольший натяг посадки, мм;

$\Delta$  – минимальный необходимый, заданный зазор при сборке, мм;

$\alpha$  – коэффициент линейного расширения;

$d$  – номинальный диаметр сопрягаемых поверхностей, мм;

$t_0$  – температура окружающей среды, °С.

Для компенсации погрешности, связанной с остыванием во время запрессовки, температуру нагрева обычно принимают на 15 – 20 % больше расчетной.

Главное преимущество нагрева водой и паром – равномерность прогрева деталей.

При нагреве маслом детали (особенно подшипники) подвешивают или устанавливают в ванне на специальные подкладки для предотвращения контакта с дном и стенками ванны, а также для равномерного окружения деталей маслом со всех сторон слоем толщиной не менее 30 ч 40 мм. Нагрев в масле продолжается не более 40 мин при температуре 90°С.

Время нагрева и температура масла для других деталей могут быть увеличены. При посадках с большими натягами применяют комбинированный способ: охватывающую деталь нагревают, а охватываемую – охлаждают. К такому способу соединения прибегают и в тех случаях, когда сопрягаемые детали изготовлены из материалов, имеющих различные коэффициенты линейного расширения, неразъемные соединения в целом работают в условиях повышенных температур.

При комбинированном способе сборки охватываемую деталь в большинстве случаев нагревают до сравнительно невысоких температур – порядка 50 ч 150°C. Такой нагрев почти всегда безопасен для материала детали и не вызывает больших деформаций.

### 1.4.3 Сборка резьбовых соединений

Технологический процесс сборки болтового (винтового) соединения аналогичен процессу сборки любого резьбового соединения, состоящему из следующих основных этапов:

- подача деталей на сборку;
- установка резьбовых деталей и их предварительное ввертывание;
- подвод, установка инструмента и затяжка деталей резьбового соединения;
- шплинтовка или другая операция, предотвращающая самопроизвольное отвинчивание деталей.

Отверстия в сопрягаемых деталях под установку болтов сверлят по разметке или кондуктору, причем оси отверстий под болты в сопрягаемых деталях должны совпадать. При одноболтовых соединениях допускается несовпадение осей отверстий под болты в сопрягаемых деталях, но не более чем на 0,15 мм на каждые 10 мм диаметра болта для ответственных соединений и не более чем на 0,4 мм – для обычных соединений. Хорошие результаты удается получить в отношении соосности отверстий под болты в соединениях деталей, если в качестве кондуктора использовать одну из этих деталей. В этом случае деталь, используемую в качестве кондуктора, с помощью струбицы соединяют с другой деталью соединения. Затем сверлят наиболее удаленные друг от друга отверстия и в них вставляют временные монтажные болты. После этого струбицы снимают, сверлят остальные отверстия, все просверленные отверстия развертывают и собирают соединение.

#### *Сборки шпилечного соединения*

При сборке шпилечного соединения в одну из соединяемых деталей ввинчивают шпильку, затем на нее накладывают вторую деталь соединения и навинчивают гайку. Крутящий момент, прикладываемый к гайке, частично передается на шпильку. Для того чтобы обеспечить неподвижность шпильки при затягивании гайки, ее необходимо вернуть в деталь плотно и до конца. Поэтому в шпилечном соединении следует обеспечить натяг между шпилькой и деталью, в которую она ввинчена.

Завинчивание шпилек – это наиболее сложная и трудоемкая операция, которая может быть выполнена двумя способами:

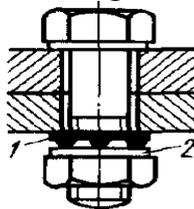
- 1) на свободный резьбовой конец шпильки навинчивают две гайки, а затем, вращая с помощью ключа верхнюю гайку, ввинчивают шпильку в гнездо

(недостатком этого сравнительно простого способа является ослабление посадки шпильки в резьбовом отверстии при свинчивании гаек);

2) на конец шпильки свободно навинчивают специальное приспособление солдатик, которое представляет собой высокую шестигранную гайку, стопорящуюся на конце шпильки специальным винтом, диаметр которого меньше диаметра шпильки.

Инструменты, применяемые при сборке резьбовых соединений. Для сборки и разборки резьбовых соединений применяют ручной и механизированный инструмент. Основным ручным инструментом являются гаечные ключи.

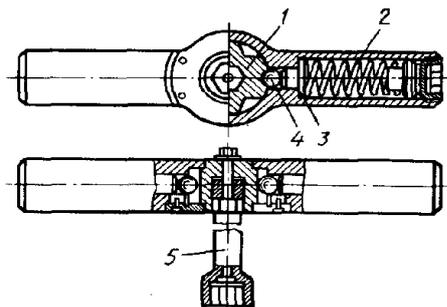
Во многих случаях надежность и долговечность резьбовых соединений зависят от их правильной затяжки в процессе сборки. В этих случаях устанавливают обязательные регламентируемые моменты затяжки. Наиболее просто требуемое усилие затяжки можно выдержать при применении специальных крепежных деталей со встроенными индикаторами усилия затяжки. При затяжке выступы индикаторной шайбы 1 (рис. 27) упираются в обычную шайбу 2 и, расплющиваясь, заполняют зазор между шайбами, что обеспечивает заданное усилие затяжки при заполнении зазора.



1 – индикаторная шайба; 2 – обычная шайба

Рисунок 27. Крепежная деталь с индикатором усилия затяжки

Однако наиболее часто при затяжке резьбовых соединений применяют специальные ключи с регулируемым крутящим моментом. Такой ключ (рис. 28) состоит из кулачка 1 и вставленного в него сменного торцевого ключа 5. При предельном усилии шарик 4 отжимается кулачком, давит на тарелку 3 и сжимает пружину 2. В этот момент сцепление кулачка с рукояткой прекращается. Значение крутящего момента регулируется за счет изменения усилия пружины 2.



1 – кулачок; 2 – пружина; 3 – тарелка;  
4 – шарик; 5 – сменный торцевой ключ

Рисунок 28. Ключ с регулируемым крутящим моментом

Механизация сборки резьбовых соединений осуществляется с помощью различных гайко и винтозавертывающих машин и устройств (преимущественно с пневматическим и электрическим приводом), применение которых позволяет повысить производительность труда в 2...3 раза. Срок окупаемости устройств для механизации процессов сборки не превышает 1,5 года.

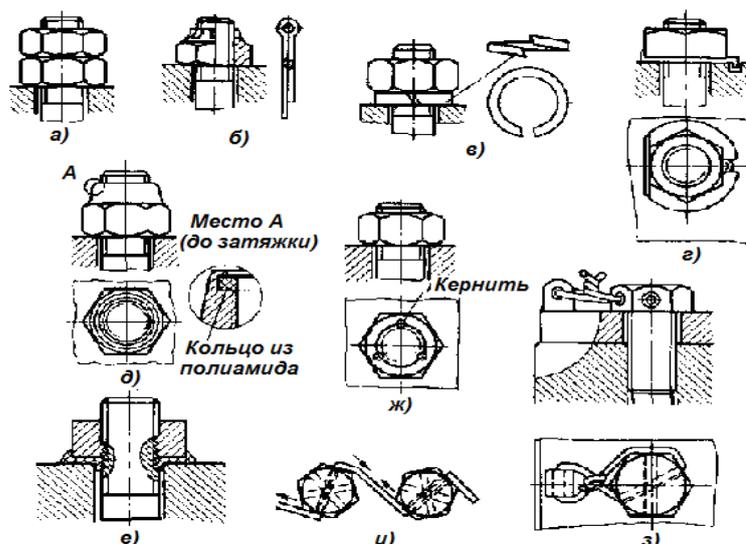
Гайковерты с ударно – импульсными муфтами обеспечивают передачу крутящего момента с помощью ударных импульсов, сообщаемых ведомой полумуфте. При работе таких гайковертов практически отсутствует реактивный момент, что позволяет применять их при сборке крупногабаритных соединений.

Для затяжки резьбовых соединений наряду с электрическими применяют пневматические гайковерты, которые по сравнению с электрическими имеют меньшие габаритные размеры и массу, однако КПД их также значительно ниже.

Стопорение резьбовых соединений является одной из конструктивных мер борьбы с их самоотвинчиванием в процессе эксплуатации машин. Наиболее распространены следующие способы стопорения:

- создание дополнительных сил трения путем осевого или радиального давления (контргайка, винт, самоконтрящаяся гайка);
- взаимная фиксация относительного положения болта и гайки (стопорение шплинтованием, пружинными и деформируемыми шайбами, проволокой);
- местное пластическое деформирование (обжатие, кернение).

Наиболее распространенные способы стопорения резьбовых соединений показаны на рисунке 29, а...и, а порядок их затяжки в зависимости от конструкции – на рисунке 30.



а – контргайкой; б – шплинтом; в – гроверной шайбой; г – специальной шайбой; д – кольцом из полиамида с последующей опрессовкой; е – шайбой из полиамида; ж – кернением; з, и – проволокой

Рисунок 29. Способы стопорения резьбовых соединений

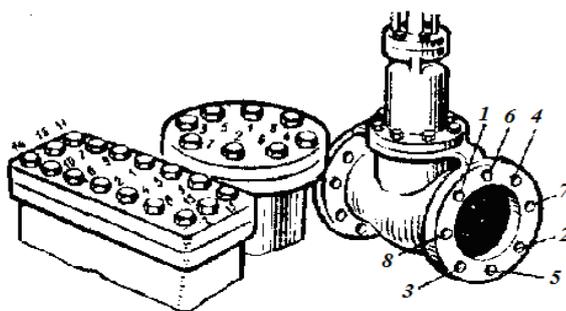


Рисунок 30. Порядок затяжки резьбовых соединений

#### 1.4.4 Обеспечение требуемой затяжки

Надежность работы резьбовых соединений в значительной мере определяется тем, насколько правильно будет осуществлена их затяжка в процессе сборки.

Если детали, соединяемые болтами, шпильками или винтами, работают под большим внутренним давлением или испытывают во время работы переменные нагрузки, порождающие толчки, то затяжку болтов (гаек) следует производить крутящим моментом одной определенной величины. Величина крутящего момента при затяжке определяется по формуле

$$M = P \cdot L, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $M$  – крутящий момент, необходимый при затяжке, Н·м ;

$P$  – сила приложения к рукоятке гаечного ключа, Н;

$L$  – плечо, т. е. расстояние от точки приложения силы до зева ключа, м.

Величины крутящих моментов, необходимые для затяжки резьбовых соединений, определенные опытным путем, приведены в таблице 4.

Таблица 2 – Зависимость момента затяжки резьбового соединения от диаметра и материала болта

Диаметр резьбового соединения, мм	Крутящий момент, Н·м, для болтов из материала с пределом прочности, МПа		Диаметр резьбового соединения, мм	Крутящий момент Н·м, для болтов из материала с пределом прочности, МПа	
	600	600 – 1000		600	600 – 1000
M6	4 – 6	8 – 10	M16	190 – 120	120 – 140
M8	10 – 15	17 – 22	M18	120 – 140	150 – 170
M10	20 – 30	36 – 48	M20	170 – 200	200 – 230
M12	35 – 50	60 – 80	M22	230 – 280	270 – 320
M14	60 – 80	90 – 120	M24	320 – 360	350 – 400

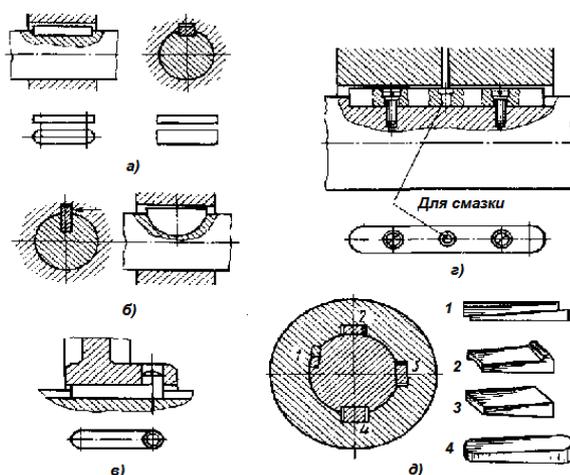
Более совершенный и широко распространенный способ ограничения крутящего момента при затяжке гаек (болтов) – применение специальных ключей, обеспечивающих определенную, заранее установленную степень затяжки.

Проконтролировать затяжку резьбового соединения можно измерением удлинения болта и шпильки индикатором или микрометром. Микрометром измеряют длину резьбовой детали до и после затяжки резьбового соединения; удлинение болта измеряют индикатором с помощью контрольного штифта, который устанавливают в специальном отверстии болта.

#### *Общие сведения о шпоночных и шлицевых соединениях*

Шпоночное соединение образуется шпонкой – стержнем, одновременно находящимся в пазах вала и насаженной на него детали. Шпонки служат для передачи крутящего момента от вала к ступице колеса, шкива и других подобных деталей или, наоборот, от этих деталей – к валу. Кроме этого, шпонки фиксируют на валу положение деталей в осевом направлении. Основные типы шпонок и их размеры стандартизованы.

По условиям эксплуатации шпоночные соединения делят на напряженные и ненапряженные. Для ненапряженных шпоночных соединений используют призматические (рисунок 31, а) и сегментные (рисунок 31, б) шпонки.



*а – призматическая; б – сегментная; в – скользящая; г – направляющая; д – клиновые 1 – тангенциальная; 2 – фрикционная; 3 – на лыске; 4 – врезная*

**Рисунок 31. Шпонки**

Призматические шпонки могут быть обыкновенными (СТ СЭВ 189 –75) и высокими (ГОСТ 10748 –79) со скругленными или плоскими концами. Они предназначены для неподвижного соединения ступицы и вала.

Направляющие шпонки (ГОСТ 8790 – 79) применяют в тех случаях, когда ступица должна иметь возможность перемещаться вдоль вала. Эти шпонки крепят к валу с помощью винтов.

Напряженным называют соединение, в котором при отсутствии внешних сил и моментов постоянно действуют внутренние силы упругости, возникающие в результате предварительной затяжки.

Скользящие шпонки (рис. 31, в) перемещаются вдоль вместе со ступицей. Их применяют вместо направляющих (рис. 31, г) шпонок в тех случаях, когда требуется значительное перемещение ступицы вдоль вала. Скользящие шпонки соединяют со ступицей с помощью специального выступа цилиндрической формы.

Сегментные врезные шпонки подобно призматическим работают боковыми гранями. При необходимости по длине вала могут быть установлены две, а иногда и три сегментные шпонки. К преимуществам сегментных шпонок относится легкость изготовления как самих шпонок, так и пазов под них, к недостаткам – необходимость изготовления глубоких пазов в валах, что снижает прочность последних. В связи с этим сегментные шпонки применяют только для передачи сравнительно небольших моментов.

Клиновые шпонки (рис. 31, д) в совокупности с валом и втулкой образуют напряженные шпоночные соединения. Эту группу составляют четыре вида шпонок – врезные, на лыске, фрикционные и тангенциальные.

Врезная шпонка, поперечное сечение которой имеет форму прямоугольника, устанавливается в пазы, выполненные в валу и ступице. Она обеспечивает надежное соединение и передачу значительных крутящих моментов, но снижает прочность вала на 6...10 %.

Шпонка на лыске устанавливается на специальную площадку, выполненную на валу. Лыска незначительно ослабляет вал, но эти шпонки значительно хуже, чем врезные, удерживают соединяемую с валом деталь.

Фрикционная шпонка имеет на опорной поверхности сферическую выемку, соответствующую диаметру вала. Прочность вала при использовании таких шпонок не снижается, но они не могут передавать значительных крутящих моментов и находят применение главным образом в приборостроении.

Тангенциальная шпонка, состоящая из двух клиньев, устанавливаемых навстречу друг другу в канавку вала вдоль его образующей, обеспечивает передачу крутящего момента только в одну сторону. При необходимости реверсирования устанавливают две шпонки под углом  $120^\circ$ , передающие большие крутящие моменты, но снижающие прочность вала.

Шлицевые соединения. Для соединения ступицы с валом вместо шпонок часто используют выступы на валу, входящие в соответствующие пазы в ступице и называемые шлицами. Такое соединение ступицы с валом называют шлицевым, или зубчатым. По сравнению со шпоночными шлицевые соединения обладают рядом преимуществ, обеспечивая передачу больших крутящих моментов (благодаря значительной поверхности контакта соединяемых деталей и равномерному распределению давления по этой поверхности), более точное центрирование ступицы на валу, лучшее направление при перемещении

ступицы по валу и большую прочность вала при одном и том же наружном диаметре. В зависимости от профиля зубьев различают шлицевые соединения с прямобочными, эвольвентными и треугольными (рисунок 32, а...в) шлицами.



а – прямобочные; б – эвольвентные; в – треугольные

Рисунок 32. Шлицы

Прямобочное шлицевое соединение (ГОСТ 1139 – 80) является наиболее распространенным.

Эвольвентное шлицевое соединение (ГОСТ 6033 – 80) по сравнению с прямобочным обладают более высокой прочностью шлицев и их более просты и дешевы в изготовлении. Однако в связи с тем, что протяжки для изготовления отверстий в ступице дороги, эти соединения имеют ограниченное применение.

Треугольное шлицевое соединение используются для передачи небольших крутящих моментов.

#### 1.4.5 Сборка шпоночных и шлицевых соединений

Сборка шпоночных соединений. Большое значение при сборке шпоночных соединений имеет строгое соблюдение посадок в сопряжении шпонки с валом и ступицей. Одной из основных причин нарушения правильности распределения нагрузки и смятия шпонки является увеличение зазора в соединении. К смятию может также привести неправильное расположение шпоночного паза на валу. Нередко наблюдается и перекося осей пазов, что значительно затрудняет сборку шпоночного соединения и вызывает перекося охватываемой детали на валу.

Сборку соединений с призматическими шпонками следует выполнять в такой последовательности:

- снять заусенцы и притупить острые края шпонок и пазов под них;
- пригнать шпонку по пазу вала в соответствии с посадкой, указанной на чертеже;
- пригнать шпоночный паз ступицы по шпонке в соответствии с посадкой, указанной на чертеже;
- установить шпонку в паз вала с помощью медного молотка, струбцин или под прессом;
- проверить отсутствие бокового зазора между шпонкой и пазом с помощью щупа;

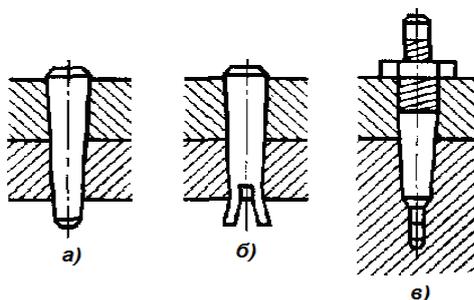
– проверить наличие радиального зазора между шпонкой и ступицей с помощью щупа (размер этого зазора стандартизован).

При сборке соединений с клиновыми шпонками последние забивают в пазы вала и ступицы, ударяя по ним молотком через мягкую прокладку.

Сборку шлицевого соединения начинают с визуального осмотра деталей соединения, на поверхности которых не должно быть заусенцев, задигов и забоин. В неподвижных шлицевых соединениях, имеющих посадки с натягом, охватывающую деталь обычно напрессовывают на вал с помощью специального приспособления или прессы. Использовать для запрессовки молоток не следует, так как от разных по силе ударов возможны задиры на шлицах и перекос насаживаемой детали.

### 1.4.6 Штифтовые соединения и их сборка

Крепежной деталью в нем является штифт, представляющий собой цилиндрический (ГОСТ 3128 – 70) или конический (ГОСТ 3129 – 70) стержень с гладкими поверхностями (рис. 33, *а*), на которых иногда выполняют выточки, канавки или отверстия. Штифты служат для передачи небольших крутящих моментов, а также для обеспечения точного взаимного расположения соединяемых между собой деталей. Конические штифты имеют конусность 1:50 и могут использоваться многократно. Цилиндрические штифты удерживаются в отверстии за счет натяга, поэтому при многократном использовании нарушаются плотность их посадки и точность установки. Для повышения надежности соединения применяют разводные (рис. 33, *б*) и резьбовые (рис. 33, *в*) штифты.



*а* – гладким штифтом; *б* – разводным штифтом; *в* – штифтом с резьбой

Рисунок 33. Штифтовые соединения

Недостатком штифтовых соединений является то, что отверстия на валу и втулке необходимо сверлить и развертывать одновременно, так как при раздельном сверлении они, как правило, не совпадают.

Считается, что нормальный натяг в коническом штифтовом соединении может быть получен, если штифт, вставляемый в отверстие вручную без применения каких – либо инструментов, входит в него на 70...75 % длины.

Устанавливают штифт или с помощью молотка, используя оправку, или на прессе. Для того чтобы при разборке штифт можно было легко удалить, его тонкая часть должна несколько выступать над поверхностью сопрягаемых деталей.

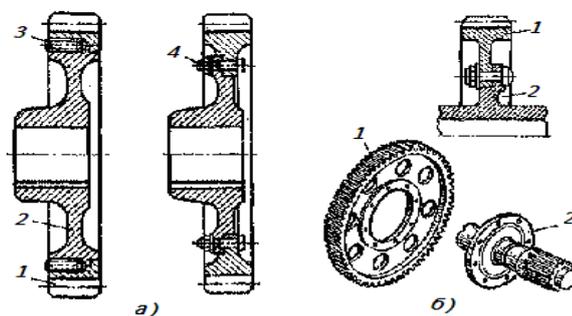
#### 1.4.7 Сборка цилиндрической зубчатой передачи

Технологический процесс сборки цилиндрической зубчатой передачи предусматривает выполнение следующих операций:

- сборку зубчатого колеса, если в собираемой конструкции предусматривается установка составных зубчатых колес;
- установку колес на вал и их фиксацию в заданном положении;
- монтаж валов с установленными на них зубчатыми колесами в корпус;
- регулирование собранного узла с цилиндрическими зубчатыми колесами;
- контроль качества сборки цилиндрической зубчатой передачи.

Сборку составных зубчатых колес с напрессованным на диск ступицы 2 зубчатым венцом 1 (рис. 34, а) начинают с напрессовки зубчатого венца.

Для фиксации осевого положения венца относительно диска ступицы на последней выполняют бурт. Во избежание перекоса и облегчения напрессовки зубчатый венец обычно нагревают в масляной ванне или токами высокой частоты до 120...150°С. После напрессовки венец закрепляют на диске ступицы временными болтами, диаметр которых меньше диаметра постоянных болтов 4. Отверстия под временные болты или стопоры сверлят и после напрессовки на диск ступицы нарезают в них резьбу.



а – крепление венца на ступице; б – крепление венца на фланце  
1 – зубчатый венец; 2 – ступица; 3 – стопор; 4 – болт

Рисунок 34. Составное зубчатое колесо

После сборки на временных болтах или стопорах зубчатый венец проверяют на радиальное биение, корректируя по результатам проверки его положение относительно ступицы. Затем последовательно заменяют все временные болты или стопоры постоянными, затягивая постоянные болты

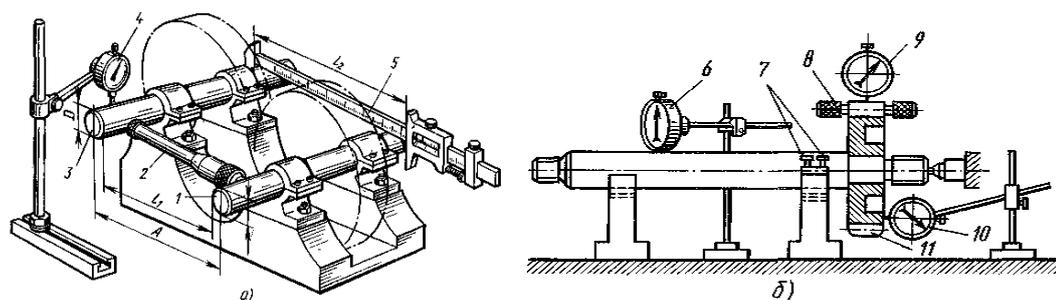
динамометрическим ключом. После установки постоянных болтов или стопоров зубчатые колеса окончательно проверяют на радиальное биение.

Проверку составных зубчатых колес на биение производят в центрах, помещая между зубьями калибр – пробку, на которой устанавливают ножку индикатора. Проворачивая вал и перекладывая калибр через два – три зуба, регистрируют показания индикатора; по разности между наибольшим и наименьшим показаниями определяют биение зубчатого колеса.

Для передач средней точности радиальное биение не должно превышать 0,02...0,05, а торцевое – 0,08 мм на 100 мм диаметра колеса. Быстроходные зубчатые передачи, колеса которых имеют диаметр более 500 мм, должны подвергаться статической балансировке.

Контроль сборки. Для того чтобы обеспечить правильное зацепление зубчатой передачи, расстояние между осями валов должно равняться полусумме диаметров начальных окружностей зубчатых колес зацепления; кроме этого, оси валов должны быть взаимно параллельными.

Соответствующее расстояние между осями должно быть выдержано в корпусе, где монтируют передачу. Расстояние между осями в корпусе можно измерить, пользуясь калибрами 1 и 3 и штихмассом 2 или штангенциркулем 5 (рис. 35, а). Если измерение проводят с помощью микрометрического штихмасса 2, к расстоянию между калибрами 1 и 3 прибавляют полусумму диаметров калибров; если в процессе измерения используют штангенциркуль, то от измеренного расстояния между наружными поверхностями калибров вычитают полусумму их диаметров.



1, 3, 8 – калибры; 2 – штихмасс; 4, 6, 9, 10 – индикаторы;  
5 – штангенциркуль; 7 – винты; 11 – проверяемое зубчатое колесо

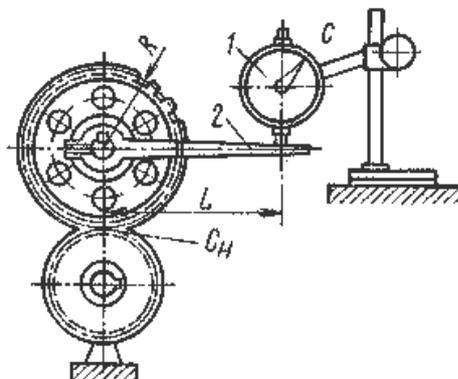
Рисунок 35. Схемы проверки расположения отверстий  
в корпусе редуктора (а) и биения зубчатых колес (б)

Определив расстояния между осями отверстий с одной и другой стороны корпуса, в котором будет смонтирована передача, по их разности можно определить, насколько оси параллельны между собой. Расстояние от основания корпуса до оси отверстия измеряют с помощью индикатора 4, который настраивают по блоку концевых мер длины с учетом диаметров калибров.

При установке зубчатых колес на валах вследствие различных причин могут наблюдаться качание зубчатого колеса на шейке вала, радиальное биение

по окружности выступов, торцевое биение, неплотное прилегание колеса к буртику вала. Качание проверяют, обстукивая напрессованное на вал зубчатое колесо молотком с бойком, выполненным из меди или алюминия. Проверку вала с установленным зубчатым колесом на радиальное и торцевое биения производят в центрах или на призмах (рис. 35,б). В последнем случае, ее осуществляют следующим образом. Вал устанавливают на призмы и винтами 7 регулируют положение седел последних. По индикатору б вал выставляют параллельно поверочной плите. Индикаторную стойку устанавливают так, чтобы ножка индикатора 9 вошла в контакт с калибром 8, находящимся между зубьями зубчатого колеса 11, и был создан натяг на один-два оборота стрелки индикатора. Вращая колесо с валом и переключая калибр через несколько зубьев, фиксируют показания индикатора, по разности которых определяют радиальное биение. Проверку осевого биения осуществляют по индикатору 10.

Очень важным при монтаже зубчатых колес в корпус является определение бокового зазора в передаче, которое осуществляют щупом или индикатором (рис. 36).



1 – индикатор; 2 – поводок

Рисунок 36. Способы измерения бокового зазора в цилиндрической зубчатой передаче

К валу одного из зубчатых колес крепят поводок 2, который упирается в ножку индикатора 1, установленного на корпус передачи. Поводок с валом и зубчатым колесом поворачивают, удерживая от поворота второе колесо зацепления. Так как второе колесо неподвижно, то первое может быть повернуто только на величину, соответствующую боковому зазору. По отклонению стрелки индикатора, приведенному к радиусу начальной окружности зубчатого колеса, определяют номинальное значение бокового зазора:

$$C_n = C \cdot R/L,$$

где  $C$  – показание индикатора;

$R$  – радиус начальной окружности проверяемого колеса;

$L$  – расстояние от оси вала до ножки индикатора.

Если в зубчатой передаче применяют колеса, модуль зубьев которых превышает 6 мм, то боковой зазор будет составлять 0,4...0,5 мм. В этом случае его определяют, три-четыре раза прокатывая между разными зубьями сопрягаемых колес свинцовую проволоку, длина которой должна быть равна длине зуба. Толщину проволоки после прокатывания проверяют с помощью микрометра.

Качество зацепления собранной зубчатой передачи проверяют на краску. Зубья меньшего колеса покрывают тонким слоем краски и поворачивают передачу на один оборот. После этого по отпечаткам на сопряженном зубчатом колесе судят о качестве сборки, сравнивая полученные отпечатки с установленными нормами. Обычно для передач средней точности отпечатки краски на сопряженном зубчатом колесе должны располагаться в средней части боковой поверхности зуба и занимать площадь, составляющую 50...60 % высоты и не менее 70 % длины зуба (рис. 37, а). Если пятно контакта неправильно расположено на поверхности зуба или его площадь не соответствует изложенным выше требованиям, это свидетельствует о некачественной сборке передачи. В зависимости от расположения пятна контакта можно установить соответствующие дефекты сборки цилиндрической зубчатой передачи.

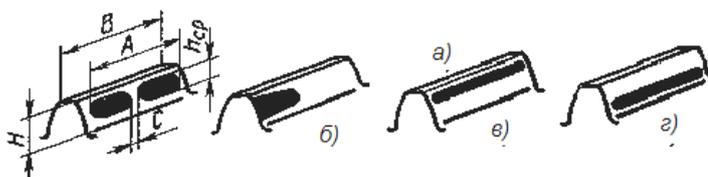


Рисунок 37. Расположение пятен контакта при качественной (а) и некачественной (б...в) сборке цилиндрической зубчатой передачи

1. Пятно контакта расположено с одной стороны зуба (рис. 37, б). Это свидетельствует о перекосе колес при нарезании зубьев или перекосе отверстий под подшипники в корпусе. Если положение пятна контакта не изменяется при повороте зубчатого колеса на  $180^\circ$  то перекошена ось отверстий в корпусе; в этом случае необходимо разобрать передачу, расточить заново отверстия и запрессовать в них втулки.

2. Пятно контакта расположено в верхней части зуба (рис. 37, в). Причиной этого может быть слишком большой радиальный зазор, а также несоответствие межосевого расстояния под подшипники в корпусе, установленного чертежом. Передачу необходимо разобрать, расточить отверстия и запрессовать втулки.

3. Пятно контакта расположено у ножки зуба (рис. 37, г).

Это свидетельствует о недостаточном радиальном зазоре в результате несоответствия толщины зуба техническим требованиям. В этом случае требуется замена одного или обоих зубчатых колес.

### 1.4.8 Сборка конических зубчатых передач

Конические зубчатые передачи применяют в тех случаях, когда необходимо осуществить передачу движения между двумя валами, расположенными, как правило, под углом  $90^\circ$ , с пересекающимися в пространстве геометрическими осями.

Наиболее часто применяют конические передачи колесами с прямыми, косыми и круговыми зубьями. Колеса с косыми и круговыми зубьями, несмотря на значительную трудоемкость изготовления, имеют значительные преимущества перед колесами с прямыми зубьями – они обеспечивают более плавную работу передачи и обладают большей прочностью, в связи с чем находят достаточно широкое распространение в машиностроении. Конические зубчатые передачи с косыми и круговыми зубьями применяют для передачи больших мощностей при высоких окружных скоростях.

Основными параметрами, характеризующими коническую зубчатую передачу, являются следующие (рис. 38): межосевой угол передачи  $\delta$ ; угол начального конуса  $\varphi$  для каждого из колес передачи; модуль зубчатого зацепления; число зубьев зубчатых колес передачи; длина  $l$  образующей начального конуса, которую определяют, исходя из усилий, передаваемых колесами передачи.

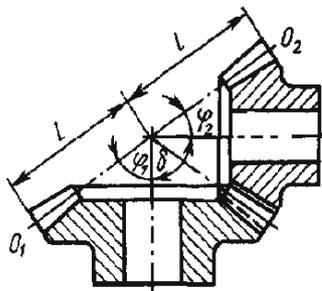


Рисунок 38. Элементы зацепления конической зубчатой передачи

По сравнению с цилиндрическими конические зубчатые передачи имеют ряд недостатков: меньшая (примерно на 15 %) нагрузочная способность при одинаковых габаритных размерах передач; более сложное и дорогое изготовление; более сложный монтаж передачи в корпус при сборке; большая чувствительность к отклонению межцентровых расстояний; большие нагрузки, действующие на опоры валов.

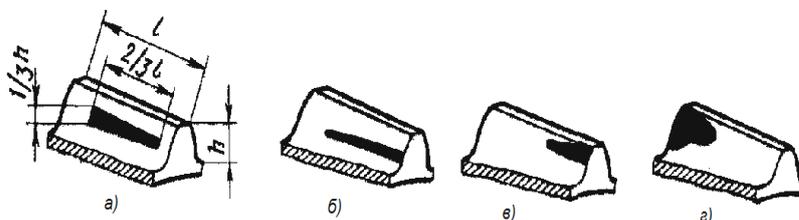
*Технологический процесс сборки конической зубчатой передачи*

Предусматривается выполнение следующих работ:

- установку и закрепление зубчатых колес на валах;
- установку валов с зубчатыми колесами в корпус;
- регулирование зубчатого зацепления с целью обеспечения плавности его работы.

Зубчатые колеса конической передачи устанавливают на вал в той же последовательности, что и зубчатые колеса цилиндрической передачи,

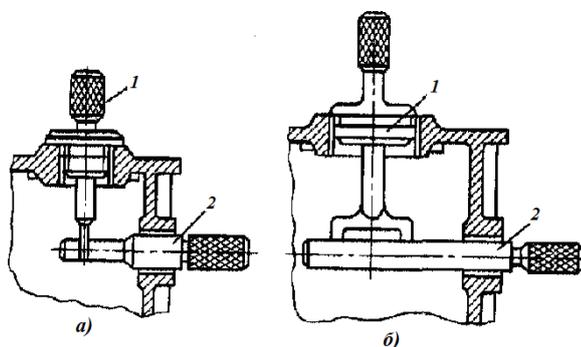
пользуясь теми же способами. Правильность установки на валу конического зубчатого колеса и наличие радиального биения определяют по расположению пятен контакта ( рис. 39, *a...г* ), вводя коническое зубчатое колесо в контакт с другим таким же колесом, которое принято называть эталонным.



*a* – при правильном зацеплении; *б* – при недостаточном зазоре передачи;  
*в, г* – при неправильном межцентровом расстоянии

Рисунок 39. Расположение пятен контакта при контроле на краску конической зубчатой передачи

Прежде чем приступить к установке валов с зубчатыми колесами в корпус, необходимо проверить расположение в нем отверстий под валы. Проверку эту осуществляют с помощью калибров *1* и *2*, которые центрируют в отверстиях корпуса (рис. 40, *a*). Если оси отверстий взаимно перпендикулярны, калибр *1* свободно входит в отверстие калибра *2*. Для контроля перпендикулярности осей используют и другой способ ( рис. 40, *б* ). Оси отверстий можно считать взаимно перпендикулярными, если лапка калибра плотно, без просветов, по всей длине прилегает к образующей калибра *2*. Перпендикулярность осей проверяют также оправками со срезанными до оси концами (оси взаимно перпендикулярны и лежат в одной плоскости, если срезанные половины концов оправок плотно прилегают друг к другу; зазор между ними контролируют щупом).



*a* – калибром с отверстием; *б* – калибром с лапкой; *1, 2* – калибры  
 Рисунок 40. Способы контроля расположения осей отверстий в корпусе редуктора конической зубчатой передачи

Для того чтобы обеспечить нормальную работу зубчатых колес конической зубчатой передачи, необходимо отрегулировать боковой зазор между зубьями колес до заданного значения. Допускаемый размер бокового зазора задается в рабочих чертежах либо в технологической карте на сборку

передачи. Для передач средней точности боковой зазор колеблется от 0,08 до 0,2 мм. Если конструкция передачи позволяет, т. е. доступ к колесам свободен, боковой зазор проверяют щупом. При больших (свыше 10 мм) модулях колес передачи зазор проверяют с помощью свинцовых проволочек так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах.

Боковые зазоры в передачах повышенной точности проверяют с помощью индикатора. Стойку последнего закрепляют на корпусе, а его ножку вводят в контакт с одним из зубьев зубчатого колеса (второе зубчатое колесо закрепляют). Покачивая колесо, по отклонению стрелки индикатора определяют числовое значение бокового зазора так же, как это делают при контроле бокового зазора в цилиндрических зубчатых передачах. В конических передачах, доступ к которым затруднен, боковой зазор проверяют так же, как и в аналогичных цилиндрических зубчатых передачах.

При сборке конических зубчатых передач боковой зазор можно регулировать, смещая зубчатое колесо вдоль оси; при смещении колеса к вершине условного конуса зазор будет уменьшаться, а при его смещении в другую сторону – увеличиваться. Регулирование колес в осевом направлении можно осуществлять с помощью стальных или латунных прокладок, которые помещают между ступицей зубчатого колеса и заплечиками вала. Вместо прокладок можно применять регулировочные кольца. Если вал установлен в регулируемых радиально упорных подшипниках, положение колеса регулируют, перемещая его вместе с валом.

#### *Контроль сборки*

После того как в конической передаче отрегулирован боковой зазор, качество сборки проверяют на краску. Для этого тонкий слой краски наносят на два зуба каждого из колес передачи, причем зубья стараются выбрать так, чтобы между ними было возможно большее число чистых зубьев. После нанесения краски зубчатые колеса поворачивают в направлении работы передачи и по отпечаткам краски (пятнам контакта) судят о качестве сборки передачи.

В конической зубчатой передаче колеса входят в контакт не по всей длине зуба, а только по той его части, которая составляет от  $1/2$  до  $2/3$  длины зуба и расположена ближе либо к толстому, либо к тонкому его концу. Для нормальной работы передачи положение колес целесообразно регулировать таким образом, чтобы зона контакта находилась ближе к тонким концам зубьев, так как эта сторона легче поддается деформирующим нагрузкам и зубья быстрее прирабатываются. Пятно контакта должно располагаться на боковой поверхности зуба ближе к его тонкому концу, но не доходить до него (см. рисунок 51, а). При правильной сборке пятно контакта должно занимать не менее 70 % площади зуба (по высоте и длине). Для контрольного сравнения такое пятно должно быть показано в сборочном чертеже или технологической карте на сборку.

### 1.4.9 Сборка червячных передач

Червячная передача состоит из винта, называемого червяком, и червячного, представляющего собой разновидность цилиндрического косозубого, колеса. По сравнению с цилиндрическими передачами с винтовым зубом, которые также обеспечивают передачу вращательного движения между валами с пересекающимися осями, червячные передачи имеют ряд преимуществ.

Существенным недостатком червячных передач является низкий КПД.

Резьба червяка может быть одно- или многозаходной, правой и левой. Угол подъема винтовой линии червяка соответствует углу подъема зубьев колеса. В большинстве случаев применяют передачи, имеющие правое направление подъема винтовой линии и число заходов от одного до четырех. Червяк для червячных передач изготавливают из углеродистых или легированных сталей с последующей термической обработкой до HRC 58...63. Наиболее распространены червяки, изготовленные из легированных сталей 15X; 20X, 12ХН2, 12ХГТ, 20ХФ и углеродистых сталей марок 40 и 45, которые закаливают до твердости HRC 45..55. В большинстве случаев червяк выполняют за одно целое с валом.

Выбор материала для изготовления червячного колеса зависит от скорости скольжения по его зубьям червяка. Так как условия смазывания червячной передачи весьма неблагоприятны, и она имеет склонность к заеданию, венец червячного колеса изготавливают из бронзы, а в некоторых случаях (но значительно реже) – из антифрикционного чугуна или пластических масс; в связи с высокой стоимостью бронзы центральную часть колеса обычно выполняют чугунной либо стальной. Для изготовления зубчатого венца применяют бронзы, обладающие высокими антифрикционными свойствами.

При серийном изготовлении зубчатые колеса делают биметаллическими, т. е. зубчатый венец отливают методом центробежного литья в специальных формах, внутрь которых помещают чугунную ступицу.

При небольших диаметрах червячных колес зубчатые венцы крепят к ступице винтами. Если для изготовления обода колеса используют пластические массы, его соединяют со ступицей болтами, располагая венец между металлическими дисками.

К червячным передачам предъявляют следующие технические требования:

- необходимо, чтобы профиль и шаг зубьев червячного колеса и червяка совпадали;

- длина контакта зуба червяка и червячного колеса должна составлять не менее  $\frac{2}{3}$  длины зуба колеса;

- радиальное и торцевое биения червячного колеса должны соответствовать точности передачи;

- межцентровое расстояние должно соответствовать расчетным величинам и не выходить за пределы допусков, установленные для передачи данной точности;

- оси валов должны совпадать с осями отверстий в корпусе  $л$  располагаться по отношению друг к другу под углом  $90^\circ$ ;
- мертвый ход червяка, т. е. угол поворота последнего при неподвижном червячном колесе, должен соответствовать точности передачи;
- при проверке передача должна работать плавно и бесшумно;
- во время испытания передачи под нагрузкой, температура нагрева подшипников не должна превышать  $50...60^\circ\text{C}$ .

#### *Сборка червячной передачи*

Сборка червячных передач в большинстве случаев начинается с установки (напрессовки) зубчатого венца на ступицу в холодном или горячем состоянии. Затем сверлят отверстия и нарезают в них резьбу под болты или стопоры, которые после ввинчивания в отверстия раскернивают с целью предотвращения их самоотвинчивания. Крепление зубчатых венцов на ступицу с помощью болтов осуществляют так же, как и крепление болтами зубчатых венцов цилиндрических зубчатых колес. После установки стопоров червячное колесо проверяют на радиальное биение. Установка червячного колеса на вал и его проверка производятся так же, как и при монтаже на вал цилиндрических зубчатых колес.

При сборке червячной передачи особенно важно обеспечить правильное зацепление червяка и червячного колеса. Для этого необходимо, чтобы угол скрещивания их осей и межцентровое расстояние соответствовали требованиям чертежа. Средняя плоскость червячного колеса должна совпадать с осью червяка, а боковой зазор в зацеплении – соответствовать техническим требованиям. Поэтому, прежде чем приступить к установке червяка и червячного колеса в корпус, необходимо проверить межосевое расстояние отверстий под их установку и взаимное расположение осей этих отверстий.

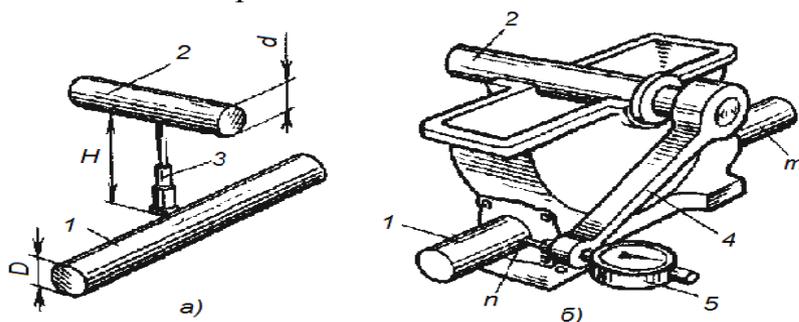
Межосевое расстояние проверяют с помощью специальных, устанавливаемых в корпус оправок  $1$  и  $2$  (рис. 41, *а*). Микрометрическим нутромером  $3$  измеряют расстояние между оправками:

$$A = H + (D + d) / 2.$$

Проверку угла скрещивания осей осуществляют следующим образом (рис. 41, *б*). Вместо вала червячного колеса и червяка в корпус устанавливают оправки  $1$  и  $2$ , на одну из которых надевают рычаг  $4$  с индикатором  $5$ . Рычаг устанавливают так, чтобы ножка индикатора могла касаться точек  $m$  и  $n$  на поверхности оправки  $1$ , выступающей из корпуса с противоположных сторон. Если показания индикатора в этих точках одинаковы, это свидетельствует о том, что валы скрещиваются под углом  $90^\circ$ .

При установке червячного колеса на вал на призматической шпонке ступицу колеса зажимают распорными втулками или крепят с обеих сторон гайками. В первом случае регулирование осевого положения осуществляется с

помощью компенсаторных колец различной толщины, а во втором – смещением гаек в осевом направлении.



$a$  – межосевого расстояния;  $b$  – угла скрещивания осей  
 1, 2 – специальные оправки; 3 – микрометрический нутромер;  
 4 – рычаг; 5 – индикатор

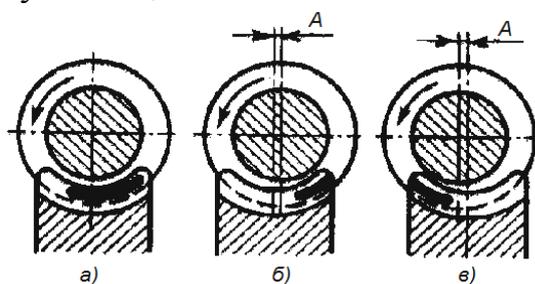
Рисунок 41. Контроль расположения осей отверстий корпуса червячного редуктора выполнением проверок

### Контроль сборки

Для того чтобы собранную передачу проверить на совмещение средней плоскости червячного колеса с осью червяка, проводят контроль на краску.

На поверхность зубьев червяка наносят краску и после его поворота по отпечаткам на зубьях червячного колеса судят о взаимном расположении червяка и колеса.

При правильно собранной передаче краска должна покрыть не менее 50...60 % поверхности каждого зуба колеса (рис. 42,  $a$ ). Если средняя плоскость колеса смещена относительно оси червяка, пятно контакта расположится так, как это показано на рисунке 42,  $b$ ,  $в$ .



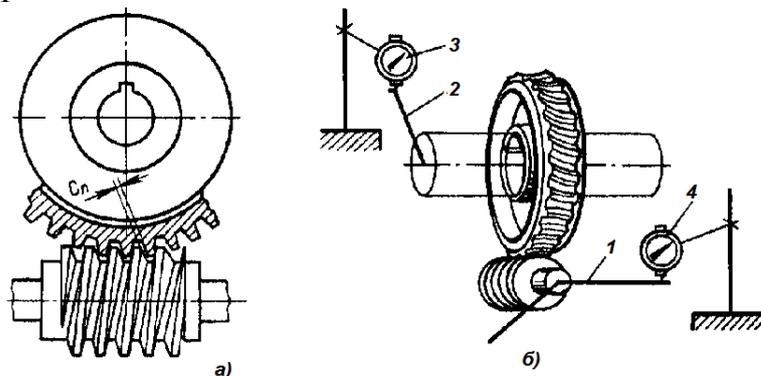
$a$  – при правильном зацеплении;  $b$  – при смещении оси передачи вправо;  $в$  – при смещении оси передачи влево

Рисунок 42. Расположение пятен контакта при контроле ив краску червячной передачи

Боковой зазор в зацеплении червяка и червячного колеса (рис. 43,  $a$ ) определяют, поворачивая червяк при неподвижном колесе (рис. 43,  $b$ ). На выступающих концах вала червяка и червячного колеса крепят рычаги 1 и 2, которые касаются индикаторов 3 и 4. Отмечая положение стрелки индикатора 4, поворачивают вал червяка до тех пор, пока не начнет вращаться вал колеса;

начало его вращения устанавливают по отклонению стрелки индикатора 3. По показаниям индикатора 4 (в угловых секундах) определяют угол поворота червяка.

Боковой зазор вычисляют по формуле  $C_n = \varphi \frac{l}{3600}$ , где  $\varphi$  – значение угла поворота червяка по показанию индикатора;  $l$  – расстояние от оси червяка до ножки индикатора.



1, 2 – рычаги; 3, 4 – индикаторы

Рисунок 43. Боковой зазор в червячной передаче (а) и схема его контроля (б)

Таблица 3 – Величина допускаемого бокового зазора  $C_n$  мкм, для червячных передач различной точности

Вид сопряжения	Межосевое расстояние, мм						
	до 40	10 – 80	80 – 160	160 – 320	320 – 630	630 – 260	свыше 1250
С	0	0	0	0	0	0	0
Д	28	48	65	95	130	190	260
Х	55	95	130	190	260	380	530
Ш	110	90	260	380	530	750	–

Таблица 4 – Предельные допускаемые отклонения межосевого расстояния, мкм, червячной передачи при осевом модуле от 1 до 30 мм.

Степень точности	Межосевое расстояние, мм					
	до 40	40 – 80	80 – 160	160 – 320	320 – 630	630 – 1260
5	9	13	17	21	26	32
6	14	21	26	34	42	50
7	22	34	42	52	65	80
8	36	52	65	85	105	120
9	55	85	106	130	170	200

Таблица 5 – Нормы контакта зубьев в червячной передаче при контроле методом на краску

Пятно контакта	Размеры контактного пятна, % (не менее), для передачи со степенью точности				
	5	6	7	8	9
По высоте зуба ....	60	60	60	50	30
По длине зуба ....	75	70	65	50	35

Примечание. Величина контакта определяется относительными размерами пятна (в процентах) по длине – отношением расстояния между крайними точками следов прилегания, за вычетом разрывов, превосходящих величину модуля в мм, к полной длине зуба; по высоте – отношением средней высоты области прилегания на всей ее длине к рабочей высоте зуба

#### 1.4.10 Сборка подшипников скольжения

Все подшипники скольжения, встречающиеся в машинах, разделяются на неразъемные - в виде цельных втулок или в виде отверстий в корпусах, станинах или основаниях, залитых антифрикционными сплавами, и разъемные с вкладышами и без вкладышей, корпуса которых заливают антифрикционным сплавом. Сборка неразъемных подшипников скольжения заключается в запрессовке втулки в корпус, стопорений ее от проворачивания и пригонке отверстий по валу. После запрессовки внутренний диаметр втулки может уменьшаться, поэтому его необходимо проверить по валу или калибром, и если зазоры, предусмотренные чертежом, не выдержаны, втулку необходимо расшабрить или пройти разверткой. Для достижения полной соосности подшипников многоопорных валов следует применять совместное развертывание, втулок. Внутренний диаметр вкладыша должен быть больше диаметра шейки вала на величину масляного зазора, величина которого изменяется в зависимости от диаметра шейки вала, его массы и числа оборотов. Обычно масляный зазор равен 0,0018 ч 0,0025 диаметра шейки вала.

Основные требования к сборке неразъемных подшипников скольжения:

- 1) нельзя запрессовывать разносторонние втулки;
- 2) нельзя допускать нагрев корпусной детали при запрессовке бронзовых втулок и втулок из других материалов с большим коэффициентом линейного расширения, чем у корпусной детали. Это вызывается тем, что нагретая корпусной деталью втулка не имеет возможности в ней расширяться, приобретает остаточную деформацию и остается ослабленной;
- 3) при наличии овальности втулки необходимо проверить ее средний диаметр замерами в четырех точках в перпендикулярном направлении, в двух-трех равноотстоящих поперечных сечениях. Втулку можно запрессовать, если

средний диаметр соответствует заданному и овальность не настолько велика, чтобы мешать запрессовке;

4) при монтаже вала с несколькими опорами необходимо прежде всего добиться возможно более точной установки на фундамент стоек с опорными подшипниками;

5) затяжку верхней части стойки с опорой трансмиссионного вала осуществляют анкерными болтами, добиваясь равномерных зазоров по окружности с обеих сторон втулки. Зазоры проверяют щупом;

6) допустимые зазоры между валом и втулками определяют по таблице допусков и посадок;

7) если проверка щупом показала неравномерность зазоров, нижнюю поверхность втулок в местах наименьших зазоров вышабривают, добиваясь чтобы поверхность прилегания фальшвала на краску была равномерной, как по длине, так и по ширине втулок. Пятно касания в этом случае доводят до 80 % всей площади;

8) при сборке подшипниковых узлов с неразъемными подшипниками скольжения, установленными на одной раме, требуется обязательная проверка соосности отверстий подшипников;

9) окончательную проработку подшипниковых узлов осуществлять с использованием густых мазей с примесью графитового порошка.

#### *Основные требования при сборке разъемных подшипников скольжения*

1. Предельная точность установки на фундамент стоек подшипниковых опор с вкладышами вала.

2. Тщательный промер всех вкладышей, выявление и устранение всех обнаруженных при этом отступлений от чертежей.

3. Подшипниковые споры трансмиссионных валов большого диаметра (150ч 250 мм) целесообразно выставлять отдельно, без вала и вкладышей (по высоте – нивелиром, в плане – теодолитом).

4. Выставленные и хорошо закрепленные фундаментными болтами стойки опор подливают раствором бетона только после укладки вкладышей, с предварительной проверкой их прилегания к поверхностям гнезд стоек на краску. Поверхность прилегания при этом не должна быть меньше 75 – 80 %. Правильность укладки вала на все вкладыши проверяется «на краску». Пятна касания вала к вкладышам должны составлять не менее 75 % от всей поверхности вкладышей.

5. Правильная установка зазора между верхним вкладышем и шейкой вала. Зазор проверяют с помощью свинцовых пластинок толщиной на 1 мм больше допускаемого зазора. Свинцовые пластинки (две) укладывают на шейку вала (ближе к галтелям). Допускаемая величина зазоров приведена в таблице 6.

6. Перекос осей вала и вкладыша не должны превышать 0,5 допуска на установленные зазоры.

7. Радиус галтели вала должен быть всегда меньше радиуса галтели вкладыша.

Таблица 6 – Допустимая величина зазоров между верхним вкладышем разъемного подшипника скольжения и шейкой вала, мм

Условия работы подшипников	Диаметр шейки вала, мм			
	50 – 80	80 – 120	120 – 180	180 – 260
При нормальных температурах	0,12 – 0,18	0,14 – 0,21	0,16 – 0,25	0,2 – 0,3
При повышенных температурах	0,2 – 0,5	0,23 – 0,58	0,26 – 0,66	0,30 – 0,75
Условия работы подшипников	Диаметр шейки вала, мм			
	260 – 360	360 – 500	500 – 700	700 – 1000
При нормальных температурах	0,25 – 0,35	0,3 – 0,4	0,35 – 0,6	0,4 – 0,7
При повышенных температурах	0,35 – 0,85	0,4 – 1,0	0,45 – 1,25	0,6 – 1,5

*Возможные причины, неполадок в работающих подшипниках скольжения*

Внешним признаком неполадок в работающем подшипнике скольжения является повышение его температуры и наличие течи масла через уплотнения и разъем.

Причины повышения температуры могут быть следующие:

- а) недостаточное поступление в подшипник смазки; смазка маслом с пониженной вязкостью или загрязненным;
- б) повышенная вибрация и толчки, возникающие при работе машины из-за неуравновешенности вращающихся маховиков, зубчатых колес и коленчатых валов, что может привести к образованию трещин на поверхности вкладышей и шеек валов;
- в) перекос осей вала и вкладышей из-за неудовлетворительной центровки гнезд подшипников или неточной выверки двух совместно работающих машин;
- г) неправильно установленные зазоры между шейкой вала и верхним вкладышем и между галтелями вала и вкладышем;
- д) неудовлетворительная пришабровка вкладышей по шейке вала, неправильно выполненные масляные канавки и наличие у них острых кромок, которые соскабливают смазку;
- е) грубая обработка поверхности шейки вала;
- ж) туго установленные войлочные или севатиновые уплотнения.

Допустимой температурой работающего подшипника скольжения считается температура на 60 град больше температуры окружающей среды. При повышении температуры следует сначала принять меры по улучшению подачи смазки в подшипник. Проверить соответствие вязкости смазки требованиям чертежа и убедиться в чистоте подаваемого масла. Если принятые меры не

улучшают положения, машину необходимо остановить, вскрыть подшипниковые узлы и выявить причины, повлекшие повышение температуры.

При обнаружении на шейке вала наволакивания бронзы или баббита вал следует вынуть из подшипников и шейку вала тщательно зачистить. Зачистить также и места вкладышей с таким же дефектом.

Если нагрев подшипника происходит от туго установленных войлочных или севанитовых уплотнений, их следует ослабить и хорошо пропитать густой смазкой. Шероховатости на валу в местах соприкосновения с уплотнением зачистить шкуркой.

Подтеки смазки устраняют улучшением установки уплотнений, а в разъемах – вырубкой на поверхности разъема корпуса маслосборных канавок.

#### *Подшипники с неметаллическими вкладышами*

В некоторых машинах устанавливают подшипники с вкладышами из текстолита, лигнофоля и лигностоля.

При сборке этих подшипников необходимо предусматривать зазор между шейкой вала и вкладышами, несколько больший, чем это принято в узлах с бронзовыми или чугунными вкладышами, так как разбухание материала вкладыша может привести к защемлению вала. Величины зазоров в цельнопрессовых неметаллических вкладышах рекомендуются  $0,003 - 0,006D$ , а во вкладышах, склеенных из пластин, –  $0,002 - 0,004D$ . В зависимости от условий и режима работы, неметаллические вкладыши смазывают водой или водной эмульсией, а также консистентной смазкой и минеральными маслами. Во время приработки подшипники необходимо охлаждать, не допуская нагрева их выше  $60 - 80^{\circ}\text{C}$ , так как при более высокой температуре начинается интенсивное разбухание, а в дальнейшем и обугливание материала вкладышей.

При установке вкладыша в cassette или подушку наружная поверхность его в средней части в пределах угла охвата  $60^{\circ}$  должна плотно прилегать к поверхности cassette или подушки. Для остальной части той же поверхности допускается прилегание не менее чем на 75 %.

Вкладыши обтачивают по посадке  $j_6$  и растачивают по  $H9$ . Посадку втулок на место осуществляют запрессовкой. Запрессованные втулки дополнительно крепить от проворачивания в корпусе не рекомендуется.

Верхние вкладыши закрепляют в крышках подшипников замыкающими планками. Плоскость разъема вкладышей в подшипниках уплотняют прокладками из паронита. По мере износа вкладышей величину зазора между цапфой и вкладышем регулируют за счет сострагивания кромок верхнего вкладыша в плоскости разъема подшипника. Правильность прилегания вкладыша или втулки по длине шейки вала проверяют по краске.

Подшипники смазывают минеральными маслами или мазями. Смазку выбирают в зависимости от условий и режима работы подшипника. Смазка должна подводиться в ненагруженную зону подшипника. Смазка вдоль подшипника распределяется через продольную смазочную канавку вкладыша.

Смазочные канавки и холодильники во избежание ослабления сечения вкладыша или втулки делают минимальными.

Вкладыши и втулки, изготовленные из древесно-слоистых пластиков (ДСП), независимо от предполагаемой длительности их хранения после окончания обработки подвергают консервации парафином.

#### **1.4.11 Сборка узлов с подшипниками качения**

Со сборкой подшипниковых узлов при монтаже оборудования встречаются:

- а) при сборке крупных подшипников;
- б) при наладке оборудования в связи с обнаруженными при запуске дефектами подшипниковых узлов;
- в) при регулировке подшипниковых узлов;
- г) при ремонте оборудования.

Сборка подшипниковых узлов состоит из следующих операций:

- а) подготовка узлов к монтажу;
- б) сопряжение внутренних колец с валами или цапфами;
- в) сопряжение наружных колец с конусами или ступицами;
- г) регулировка подшипниковых узлов.

##### *Подготовительные операции*

1. Осмотр деталей подшипников. Необходимо обращать внимание на качественное состояние рабочих поверхностей колец и тел качения, на отсутствие трещин, отколотых буртов, коррозии на рабочих поверхностях, сепараторе и телах качения.

2. Проверка легкости сращения радиальных подшипников. Осуществляют вращением от руки наружного или внутреннего кольца.

3. Проверка наличия клейма (номер подшипника, завод и год изготовления) на кольцах подшипников.

4. Распаковка подшипников качения. Подшипники качения рекомендуется вынимать из упаковки только перед монтажом. Распакованный подшипник должен быть промыт в смеси бензина и горячего минерального масла или только в минеральном масле.

5. Промывка подшипников.

Подшипники промывают в чистом ведре или бачке, куда наливают достаточное количество бензина и 6 – 8 % (к объему бензина) легкого минерального масла, например, индустриального « 12 » или « 20 », а затем подшипники (средних и малых размеров) погружают в смесь и, придерживая внутреннее кольцо, медленно вращают наружное кольцо до полного очищения сепаратора, дорожек и тел качения подшипника от смазки.

Если подшипники сильно загрязнены, то во избежание повреждения твердыми частицами грязи полированных рабочих поверхностей их следует, не вращая, предварительно тщательно промыть в бензине до удаления большей части грязи. При значительном количестве одновременно промываемых подшипников рекомендуется иметь две промывочные ванны: для предварительной и окончательной промывки. Промытые подшипники вынимают из ванны, дают стечь бензину и укладывают для просушки на верстак, покрытый чистой бумагой.

Промывку подшипников в горячем масле осуществляют в металлических ваннах с электро или пароподогревом. Подшипники можно не промывать, если их упаковка не имеет повреждений, а смазка не затвердела.

6. Подготовка посадочных мест. Подшипники качения можно монтировать только после подготовки и проверки посадочных мест на валу и в корпусе. Посадочные места под подшипники должны быть чисто обработаны. Проверку осуществляют тщательным осмотром посадочных мест корпуса и вала, торцов заплечиков галтелей и сопряженных с подшипником деталей (фланцев, распорных и дистанционных втулок и др.). Обнаруженные на поверхностях подшипников забоины и коррозионные пятна должны быть удалены. Забоины и заусенцы удаляют личным напильником с обязательной зачисткой рисков от напильника наждачной шкуркой № 000. Все смазочные каналы на валу и в корпусе должны быть проверены, прочищены и продуты сжатым воздухом.

После исправления дефектов механической обработки посадочные места и сопрягаемые с ними детали очищают от стружек, опилок, песка, промывают керосином, протирают насухо чистыми салфетками и проверяют прямолинейность вала, овальность и конусность посадочных мест вала, посадочные отверстия в корпусе (штихмасом или калибром), перпендикулярность поверхности упорного заплечика к оси вращения и радиус галтели у заплечика вала, который должен быть меньше радиуса подшипника.

К монтажу не допускаются подшипники, посадочные места и сопрягаемые с ними детали которых неправильно обработаны, имеют конусность и овальность, выходящие за установленные пределы.

7. Покрытие тонким слоем смазки посадочных мест вала и корпуса, а также сопрягаемых с подшипником деталей. Смазка посадочных мест вала или расточек корпуса графитной смазкой, либо смесью минерального масла с мелкочешуйчатым серебристым графитом.

8. Запрессовка подшипников. Внутренние кольца подшипников должны прилегать к заплечикам вала плотно. Недопрессованный подшипник допрессовывается в холодном состоянии ударами молотка через медную надставку.

Правильно насаженный подшипник должен быть хорошо закреплен в осевом направлении. Надежность осевого крепления проверяют самым тонким щупом – зазора быть не должно.

9. Сочленение подшипников качения в узле осуществляется с натягом в корпус, с натягом на вал и в корпус.

Таблица 7 – Допустимые отклонения в плотности прилегания внутреннего кольца, подшипника к заплечикам вала

Диаметр вала, мм	Максимально допустимый зазор, мм	Допустимое биение, мм	
		радиальные и радиально – упорные	упорные подшипники
до 50	0,03	0,01	0,004
до 100	0,04	0,016	0,006
до 250	0,05	0,02	0,01
до 600	0,07	0,035	0,012

Непосредственно перед установкой на вал в целях облегчения монтажа и во избежание порчи посадочных мест на валу, все мелкие и средние подшипники при посадках от плотной до глухой и все крупногабаритные подшипники при любых посадках нагревают в минеральном масле, температура которого не должна превышать 100°С.

#### Способы посадки подшипников на вал

1. Лучшим способом посадки подшипников на вал, обеспечивающим наиболее точную установку их, является запрессовка при помощи прессы. При небольших габаритных размерах вала подшипники монтируют при помощи прессы одним из следующих способов:

- 1) вал устанавливают неподвижно и на него напрессовывают подшипник;
- 2) неподвижно устанавливают подшипник и в него запрессовывают вал (рис. 44, а). При запрессовке необходимо обеспечить соосность расположения подшипника и вала, так как перекосы внутреннего кольца относительно вала затрудняют посадку, приводят к образованию задиров и искажению формы посадочной шейки, а иногда и к разрывам внутренних колец подшипников.

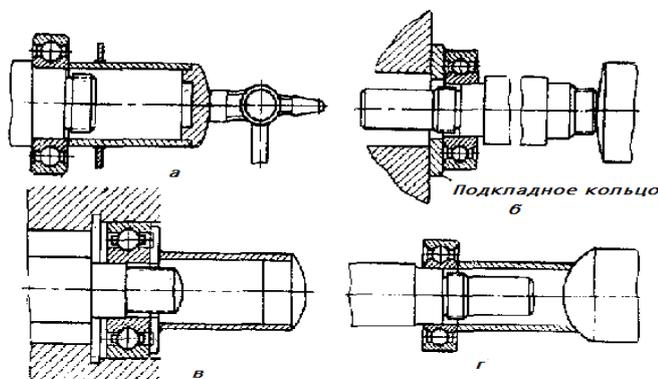


Рисунок 44. Способы посадки подшипников качения на вал

2. Подшипники на вал напрессовывают с помощью специальной монтажной трубы (рис. 44, б).

Во избежание перекоса колец, поломки шариков или разрушения канавок запрещается напрессовывать подшипник ударами, наносимыми непосредственно по кольцу.

3. В случае отсутствия пресса или невозможности его использования можно монтировать подшипники при помощи специальной монтажной трубы с заглушкой (рисунок 44, в) и молотка.

Во время монтажа подшипника на вал при помощи выколотки необходимо следить за тем, чтобы она плотно касалась торца внутреннего кольца, не касаясь сепаратора или наружного кольца. Удары молотком по выколотке следует наносить равномерно и поочередно по диаметрально противоположным точкам окружности торца внутреннего кольца.

Если подшипник монтируется с неподвижной посадкой в корпус (при подвижной посадке на валу), то могут быть применены все способы монтажа, описанные выше. В большинстве случаев для посадки подшипников в корпус применяют специальные монтажные трубы или оправки, аналогичные по конструкции монтажным трубам, применяемым при монтаже подшипников на вал, с соответственно измененными размерами.

При необходимости монтажа подшипника с натягом на вал и в корпус для передачи усилий от монтажной трубы одновременно на оба кольца подшипника к торцу трубы приваривают фланец (рис. 44, з).

Прилегание подшипника к валу проверяют при помощи щупа толщиной до 0,03 мм. При правильной запрессовке щуп не должен проходить между плоскостями подшипников и заплечиков вала или корпуса. Если окажется, что подшипник не допрессован, то его надо допрессовать в холодном состоянии ударами молотка через медную надставку. После установки вала с подшипниками в корпус и сборки сопряженных с ними деталей необходимо проверить, не задевают ли вращающиеся детали о неподвижные и обеспечен ли подвод смазки к подшипникам. Следует тщательно проверить сборку уплотняющих устройств и особенно зазоры в лабиринтных уплотнениях.

#### *Проверка работы подшипника*

Правильно смонтированный подшипник должен работать ровно, без особого шума и толчков. Глухой прерывистый шум указывает на загрязненность подшипника, а свистящий звук – на то, что подшипник недостаточно смазан, либо происходит трение между какими-либо деталями подшипникового узла, скрежет и резкое частое постукивание свидетельствуют о разрушении сепаратора или тел качения.

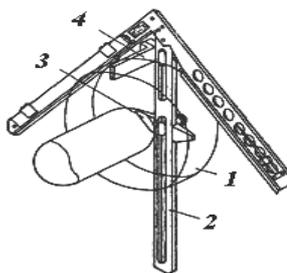
При дефектном монтаже работа подшипника в большинстве случаев сопровождается повышением температуры. Температура подшипника не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 60°C и не должна быть выше 90°C. Чрезмерное повышение температуры обычно вызывает отпуск подшипника и, как следствие, резкое уменьшение срока его службы.

## 1.5 Центровка валов, осей

Под центровкой валов понимается установка их в такое взаимное положение, когда вал электрической машины и вал производственного механизма (или вал другой электрической машины) являются как бы продолжением друг друга. При этом положения валов относительно друг друга могут различаться в зависимости от типа муфт и их компенсационных способностей в радиальном и осевом направлениях на значения не более приведенных в таблице. Допускаемая несоосность валов электрических машин.

Проверка взаимного положения установленных валов осуществляется центровочными приспособлениями по полумуфтам в диаметрально противоположных точках. Угловой перекося валов также замеряется по полумуфтам, причем значения, приведенные в табл., относятся к полумуфтам, замеры на которых произведены на расстоянии 300 мм от оси вала. При измерениях на других расстояниях допуски на угловое (осевое) смещение валов должны быть пропорциональными.

Визуальная проверка взаимного положения валов производится по рискам, нанесенным на обод полумуфты через  $90^\circ$  при помощи центроискателя) изображенного на рис. 45. Риски наносятся на соответствующие полумуфты до установки машины на фундамент. Угольник центроискателя устанавливается на обод полумуфты таким образом, чтобы линейка прилегала к торцевой плоскости полумуфты, разметочная линейка 4 устанавливается на обод полумуфты. Риски наносятся чертилкой на обод полумуфты и на торцевой плоскости по линейкам 4 и 3. Приспособление поворачивается на  $90^\circ$ , точность установки  $90^\circ$  проверяется при помощи движка с установочной линейкой 3.



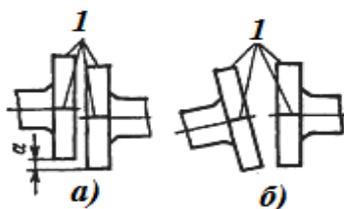
1 – муфта; 2 – линейка; 3 – установочная линейка;  
4 – разметочная линейка.

Рисунок 45. Центроискатель

Поворачивая таким образом приспособление, наносят четыре риски 1 через  $90^\circ$  на обод полумуфты. Если диаметры двух полумуфт равны, а муфты смещены друг относительно друга на величину  $a$ , то необходимо один из валов передвинуть по вертикали либо вбок (рис. 46).

Если линейка, приложенная к рискам полумуфты машины, к которой прицентровывается другая машина, или к полумуфте приводного механизма,

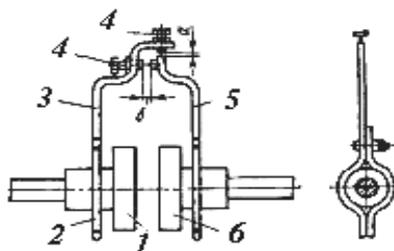
совпадает с риской центрируемой машины, то угловое смещение (перекос) валов отсутствует. Если между линейкой и риской имеется угол, то конец центрируемого вала перемещается по вертикали либо вбок до тех пор, пока риски не совпадут.



*a* – параллельное смещение; *б* – угловое смещение; *1* – риски.

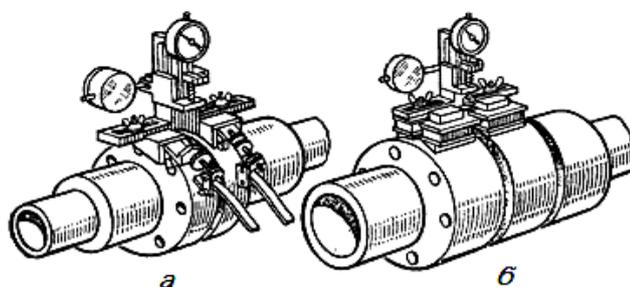
Рисунок 46. Предварительная выверка валов электрических машин.

Точная проверка взаимного положения валов производится при помощи центровочных скоб или приспособлений с индикаторами часового типа, с магнитным или ленточным прижимом, показанных на рисунок 47 и 48. Размеры центровочных скоб приведены в табл. Размеры центровочных скоб.



*1* – полумуфта установленной машины; *2* – стягивающие хомуты;  
*3* – наружная скоба; *4* – измерительные болты; *5* – внутренняя скоба;  
*б* – полумуфта устанавливаемой машины.

Рисунок 47. Установка центровочных скоб на валы.



*a* – с ленточным прижимом; *б* – с электромагнитным прижимом

Рисунок 48. Приспособление для центровки валов

Проверку производят при совместном проворачивании валов на 90, 180, 270°. При измерениях должна исключаться возможность изменения зазоров между полумуфтами за счет осевых разбегов вала. При наличии влияния осевых разбегов на измерения необходимо пользоваться двумя центровочными приспособлениями, расположенными по диаметру полумуфт. Результаты

измерений записываются, как показано на рис. 49. Разность показаний в диаметрально противоположных точках при измерении на расстоянии 300 мм от оси вала должна быть не более значений, приведенных в табл. Регулировку положения валов производят подбиванием клиньев под фундаментной плитой или регулировкой высотного положения установочных инвентарных приспособлений. Проверку взаимного положения вала приводного двигателя и приводимого механизма, если последний невозможно проворачивать, производят методом обхода одной точкой, т. е. проворачивая вал приводного двигателя, как показано на рис. 50. При проверке взаимного положения одноопорных валов, соединенных жесткими фланцевыми муфтами с центрирующим выступом, производят измерение только углового перекоса (осевого смещения). Взаимное положение валов приводного двигателя и приводимого механизма, соединяемых при помощи промежуточного вала, проверяют после жесткого соединения промежуточного вала с приводным двигателем или приводимым механизмом. В случае отсутствия промежуточного вала проверку производят по струне, как показано на рис. 51.

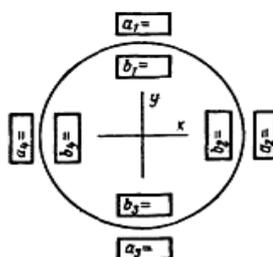
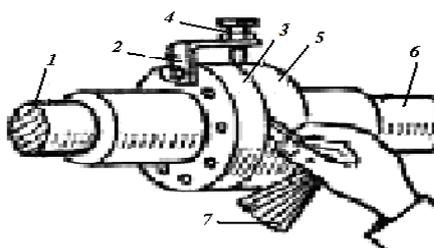
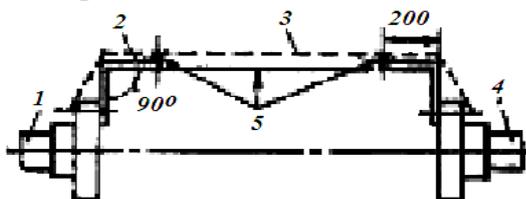


Рисунок 49. Запись результатов измерений при центровке



1 – вал двигателя; 2 – центровочная скоба; 3 – полумуфта двигателя; 4 – штифт; 5 – полу муфта приводного механизма; 6 – вал приводного механизма; 7 – щуп

Рисунок 50. Центровка валов методом обхода одной точкой



1 – вал двигателя; 2 – угольник; 3 – визирная струна; 4 – вал редуктора клетки; 5 – места замера зазоров

Рисунок 51. Центровка валов «по струне»

При регулировке взаимного положения валов электромашинных агрегатов следят, чтобы уклоны шеек валов на крайних подшипниках, измеренные при помощи уровня, были одинаковыми по величине и противоположными по направлению.

При определении перемещения подшипников при регулировке взаимного положения валов методом расчета пользуются следующими формулами:

$$y_1 = \frac{a_1 - a_2}{2} + \frac{b_1 - b_2}{2} \frac{l_1}{r}; \quad y_2 = \frac{a_1 - a_3}{2} + \frac{b_1 - b_3}{2} \frac{l_2}{r};$$

$$x_1 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_1}{r}; \quad x_2 = \frac{a_2 - a_4}{2} + \frac{b_2 - b_4}{2} \frac{l_2}{r}.$$

где  $y$  и  $x$  – горизонтальное и вертикальное перемещения подшипника, ближайшего к муфте;

$y_2, x_2$  – горизонтальное и вертикальное перемещения подшипника, дальнего от муфты;

$l_1$  – расстояние от муфты до ближайшего подшипника;

$l_2$  – расстояние от муфты до дальнего подшипника;

$r$  – расстояние от центра вала до точки измерения осевого зазора.

## 1.6 Балансировка вращающихся деталей и узлов

Балансировка является специфическим способом восстановления деталей, при котором восстанавливается их динамическая или статическая уравновешенность, утраченная в результате износа или после ремонтных операций, которые предшествовали балансировке.

Нарушение балансировки может возникнуть также при сборке вращающегося узла. Неуравновешенные массы при вращении приводят к появлению центробежных сил, которые вызывают вибрацию машины и ее повреждение. В частности, возникают добавочные динамические давления на опоры вращения ротора, что в свою очередь, может привести к выдавливанию смазки в подшипниках и явиться причиной ускоренного износа валов и вкладышей подшипников.

Для предотвращения этих явлений необходимо производить проверочную балансировку как отдельных деталей после их обработки, так и окончательно собранных вращающихся узлов и ротора.

Особенно тщательно следует балансировать быстровращающиеся роторы крупных размеров, например, роторы центрифуг.

Неуравновешенность вращающихся роторов вызывается следующими причинами:

1) недостаточной точностью изготовления отдельных деталей, из которых собран ротор;

2) неравномерным распределением материала в объеме детали (газовые раковины, шлаковые включения и т.п.)

3) из – за деформации, погнутости вала, неверной сборки и т.д.

Возможна неуравновешенность двух типов (см. рисунок 52):

– для деталей, близких по форме к тонким дискам, характерна так называемая статическая неуравновешенность, проявляющаяся в смещении центра тяжести от оси вращения и появлении центробежной силы (рис. 52, а) (дисбаланс  $D$  измеряется статическим моментом)

$$D = G \cdot r = m \cdot R,$$

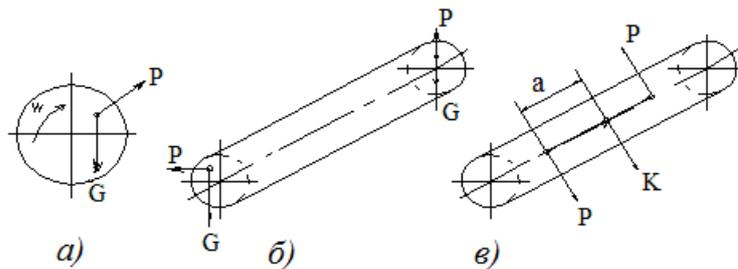
где  $G$  – вес детали (Н);

$r$  – смещение центра тяжести детали от оси вращения ( см );

$m$  – вес уравнивающего груза ( Н );

$R$  – расстояние от оси вращения до центра тяжести уравнивающего груза (см).

– для деталей имеющих значительную длину в осевом направлении неуравновешенные силы возникают в различных сечениях (рис. 52, б). Эти силы могут быть приведены к паре сил  $P - P$  и результирующей силе  $K$  (рис. 52, в). Такая неуравновешенность (от пары сил) называется динамической, так как обнаружить её статической балансировкой невозможно.



а – неуравновешенность тонкого диска; б – неуравновешенность длинного ротора; в – приведение пары сил к результирующей силе

Рисунок 52. Типы неуравновешенностей

Динамическую неуравновешенность определяют при вращении детали, когда возникает момент пары сил  $M$ :

$$M = P \cdot a = m \cdot r \cdot \omega^2 \frac{a}{g},$$

где  $a$  – плечо пары сил;

$m$  – вес одного из грузов, вызывающих дисбаланс;

$\omega$  – угловая скорость;

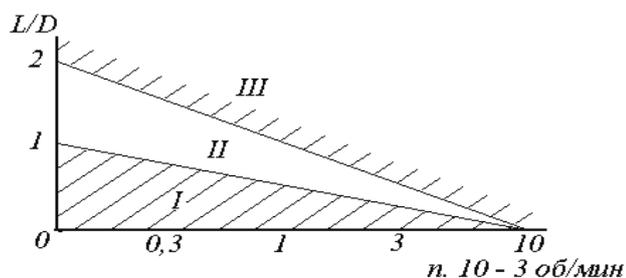
$g$  – ускорение свободного падения;

$r$  – смещение центра тяжести детали от оси вращения.

На практике чаще всего встречается смешанная неуравновешенность. При этом сначала должна проводиться статическая балансировка для уменьшения результирующей силы  $K$ , а затем динамическая балансировка.

Первым фактором, определяющим границы использования статической или динамической балансировки, является относительная длина детали  $L/D$ , вторым – частота вращения детали  $n$ .

На рис. 53 представлен график для определения границ динамической и статической балансировок в зависимости от  $L/D$  и  $n$ .



*I* – область статической балансировки; *II* – промежуточная область;  
*III* – область динамической балансировки

Рисунок 53. Границы статической и динамической балансировок.

Статическая балансировка основана на стремлении центра тяжести детали занять положение, наиболее низкое из всех возможных. Таким образом, центр тяжести неуравновешенной детали будет размещаться на вертикальном направлении ниже оси вращения. Статическая балансировка осуществляется на специальных приспособлениях – призмах (рис. 54) или вращающихся дисках (рис. 55).

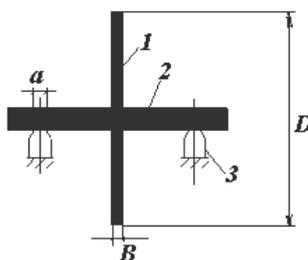


Рисунок 54. Схема балансировки на призмах

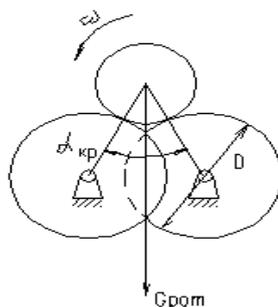


Рисунок 55. Схема балансировки на дисках

### Балансировка на горизонтальных параллелях (призмах)

При балансировке на призмах вначале устанавливается рама и прочно закрепляется на фундаменте или полу для исключения сотрясений. Затем устанавливаются стальные ножи (призмы) (рис. 56). Ножи устанавливаются строго параллельно и горизонтально в продольном и поперечном направлениях с помощью уровня и микрометрических винтов. Длина направляющих (призм) должна быть достаточной для перекатывания по ней балансируемой детали на 2 – 3 полных оборота. Погрешность установки призм не должна превышать 0,02 мм на 1 метр. Ширина рабочих поверхностей призм (ножей) выбирается следующим образом:

- 0,3 мм для деталей массой до 3 кг;
- 3 мм для деталей массой до 30 кг;
- 10 мм для деталей массой до 300 кг;

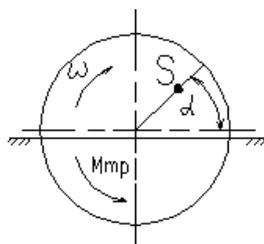


Рисунок 56. Ножи призмы

Балансируемый ротор плотно насаживается на вал – оправку, концы которого свободно устанавливаются на призмы. Ротор должен иметь собственную ось. При этом на тонкую цапфу необходимо установить выравнивающую втулку (если цапфы разные).

Установленному на призмах ротору придается небольшое вращение. Под действием сил тяжести, ротор установится в такое положение, когда его центр масс окажется снизу. С другой (противоположной) стороны вдоль вертикальной оси надо добавить груз и добиться чтобы, в конце концов, ротор останавливался в безразличном положении за счет варьирования веса груза или расстояния его от оси.

Зная вес, грузика и расстояние установки его от оси вращения, подсчитывают так называемый статический дисбаланс:

$$G_{\text{рот}} \cdot r_s = G_{\text{гр}} \cdot r_{\text{гр}},$$

где  $G_{\text{рот}}$  – масса балансируемой детали и вала оправки;

$r_s$  – расстояние от оси вращения неуравновешенного ротора до центра масс;

$G_{\text{гр}}$  – масса грузика;

$r_{\text{гр}}$  – расстояние от оси вращения ротора до центра масс, прикрепленного к диску ротора грузика.

Заканчивают балансировку пайкой груза. Массу противовеса рассчитывают по уравнению:

$$G_{\text{пр}} = G_{\text{гр}} \cdot \frac{r_{\text{гр}}}{r_{\text{пр}}},$$

где  $r_{\text{пр}}$  – радиус противовеса, величина которого, определяется конструктивным удобством установки противовеса с облегченной стороны ротора.

Часто вместо груза высверливают часть металла на оси со стороны утяжеленной части ротора. Количество высверливаемого материала при сквозном сверлении диска ротора определяется расчетом диаметра сверла по формуле:

$$d = 2 \sqrt{\frac{G_{\text{пр}} \cdot r_{\text{пр}}}{\pi \cdot B \cdot l \cdot \rho}},$$

где  $B$  – толщина ротора в месте сверления;

$l$  – расстояние от центра вращения до геометрической оси ротора ;

$\rho$  – плотность материала диска ротора.

Следует помнить, что при таком способе ротор балансируется лишь приближенно так как перекатывание ротора по призмам будет происходить до тех пор пока момент от силы веса будет больше момента сопротивления кручению, где  $d$  – коэффициент сопротивления при качении. Приравнивая эти моменты, будем иметь:

$$G_{\text{рот}} \cdot r_s \cdot \cos \alpha = \delta \cdot G_{\text{рот}}$$

При  $\alpha = 0$  момент от силы тяжести ротора имеет наибольшее значение и при этом  $r_s = \delta$ . Отсюда следует, что если смещение центра тяжести не превышает величины коэффициента сопротивления при качении, то деталь теряет способность перемещаться на призмах. Таким образом, величина  $d$  определяет точность статической балансировки и характеризует чувствительность данной установки.

Так как коэффициент  $d$  для сталей равен 0,01 – 0,05 мм, то установить исходное смещение центра тяжести неуравновешенного ротора с помощью подобных установок можно, если оно больше 0,01 – 0,05 мм.

Более точно (с учётом трения качения) балансировка на призмах осуществляется следующим образом. Вначале добиваются безразличного положения оправки с ротором. Далее определяют остаточный дисбаланс из-за сил трения.

Окружность диска делят на 6 – 8 равных частей. У отмеченных делений на роторе, устанавливаемых поочерёдно в горизонтальной плоскости подвешивают различные грузки, одинаково удалённые от центра, до тех пор, пока ротор не начнёт вращаться на призмах. Вес этих грузиков наносится на диаграмму (рис.57).

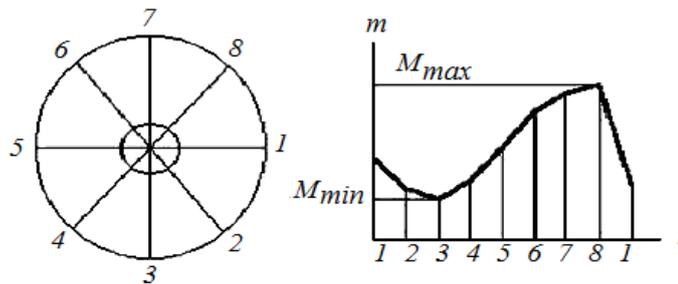


Рисунок 57. Диаграмма для определения места и величины дисбаланса

По кривой (для  $P_{\min}$ ) находят направление центра тяжести диска. Чтобы диск уравновесить, надо в противоположном месте ( $P_{\max}$ ) поставить корректирующий груз:

$$Q = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2},$$

где  $Q$  – величина корректирующего груза.

Величина фактического дисбаланса рабочего колеса находится по формуле:

$$Q = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2} \cdot r,$$

где  $r$  – радиус крепления уравнивающего груза.

Из диаграммы величины  $K$ , учитывающая влияние трения качения, будет равна:

$$K = P_{\min} + \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2},$$

Контроль качества статической балансировки включает в себя проверку правильности условий проведения балансировки и контроль остаточной неуравновешенности.

#### *Балансировка на дисках*

Процесс балансировки на дисковых установках (рис.58) производится так же, как и на призмах, но с большей точностью (за счет того, что диски снабжены шариковыми подшипниками, в результате чего сопротивление вращению доведено в них до минимума). Точность балансировки зависит от отношения  $d/D$ , где  $d$  – диаметр шейки ротора,  $D$  – диаметр дисков. Чем меньше это соотношение, тем выше точность балансировки. Однако при больших диаметрах дисков появляется опасность заклинивания цапф вала оправки в дисках.

$$\beta = \arctg 1/f,$$

где  $\beta$  – критический угол, при котором вал может заклинить;

$f$  – коэффициент трения скольжения цапф вала по диску.

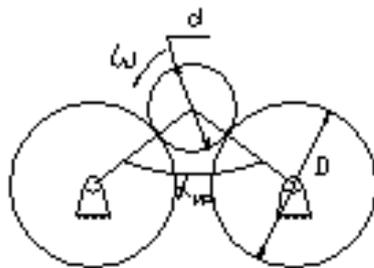
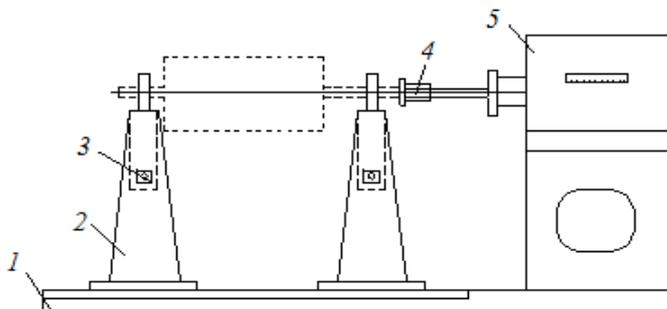


Рисунок 58. Схема балансировки на дисках

Для стали  $f = 0,15$ , тогда  $\alpha = 81^\circ$ . Во избежание заклинивания диски иногда делают разного диаметра.

*Динамическая балансировка*

Проводится на балансировочных станках (рис. 59) при значениях  $n <$  рабочей частоты вращения или в собственных опорах ротора при рабочих значениях  $n$ . Балансировочный станок имеет станину, привод и опоры с люльками, которые могут колебаться в направлении перпендикулярном оси балансируемой детали. К люльке присоединяется датчик колебаний. Датчик имеет вибрирующий виброщуп, упирающийся в люльку. Применение находят индукционные пьезоэлектрические, тензометрические, а также оптические методы.



1 – станина; 2 – стойка; 3 – датчик; 4 – шарнирная муфта; 5 – шпиндельная бабка (здесь же привод, пульт управления и измерительные приборы).

Рисунок 59. Балансировочный станок С03 – 01

Балансировка осуществляется при частоте вращения 700 об/мин. Станины имеют направляющие для перемещения стоек на нужную ширину. Датчик представляет собой неподвижную катушку и подвижный постоянный магнит на плоских пружинах.

*Балансировка способом максимальных отметок*

Балансировка в собственных опорах проводится, как выше уже было сказано, при рабочей частоте вращения. Для этого у подшипниковых опор выбирают открытые участки вала (длиной 50 – 60 мм), которые покрывают меловой краской. Затем по очереди балансируют левые и правые части вала.

Для определения прогиба к валу в горизонтальной плоскости подносят металлическую чертилку, которая нанесёт на меловую поверхность риску, указывающую направление прогиба вала. Несколько рядом расположенных рисок позволяют найти среднее направление, прогиба вала. Однако, оно не совпадает с направлением центробежной силы, а отстаёт на  $14 - 45^\circ$  в зависимости от частоты вращения. Поэтому при закреплении уравнивающих грузов это отставание учитывается. Балансировка считается удовлетворительной, если длина диска приближается к длине окружности шейки вала, то есть риска приближается к круговой. То же самое делается со второй шейкой вала, но при этом частично нарушается балансировка на первой половине и её надо вновь балансировать. Последовательно балансируя несколько раз обе половины вала добиваются получения рисок близких к круговым. После чего крепят груз. Качество динамической балансировки оценивается с помощью коэффициента уравновешенности

$$k = \frac{P}{Q_P},$$

где  $P$  – динамическая нагрузка на подшипник из-за неуравновешенных центробежных сил;

$Q_P$  – статическая нагрузка от веса ротора.

Если то есть  $k > 1$ , то возникают периодические удары цапфы о подшипник с амплитудой (зазор в подшипнике). Такой режим недопустим. При ремонте  $k$  должно быть  $0,01 - 0,1$ . Принципиальная схема динамической балансировки на балансировочном станке (рис.60) заключается в последовательном уравнивании двух (для длинных валов трех) плоскостей балансировки (в качестве плоскости балансировки удобнее всего выбирать торцевые поверхности ротора). С этой целью одна опора закрепляется неподвижно, а другая совершает колебания вместе с колебаниями балансируемой детали.

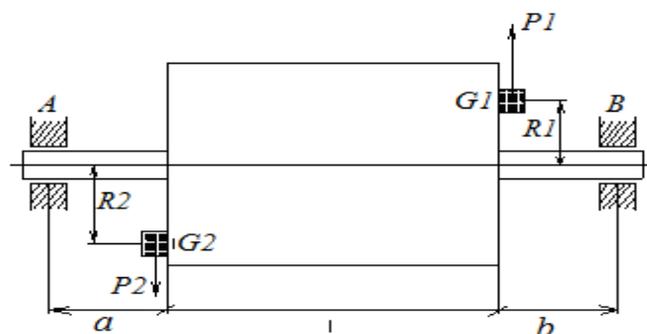


Рисунок 60. Схема неуравновешенности от пары сил

Например, при закреплении левой опоры колебания правой будут вызываться силами:

$$P_1 = \frac{G_1}{g} \cdot R_1 \cdot \omega^2 ; \quad P_2 = \frac{G_2}{g} \cdot R_2 \cdot \omega^2 .$$

При этом воздействие силы  $P_1$  на правую опору будет значительным, а воздействие силы  $P_2$  (как более удаленной от этой опоры) слабым, однако при балансировке правой опоры сила  $P_2$  тоже частично учитывается.

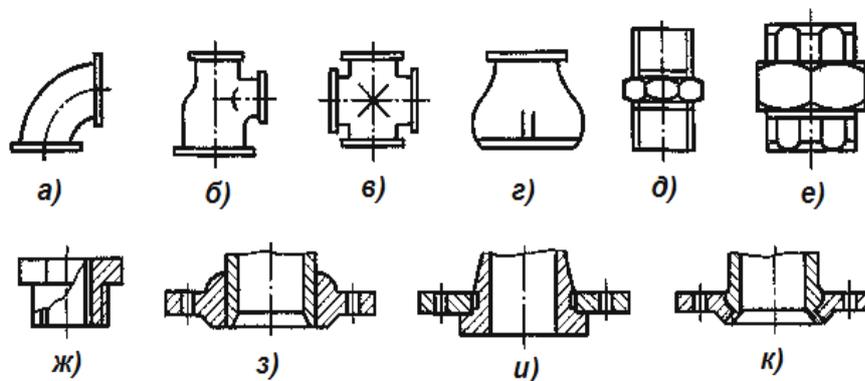
При закреплении опоры колебания левой будут вызываться главным образом силой  $P_2$  и в меньшей степени силой  $P_1$ . При балансировке левой плоскости в основном устраняется влияние на вибрацию силы  $P_2$ , что приводит к незначительному дисбалансу правой опоры. Поэтому процесс динамической балансировки заключается в последовательной балансировке обеих опор до необходимого остаточного дисбаланса.

### 1.7 Трубопроводные системы и их сборка

Различают трубопроводы высокого и низкого давления. Для всех видов трубопроводов общим требованием является чистота проходного отверстия, полная непроницаемость, долговечность и простота обслуживания.

В зависимости от назначения трубопроводной системы используют чугунные, стальные, медные, латунные и алюминиевые трубы. Наиболее распространено применение стальных труб. В зависимости от способа изготовления различают цельнотянутые (бесшовные) и сварные трубы.

Соединения трубопроводов могут быть неподвижными разъемными и неподвижными неразъемными (однако в некоторых случаях используют подвижное соединение элементов трубопроводов). К неподвижным разъемным соединениям относятся соединения на резьбе, выполняемые с помощью фитингов (рис. 61, *а...ж*) и фланцев (рис. 61, *з...к*), а к неподвижным неразъемным — соединения, выполняемые сваркой, развальцовкой, отбортовкой и развальцовкой.



*а* – угольник; *б* – тройник; *в* – крестовый переходник;  
*г* – переходная муфта; *д, е* – контргайки; *ж* – футорка;  
*з...к* – соединения с фланцем напрессовкой и отбортовкой

Рисунок 61. Фитинги и фланцы трубных соединений

Трубопроводная арматура предназначена для включения, отключения и регулирования потока пара, газа или жидкости. В зависимости от назначения различают следующие виды трубопроводной арматуры:

- запорная, предназначенная для включения или отключения потока пара, жидкости или газа (краны, вентили, задвижки);
- предохранительная, служащая для защиты трубопроводов в случае опасного повышения давления (клапаны);
- регулирующая давление и количество подаваемой жидкости или газа;
- указатели уровня жидкости.

#### *Сборка трубопроводных систем*

Все операции, выполняемые при сборке трубопроводов, могут быть разделены на заготовительные и сборочные. К заготовительным операциям относятся разметка, отрезка, очистка, гибка труб, отбортовка, развальцовка, сварка и сборка деталей в сборочные единицы, проверка и контроль по размерам, форме и внешнему виду, гидравлические испытания и маркировка. Наиболее сложной и трудоемкой операцией является гибка труб, которая может производиться вручную и механическим способом, с наполнителем или без него. Наиболее важным является правильный выбор радиуса гибки, так как он оказывает существенное влияние на работу трубопровода. Радиус гибки выбирают в зависимости от диаметра трубы и толщины ее стенок. Для механизации процесса гибки применяют трубогибочные станки с электрическим, пневматическим или гидравлическим приводом.

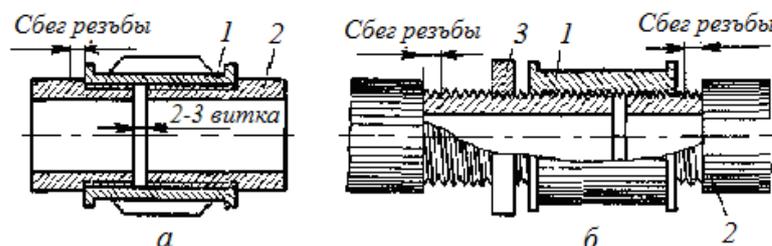
#### *Сборочные операции*

В зависимости от назначения трубопроводных систем различаются технологические процессы их сборки. Сборка на фитингах – фасонных соединительных деталях, конструкции которых стандартизованы, позволяет соединять трубы под разными углами, выполнять ответвления, переходить с одного диаметра на другой и т. п. Прочность и надежность соединения на фитингах обеспечивается его соответствующей затяжкой, при которой нитки резьбы собираемых деталей плотно прижимаются друг к другу. Герметичность соединения достигается за счет смазывания резьбовой части соединяемых деталей перед сборкой свинцовым суриком или белилами. Более надежно герметизацию обеспечивает использование льняной или пеньковой подмотки с суриковой подмазкой. Магистральные трубы соединяют с помощью прямых соединительных муфт; на наружной поверхности муфты имеются ребра, для захватывания ее трубным ключом. Трубы могут иметь короткую и длинную резьбу.

При сборке с короткой резьбой (рис. 62, а) на конце трубы 2 нарезается резьба такой длины, чтобы она была на два-три витка меньше половины длины соединительной муфты 1. Сбег в конце резьбы при сборке заклинивает муфту, что обеспечивает плотность соединения. Соединение труб с короткой резьбой применяют только для неразъемных трубопроводов, так как после сборки такие соединения разъединить невозможно. Если по условиям работы трубопровод-

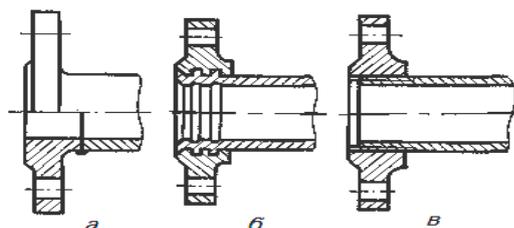
ную систему необходимо разбирать в процессе эксплуатации, применяют соединения, называемые соединениями на сгоне (рис. 62, б). В этом случае одна из соединяемых труб имеет короткую резьбу, а другая – длинную. Участок трубы с длинной резьбой называют сгоном. Длину его выбирают таким образом, чтобы на нем уместилась муфта и гайка и остался участок резьбы не менее чем с двумя нитками. Последовательность сборки труб на сгоне следующая:

- контргайку 3 и муфту 1 навинчивают на длинную резьбу без уплотнения и без подмазки суриком или белилами;
- короткую резьбу уплотняют и промазывают суриком или белилами;
- муфту 1 свинчивают с длинной резьбы и наворачивают на короткую до упора в ее сбег;
- жгутик льняной пряжи, пропитанной суриком, устанавливают на длинной резьбе между муфтой 1 и контргайкой 3; затягивают контргайку 3.

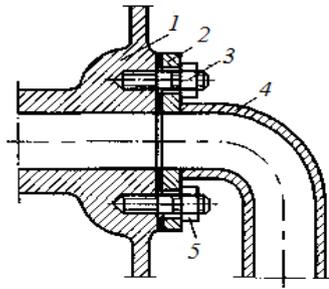


*a* – с короткой резьбой; *б* – на сгоне  
 1 – муфта, 2 – труба, 3 – контргайка  
 Рисунок 62. Соединение труб на сгонах

При сборке на фланцах, последние прикрепляют к трубам сваркой (рис. 63, *a*), развальцовкой (рис. 63, *б*) или на резьбе (рис. 63, *в*). Соединение развальцовкой осуществляют следующим образом. После того как фланец будет надет на конец трубы, специальным инструментом – вальцовкой – нажимают изнутри на стенку трубы, вдавливая ее в канавки фланца. Между фланцами устанавливают прокладки, соединяют фланцы болтами или шпильками (рис. 64). Основной сложностью при сборке труб на фланцах является обеспечение соосности соединяемых трубопроводов и параллельности торцевых поверхностей фланцев соединения.



*a* – сваркой; *б* – развальцовкой; *в* – на резьбе  
 Рисунок 63. Соединения труб с фланцами



1 – корпус; 2 – фланец; 3 – шпилька; 4 – труба; 5 – гайка  
Рисунок 64. Соединение труб на фланцах

### *Испытание собранного трубопровода*

Трубопроводы после сборки проверяют на прочность и плотность. При испытании наполняют трубопровод водой и отмечают те места, в которых наблюдается утечка. Затем воду выпускают и уплотняют отмеченные места.

При гидравлических испытаниях трубопровода проверяют прочность всех элементов и герметичность соединений под давлением, предусмотренным техническими условиями.

## **1.8 Монтаж технологического оборудования**

### **1.8.1 Монтаж ленточных конвейеров и питателей**

Ленточные конвейеры относятся к подъемно – транспортным механизмам непрерывного действия. Благодаря простоте конструкции, значительному диапазону скоростей (0,1 ч 4 м/с), спокойному ходу, надежности в работе и удобному обслуживанию ленточные конвейеры получили широкое распространение для транспортировки угля, кокса, породы и других материалов.

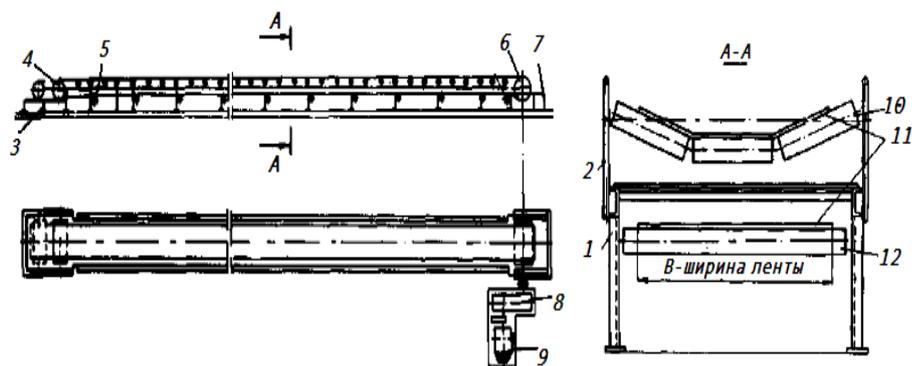
Наиболее часто применяют стационарные ленточные конвейеры, которыми уголь, кокс и другие материалы транспортируют из одного отделения (цеха) в другое. Для загрузки нескольких бункеров, расположенных в один ряд, применяют передвижные ленточные конвейеры.

Они отличаются от стационарных тем, что устанавливаются на колесах и передвигаются по рельсовому пути, уложенному по верху бункеров. Ленточные питатели устанавливают под бункерами для равномерной выдачи из них на конвейеры различных продуктов.

Питатели являются разновидностью ленточных транспортеров с горизонтальным (в поперечном разрезе) расположением ленты только с винтовой натяжкой и малой скоростью ее движения (0,1ч 0,4 м/с) .

Стационарный ленточный конвейер (рис. 65) состоит из следующих основных частей: металлической опорной конструкции (станины), приводной станции с приводным барабаном, редуктором и электродвигателем, натяжной станции с натяжным хвостовым барабаном и натяжным устройством,

поддерживающих роликов на рабочей и хвостовой ветвях ленты, отклоняющих барабанов, гибкого тягового органа, выполненного в виде бесконечной ленты.



- 1 – станина; 2 – ограждение; 3 – металлоконструкция натяжной станции;  
 4 – натяжной барабан; 5 – барабаны отклоняющие; 6 – приводной барабан;  
 7 – металлоконструкция приводной станции; 8 – редуктор;  
 9 – электродвигатель; 10 – роlikопора желобчатая с роликами; 11 – лента  
 прорезиненная; 12 – роlikопора прямая холостой ветви с роликами

Рисунок 65. Конвейер ленточный стационарный

При разработке и согласовании проектов производства работ с генподрядчиком следует предусмотреть проемы для подачи оборудования конвейеров с использованием предусмотренных проектом грузоподъемных механизмов, а также кранов генподрядчика.

При приемке под монтаж фундаментом натяжных и приводных станций, а также закладных перекрытия галерей под промежуточные секции необходимо и первую очередь проверить фактическую привязку осей фундаментов к осям перегрузочных станций и галерей. Кроме того, нужно проверить соответствие выполненных фундаментов поступившему оборудованию, так как довольно часто габариты поставленного оборудования отличаются от предусмотренных проектом.

До начала, монтажа конвейеров должны быть смонтированы монорельсы (подкрановые пути) над приводными и натяжными станциями и сданы по актам технической готовности. На эти монорельсы устанавливают и используют при монтаже приводных и натяжных станций предусмотренные проектом грузоподъемные механизмы. Нужно обратить внимание на то, чтобы были надежно перекрыты или ограждены проемы в перекрытиях перегрузочных станций и галерей. При производстве работ следует ежедневно проверять состояние этих перекрытий и ограждений.

Перед монтажом конвейера необходимо выполнить ряд подготовительных работ. Кроме проверки комплектности оборудования, соответствия его проекту и выявления возможных дефектов наружным осмотром пропорции правильность расточки муфт для соединения редуктора с барабаном и электродвигателем, наличие футеровки резиной барабанов (в первую очередь

приводных), а также соответствие марки электродвигателя среде, в которой он будет работать.

В условиях мастерских агрегируют привод конвейера на раме, изготовленной с учетом размеров поступившего оборудования (редуктора и электродвигателя). Также в мастерских необходимо изготовить секции стола (станины) конвейера, установить и закрепить на их желобчатые (верхние) роlikоопоры. Нижние роlikоопоры устанавливаются на монтаже, однако отверстия для их крепления выполняют в мастерских. Это связано с тем, чтобы при подаче секций в галереи и их перемещении роlikоопоры не мешали. Длина секций должна соответствовать конкретным условиям. Наиболее приемлемая длина – не более 6 м, так как обычно такую длину имеет поставляемый прокат (швеллер) для их изготовления. Кроме того, длина проемов для подачи секций соответствует длине стандартных железобетонных плит покрытия (6 м), которые временно не устанавливаются по согласованному с генподрядчиком ППР. Для удобства монтажа секции должны быть взаимозаменяемыми: при перемене секций местами или при их развороте на  $180^\circ$  расстояние между роlikоопорами в месте соединения (стыка) секций должно быть равным проектному.

Оборудование конвейеров вывозят в монтаж, как правило, автотранспортом. Оборудование приводной станции (приводной и отводной барабаны, сегрегированный привод, металлоконструкции под барабаны) и натяжной станции (натяжной и отводной барабаны, натяжное устройство, металлоконструкции натяжной станции) подают в перегрузочные станции через проектные монтажные проемы с помощью кранов, проектных грузоподъемных механизмов или монтажных электрических лебедок. Промежуточные секции наиболее целесообразно подавать через проемы в крыше галерей, а затем перемещать их к месту установки по галерее с помощью электролебедки. После подачи оборудования к месту монтажа натягивают продольную ось конвейера и ось приводного барабана. При монтаже конвейеров большой длины на металлоконструкции галерей (на специально приваренные к ним скобы) наносят с помощью теодолита риски, совпадающие с продольной осью конвейера, и высотные отметки, по которым и выверяют промежуточные секции конвейера. Монтаж приводной станции начинают с установки металлоконструкции рамы под приводной барабан. После предварительной выверки по осям и высотным отметкам стойки рамы временно крепят электроприхваткой к закладным перекрытиям. До установки приводного барабана необходимо смонтировать нижнюю часть точки и прикрепить ее к стойкам рамы или к перекрытию. Затем на раму устанавливают приводной барабан и производят его выверку, для чего используют уровень (горизонтальная установка) и отвес (установка по оси конвейера и проверки перпендикулярности оси барабана к оси конвейера). После выверки приводного барабана металлоконструкции рамы окончательно крепят (приваривают) к закладным согласно проекту, а установленный на фундамент привод (редуктор с

электродвигателем на раме) прицентровывают к приводному барабану. Для этого полумуфту на валу редуктора центрируют с полумуфтой на валу барабана. Замеры при центровке выполняют с помощью скоб или индикаторов. Центровку ведут домкратами (реечными, клиновыми) и клиньями. Допускаемое отклонение при центровке зависит от скорости вращения соединяемых валов и конструкции муфт (рис. 66).

По окончании этой операции раму привода временно раскрепляют, устанавливают анкерные болты и выполняют подливку приводной станции. После схватывания бетона подливки еще раз проверяют центровку соединений и выполняют обтяжку гаек анкерных болтов крепления рамы привода.

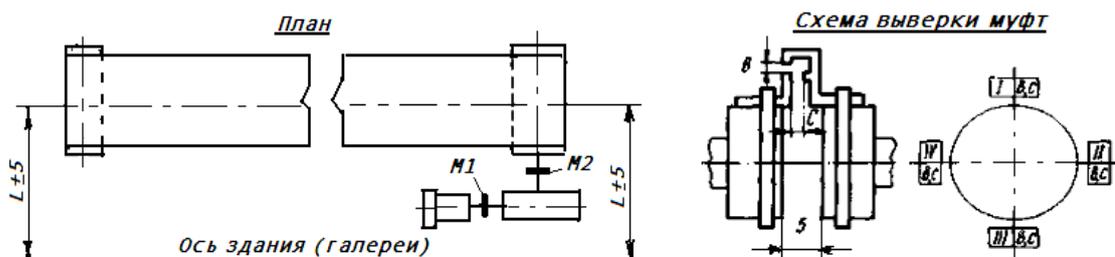


Таблица замеров при выверке муфт

Муфты			M1	M2
Полуразность замеров «В», мм	I и III положения	допуск	0,2	0,4
	II и IV положения	допуск	0,2	0,4
Муфты			M1	M2
Разность замеров «С», мм	I и III положения	допуск	0,1	0,2
	II и IV положения	допуск	0,1	0,2

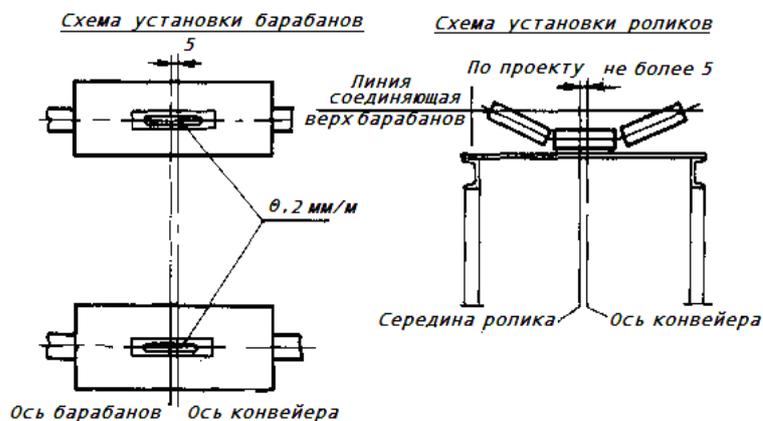


Рисунок 66. Формуляр на ленточный конвейер

Опробование приводной станции нужно, как правило, проводить до натяжки ленты, предварительно выполнив ревизию подшипников приводного барабана и редуктора, залив в него масло согласно паспорту. Проверка и ревизия электродвигателя должна быть выполнена заказчиком до подачи его в монтаж.

Параллельно с монтажом приводной станции ведут установку металлоконструкций промежуточных секций (станины). Их выверку осуществляют при помощи отвесов и уровня от натянутой продольной оси и вынесенных ранее высотных отметок. Следом за выверкой крепят стойки станины к закладным в перекрытии. После выверки и закрепления станины в верхние роlikоопоры устанавливают ролики, крепят нижние роlikоопоры, в которые также устанавливают ролики. Монтаж натяжной станции выполняют одновременно. Поскольку транспортная лента в процессе работы вытягивается, барабан натяжной станции необходимо устанавливать в крайнее положение, соответствующее наименьшей длине конвейера.

К натяжке ленты следует приступить только после окончания всех строительных и монтажных работ (особенно электросварочных), так как транспортная лента довольно легко воспламеняется, а тушение ее крайне затруднительно. Рулоны ленты подвозят к тем местам у перегрузочных станций, где предусмотрены специальные проемы для ее подачи. Подачу выполняют по ППР, как правило, с помощью электролебедок и троса. Ленту протягивают по роlikоопорам через приводной и натяжной барабаны. Концы ее стягивают при помощи рычажных лебедок, а для удобства их разделки и вулканизации стык располагают на верхней ветви конвейера.

Перед затяжкой ленты нужно разъединить муфту с приводным барабаном и редуктором, чтобы барабан свободно проворачивался во время протягивания ленты. Кроме того, необходимо, чтобы после затяжки рабочая поверхность ленты при работе конвейера несла на себе транспортируемый материал. Рабочей стороной (поверхностью) ленты считается сторона, защищенная большим по размеру (по толщине) слоем резины.

Так как транспортная лента поставляется в бухтах (рулонах) длиной 50ч70 м, а на большинство конвейеров требуется лента большей длины, то до подачи в монтаж необходимо в специальной мастерской выполнить вулканизацию всех промежуточных стыков, чтобы после натяжки ленты нужно было завулканизировать лишь один монтажный стык.

Стык разделяют ступеньками. Ступенчатую поверхность ленты обрабатывают наждачной бумагой или шлифовальной машинкой, после чего поверхность стыка тщательно очищают, протирают тряпкой, смоченной в бензине, и просушивают. Затем место склейки смазывают клеем **3 ч 4 раза** и концы ленты соединяют между собой. Вулканизацию стыка осуществляют, как правило, в электрическом вулканизационном аппарате. Он состоит из нескольких электроплит, двух или нескольких траверс для сжатия стыка, трансформатора для питания электронагревательных элементов, вмонтирован-

ных в плиты. Стык ленты, подготовленный к вулканизации, помещают между плитами, стягивают траверсами и включают электрический ток для нагревания плит. Температура плит при этом должна достигать 140-160°C. Когда плиты полностью не перекрывают стык, вулканизацию производят в два или больше приемов. После окончания вулканизации снимают винты и временные траверсы, удерживающие концы ленты. Перед опробованием конвейера устанавливают аварийное отключение, а также датчики скорости и наличия материала на ленте, удаляют все посторонние предметы с конвейера и особенно с обеих ветвей ленты.

Перед включением привода по длине конвейера расставляют проинструктированных наблюдателей. По команде руководителя опробования производят кратковременное включение привода. При этом должны быть выявлены дефекты (особенно места сбегания ленты), а после отключения электроэнергии (разборки схемы) их устраняют. Затем снова, в том же порядке проводят вторичное опробование.

Если не будет выявлено новых дефектов, прокручивают конвейер в течение 4 ч. При этом обязательно проверяют аварийное отключение конвейера. Без надежной его работы всякое опробование категорически запрещается. После 4-часового испытания устраняют выявленные недостатки, и конвейер передается заказчику под комплексное опробование.

Порядок монтажа, опробования и регулирования ленточных питателей такой же, как и при монтаже стационарных ленточных конвейеров.

Особое внимание нужно обратить на правильную установку роликов, по которым движется рабочая ветвь ленты.

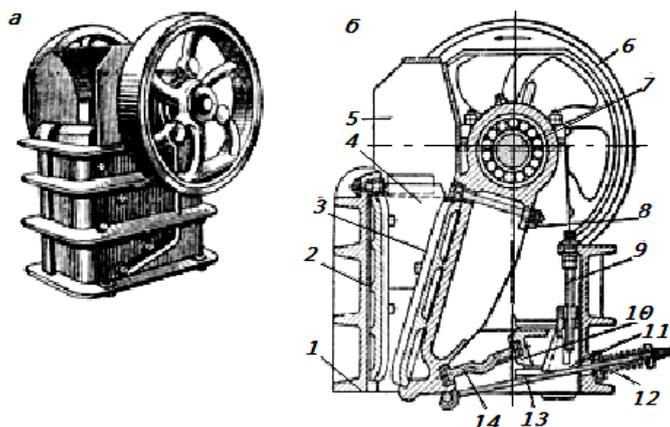
Ось роликов должна быть строго перпендикулярна продольной оси питателя, так как в конструкции ленточных питателей не предусмотрены самоцентрирующие роликоопоры и регулировку ленты выполняют только перемещением роликоопор вручную.

## 1.8.2 Монтаж дробильно – размольного оборудования

Для дробления и измельчения рудного сырья применяются щековые, валковые, ударные, конусные и др. дробилки.

### 1.8.2.1 Щековые дробилки

Дробилки для среднего дробления (рис. 67) поступают с завода-изготовителя на место эксплуатации в собранном виде и их следует лишь установить на бетонном фундаменте или на раме из деревянных брусьев. Перед установкой дробилку необходимо тщательно осмотреть и выявить возможные повреждения, возникающие при транспортировании машины.



*a* – общий вид; *б* – разрез

1 – станина; 2 – неподвижная дробящая плита; 3 – дробящая плита с подвижной щекой; 4 – боковая футеровка; 5 – защитный кожух; 6 – маховики; 7 – эксцентриковый вал; 8 – подвижная щека; 9 – регулировочный винт; 10 – передний (упорный) клин регулировочного устройства; 11 – задний (регулируемый) клин; 12 – замыкающая пружина; 13 – тяга; 14 – распорная плита

Рисунок 67. Щековая дробилка СМ –182Б

Чтобы уменьшить колебания, возникающие при работе машины, между станиной и бетонным фундаментом укладывают подушку из деревянных брусьев. Устанавливать дробилку нужно по уровню, который кладут на обработанную поверхность, например маховика или шкива.

Глубину заложения фундамента выбирают в зависимости от характера грунта, но не менее 1,5 м. Под дробилкой устраивают приямок для конвейера, транспортирующего щебень после дробления.

Двигатель дробилки целесообразно устанавливать в отдельном помещении, защищенном от пыли, образующейся при дроблении, и на отдельном фундаменте на салазках. Установка двигателя на салазках позволяет по мере необходимости регулировать натяжение приводных ремней.

В процессе установки необходимо проверять положение машины в продольном и поперечном направлениях, обеспечивая ее горизонтальное положение. Также горизонтально должен быть расположен эксцентриковый вал.

Устанавливая щековую дробилку, необходимо следить за тем, чтобы тыльная часть неподвижной щеки плотно прилегала к постели станины.

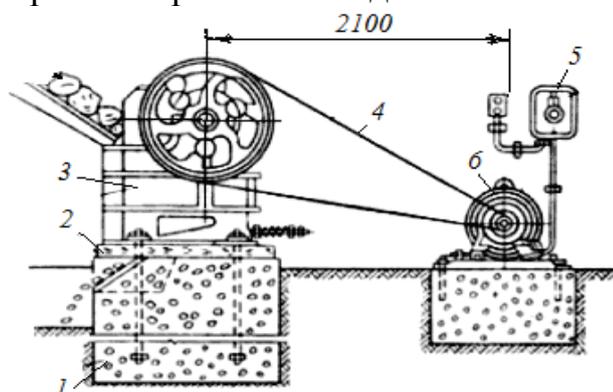
После окончания установки дробилки над ее зевом крепят защитный козырек и монтируют загрузочную площадку, которая должна быть на высоте не менее 0,5 м от уровня зева дробилки. Мелкая часть продуктов дробления отсеивается колосниковым грохотом, который монтируют с уклоном  $40 - 50^\circ$  в сторону зева. Лотки, воронки и каналы для отвода дробленого щебня необходимо устанавливать с уклоном не менее  $45^\circ$ .

Дробилки для крупного дробления поступают на место эксплуатации в разобранном виде. Их монтируют на железобетонном фундаменте.

При устройстве фундамента следует предусмотреть проем для установки конвейера, принимающего готовую продукцию. Стенки разгрузочного проема должны иметь стальную футеровку, толщина листов 20 – 40 мм.

Монтаж щековой дробилки СМ – 182Б (рис. 67, 68), поступившей в разобранном виде, начинают с установки нижней рамы на предварительно поставленные анкерные болты и выверки ее.

Перед установкой нижней рамы тщательно очищают поверхность фундамента для лучшего сцепления с ней выравнивающего слоя. Нижнюю часть рамы выравнивают с помощью металлических подкладок, клиньев или клиновых домкратов с точностью 0,1 мм на 1 м.п. продольном и поперечном направлениях. Положение станины проверяют по осевым рискам, нанесенным на фундаменте, горизонтальность ее – по уровню. При выверке следует ориентироваться на верхние обработанные детали.

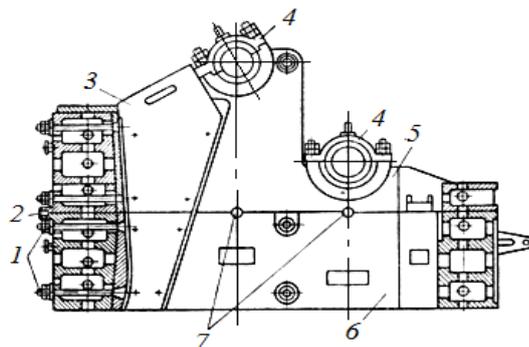


1 – фундамент; 2 – деревянный брус; 3 – щековая дробилка;  
4 – приводной ремень; 5 – щиток управления; 6 – электродвигатель

Рисунок 68. Схема установки щековой дробилки

Если станина дробилки состоит из отдельных элементов, то ее предварительно собирают на фундаменте. Так, например, верхнюю часть

станины с нижней частью дробилки С– 888 (рис. 69) собирают на установочных валиках и штифтах. Болты для соединения этих частей предварительно нагревают до температуры 100–120°С.



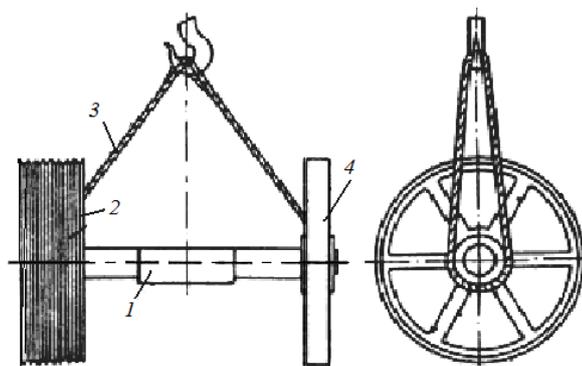
- 1 – болты для крепления неподвижных дробящих плит; 2 – штифт;  
 3 – футеровка; 4 – подшипники; 5 – верхняя часть станины;  
 6 – нижняя часть станины; 7 – установочные валики

Рисунок 69. Схема станины щековой дробилки С – 888

После сборки и выверки рамы (станины) затягивают гайки фундаментных болтов. Пространство, оставшееся между поверхностью фундамента и станией, заливают цементным раствором так, чтобы станина была утоплена в нем на 20 – 30 мм. Когда цементный раствор затвердеет, переходят к Установке на место дробящих и боковых защитных плит, а затем подвижной щеки.

Подвижную щеку стропят за болты, расположенные в ее верхней части, и устанавливают вместе с осью. Если подвижная щека поступает на площадку в собранном виде, то до установки ее в дробилку проверяют затяжку болтов и клинового крепления плит. Если же подвижная щека была доставлена в разобранном виде, то ее собирают в соответствии с узловыми чертежами и после этого устанавливают в дробилку. Далее по краске проверяют прилегание шеек оси подвижной щеки к вкладышам. Для этого производят несколько качаний щеки. Зазоры между шейками оси и верхними вкладышами проверяют по свинцовым оттискам. Зазор между цапфами оси и верхними вкладышами подшипников должен составлять 0,002 – 0,0025 диаметра шейки оси.

Для удобства дальнейшего монтажа подвижную щеку целесообразно подтянуть к неподвижной щеке и надежно закрепить ее в этом положении. Иногда подвижную щеку монтируют после укладки главного вала в подшипники. Перед тем как приступить к укладке вала в подшипники необходимо произвести укрупнительную сборку главного вала с шатуном, предварительно проверив с помощью краски равномерность прилегания вкладышей подшипников шатуна к эксцентриковому валу, а с помощью свинцовых оттисков – зазор между эксцентриком и нижним вкладышем шатуна. Укрупнительную сборку коленчатого вала с шатуном производят на шпальной клетке при помощи мостового крана или другого грузоподъемного механизма (рис. 70).

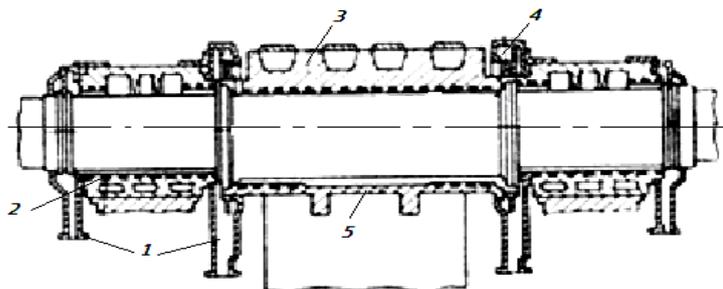


1 – вал; 2 – шкив; 3 – канат; 4 – маховик

Рисунок 70. Подвеска вала – эксцентрика с маховиком и шкивом к крюку крана

Закончив укрупнительную сборку, главный вал вместе с маховиками и шатуном при помощи крана укладывают в подшипники. Строповку производят либо за необработанные части вала, либо за маховики. Зазор между шейками вала и верхним вкладышем подшипников должен быть в пределах 0,001 – 0,0014 диаметра шейки вала, а зазор между галтелями вала и вкладышем (проверяют щупом) – в пределах 1 – 2 мм.

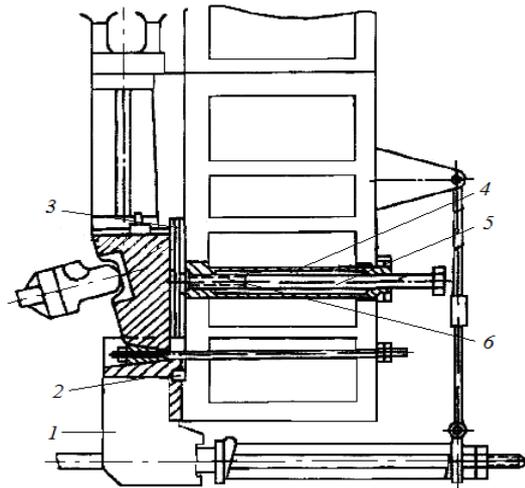
Собранный вал выверяют по уровню, устанавливаемому поочередно на обе шейки вала. На торцевых поверхностях корпуса и крышки подшипника шатуна (рис. 71) устанавливают разъемные патрубки. Нижние части маслосборников с прокладками, смазанные густой смазкой, закрепляют на торцах вкладышей подшипников вала.



1 – маслосборники; 2 – прокладка; 3 – шатун;  
4 – патрубок; 5 – корпус

Рисунок 71. Установка главного вала дробилки С – 888

Задний упор распорной плиты рекомендуется монтировать в такой последовательности: кронштейны 1 (рис. 72) устанавливают на шпонках 2 и крепят болтами 3. Головки болтов попарно контрят мягкой проволокой, концы проволоки закручивают. Обойму 5 перед установкой прочищают и обильно смазывают густой смазкой. При установке регулировочных винтов 6 между нажимной головкой винта и задним упором 4 следует выдерживать зазор не более 35 мм. Затем устанавливают распорные плиты и проверяют прилегание опорных поверхностей плит к сухарям.



1 – кронштейн; 2 – шпонка; 3 – болт; 4 – упор; 5 – подвеска; 6 – винт  
Рисунок 72. Подвеска заднего упора дробилки С–888

Первой между шатуном и подвижной щекой устанавливают распорную плиту. Чтобы распорная плита не выпадала, шатун подтягивают к подвижной щеке так, чтобы распорная плита была надежно зажата, и закрепляют ее в таком положении. После этого устанавливают распорную плиту между шатуном и регулировочным ползуном. В самом начале установки распорных плит ползун должен находиться в крайнем от шатуна положении. Затем ползун надвигают до тех пор, пока распорная плита не сядет на место. Если хода ползуна для этого не хватает, то, вращая вал за маховик, несколько приподнимают шатун. Затем устанавливают замыкающую тягу с пружиной и вращением регулировочного винта устанавливают необходимую ширину зазора. Крупность дробления регулируется изменением зазора между дробящими плитами.

Последним монтируют и выверяют привод дробилки. Параллельно с монтажом привода монтируют систему смазки и подачи воды для охлаждения подшипников вала и шатуна.

### 1.8.2.2 Валковые камнедробилки

Дробилки с диаметром валков до 600 мм заводы-изготовители поставляют в собранном виде, а более крупные, как правило, в виде двух сборочных узлов (рам). На одной из рам установлены валки с шестернями, на второй — зубчатая передача со шкивом. Отдельно в этом случае поступает двигатель.

После выверки фундамента и осмотра узлов приступают к монтажу, который начинают с установки станины. Дробилку собирают с помощью автомобильного или мостового крана. Пользуясь фундаментными клиньями или клиновыми домкратами, устанавливают станину дробилки на фундаменте.

Правильность установки станины проверяют по величине смещения ее относительно продольной или поперечной оси. Продольной разбивочной осью

является ось технологического потока, а поперечной – ось приводного вала или неподвижного валка. Основой для проверки принимают подшипники вала неподвижного валка. Дробилка должна быть установлена так, чтобы отвесы от продольной оси совпадали с серединой валков. При установке дробилки на фундамент необходимо оставлять между станиной и фундаментом зазор в 2 – 3 см для последующей подливки цементного раствора.

Закончив установку станины и затяжку крепежных болтов, можно переходить к укладке валов (вместе с валками) в подшипники, предварительно отодвинув подшипники в крайнее положение. Величина зазора между шейкой вала и верхним вкладышем подшипника не должна превышать 0,002—0,0025 диаметра шейки вала. Требуемый зазор между валками устанавливают путем передвижения подвижных подшипников. Затем проверяют, насколько параллельны валки при прижатом к упорам подшипников подвижном вале.

После установки и регулирования валков проверяют горизонтальность станины с помощью рамных уровней, установленных во взаимно перпендикулярных направлениях на шейке вала и обработанной поверхности станины. Сборку дробилки заканчивают установкой привода, приемной воронки, защитных кожухов и системы смазки.

### **1.8.2.3 Ударные дробилки**

Дробилки массой до 10 т поступают в собранном виде, а более крупные – отдельными сборочными узлами: нижняя часть корпуса, ротор, верхняя часть корпуса, электродвигатель. Если дробилку монтируют вне здания, то ее узлы устанавливают на фундаменте с помощью гусеничного или автомобильного крана соответствующей грузоподъемности. При монтаже машины в помещении для этой цели используют мостовой кран.

У молотковых дробилок перед сборкой надо отбалансировать вал с диском и проверить расстояние от осей молотков до оси вала, которое должно быть одинаковым. Монтажу предшествует осмотр узлов, очистка деталей, снятие покрытий, промывка трущихся деталей, проверка прилегания вкладышей к шейкам валов и смазка обработанных поверхностей.

Последовательность монтажа молотковых дробилок следующая: устанавливают корпус на фундамент; на торцах корпуса собирают колосниковые решетки и броневые листы, которые крепят винтами с потайными головками; устанавливают ротор вместе с навешенными молотками; насаживают шкив на вал и закрепляют его тангенциальными шпонками, которые предварительно должны быть хорошо подогнаны, плотно забиты, не могли сместиться, так как это приведет к задеванию за корпус подшипника.

В процессе монтажа ударных дробилок очень важна правильная установка отдельных сборочных узлов. В связи с этим необходима многократная выверка.

В частности, после установки нижней части корпуса дробилки необходимо выверить ее положение относительно двух перпендикулярных осей по высоте. Только после этого допускается установка анкерных болтов и заливка их бетоном.

После установки ротора с маховиком дробилку вторично выверяют относительно осей и по высотным отметкам, а также выверяют корпус и вал ротора, которые должны быть горизонтальными. Выверка корпуса относительно главных осей (направление осей намечают натянутыми над дробилкой взаимно перпендикулярными струнами) производится при помощи отвесов. Первые два отвеса опускают с торцов ротора вала, вторые два — с передней и задней сторон корпуса. Первые два отвеса должны совпадать с центрами вала, вторые два — с геометрической осью корпуса дробилки.

Для выверки дробилки по горизонталям два рамных уровня устанавливают во взаимно перпендикулярных направлениях — один на шейку вала ротора, второй — на поверхность разъема корпуса дробилки. Отклонения уровня ликвидируют, подбивая клинья в соответствующих местах. Когда вал ротора и корпус займут горизонтальное положение, анкерные болты частично затягивают. Затем снова проверяют положение корпуса и окончательно заливают корпус цементным раствором или бетоном.

#### **1.8.2.4 Конусные дробилки**

Дробилки для среднего дробления поступают на место эксплуатации чаще всего в собранном виде, и их необходимо лишь установить на бетонном фундаменте. Тяжелые машины монтируют из отдельных сборочных узлов на рабочем месте. Общие принципы сборки конусных дробилок заключаются в следующем. Наиболее тяжелыми узлами дробилки являются станина, дробящий конус и регулировочное кольцо, по массе которых должны быть выбраны грузоподъемные средства.

Дробилки должны быть снабжены специальными устройствами и приспособлениями для монтажа, поставляемыми вместе с дробилками. Для складирования дробящих конусов на монтажной площадке должны быть предусмотрены специальные стенды.

При монтаже базами дробилки на фундаменте являются:

- горизонтальные оси станины в плане, в том числе ось приводного вала и ведомого шкива;
- вертикальная ось корпуса дробилки;
- горизонтальная ось ведущего шкива;
- ось клиноременной передачи, перпендикулярная оси приводного вала.

Станину дробилки закрепляют на фундаменте четырьмя шпильками и анкерными плитами. Выверяют станину в горизонтальной плоскости уровнем по торцу центрального станка (черт. 3).

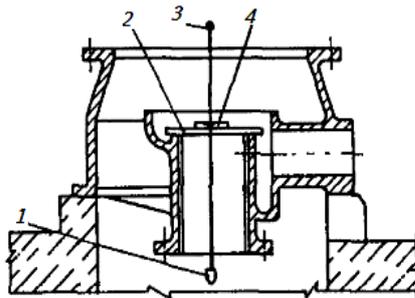
При установке станины зазор (мм) между подошвой станины (плиты) и фундаментом должен быть:

– для дробилок ККД – 500/75; ККД – 900/140; КРД-700/100 – 50...70;

– для дробилок ККД – 1200/150; ККД – 1500/180 – 80...100.

После выверки производят подливку станины.

Перед установкой эксцентрика в центральный стакан станины проверяют состояние внутренней поверхности втулки, крепление верхнего кольца эксцентрика к зубчатому колесу и прочищают на нем маслопроводящие пазы. При установке эксцентрика в нижнюю часть корпуса (черт. 73) следить, чтобы зубья колеса без удара вошли во впадины шестерни приводного вала, при этом радиальный зазор Б и зазор А должны соответствовать значениям, приведенным в СТп.

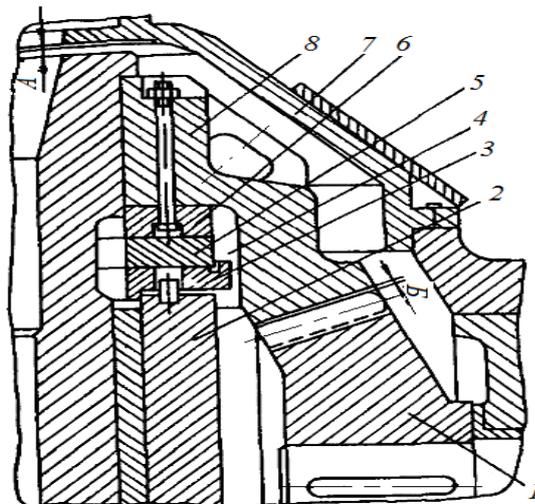


1 – отвес; 2 – поверочная линейка; 3 – струна; 4 – уровень

Рисунок 73. Схема выверки станины дробилки

При установке дробильной чаши, состоящей из двух колец, каждое кольцо отдельно футеруют и в собранном виде устанавливают в дробилку (рис.74).

Расклинку броней и заливку цементным раствором производить в соответствии с инструкцией предприятия – изготовителя.



1 – коническая шестерня; 2 – станина; 3 – регулировочная прокладка;

4 – нижнее кольцо; 5 – среднее кольцо; 6 – верхнее кольцо;

7 – патрубок уплотнения; 8 – зубчатое кольцо

Рисунок 74. Эксцентрик и зубчатая передача

При сборке колец корпуса дробильной чаши с коническими посадочными поверхностями затяжку фланцевых болтов производят равномерно по всему периметру, не допуская перекаса. Равномерность и правильность затяжки контролируют по зазору между фланцами. Допускаемая разность зазоров: для дробилки ККД – 500/75, ККД – 900/140, КРД – 700/100 – 2 мм; для дробилок ККД – 1200/150, ККД – 1500/180 – 3 мм.

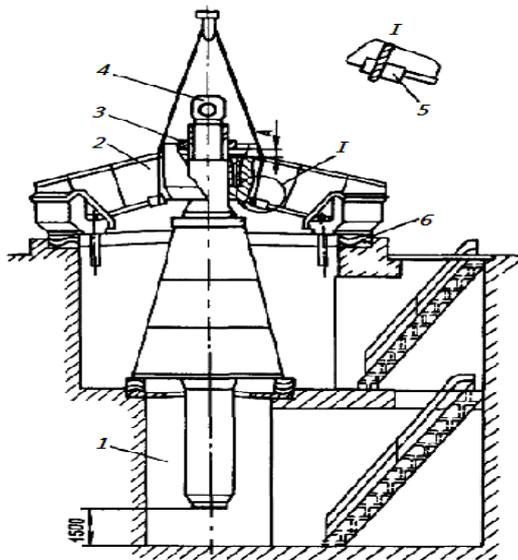
При сборке колец дробильной части, соединяемых по цилиндрическим посадочным поверхностям, по стыку фланцев устанавливают штифты. Гайки затягивают с помощью гидродомкратов, поставляемых с дробилкой или с помощью лебедки грузоподъемностью 3...5 т.

Дробящий конус можно устанавливать в дробилку вместе с траверсой или отдельно. Дробящий конус с траверсой собирают на специальном стенде (рис. 70). При опускании конуса в дробилку во избежание зависания конуса и повреждения узлов не допускается опирание сферической шайбы уплотнения на верхний торец патрубка уплотнения станины. Опорный подшипник траверсы обильно смазать, проверив поступление смазки от станции к конусной втулке.

В дробилках с гидравлическим регулированием щели смонтировать рельсовый путь для монтажа и демонтажа гидроцилиндра.

Гидравлический цилиндр можно монтировать вместе со станиной или отдельно. Монтаж гидроцилиндра производят с помощью рельсового пути, поставляемого комплектно с дробилкой. Перед монтажом состояние рабочих наружных поверхностей резинотканевых уплотнений проверяют визуально.

Гидроагрегат и смазочную установку поставляют потребителю в собранном виде. При монтаже пользуются соответствующими инструкциями и руководствами на это оборудование, входящими в комплект монтажной и эксплуатационной документации.



1 – дробящий конус; 2 – траверса; 3 – гайка подвеса, 4 – рым – болт; 5 – подкладка; 6 – деревянный брус; 7 – место установки подкладок

Рисунок 75. Дробящий конус с траверсой на стенде

### 1.8.2.5 Грохоты

Грохоты обычно поступают на место эксплуатации в собранном виде и здесь их необходимо лишь установить на фундаменте или подвесках. Опорная поверхность фундамента должна быть больше опорной поверхности машины, это создаст устойчивое положение машины на фундаменте.

Кроме статических нагрузок фундамент должен воспринять и погасить колебания, возникающие при работе машины. Фундаментом для грохотов может служить деревянная рама или бетонная плита. Грохот должен быть размещен на фундаменте без перекосов, так как в противном случае возможна неравномерная нагрузка подшипников и пружин. Грохот укрепляют на фундаменте болтами. Для амортизации между основанием рамы грохота и фундаментом необходимо прокладывать резиновые прокладки толщиной 40 мм. Крепление болтами рамы грохота должно быть прочным и надежным. В большинстве конструкций грохотов предусмотрена возможность либо их подвески, либо крепления на фундаменте. Так, например, в грохоте СМ – 653Б (рис. 98) в основании каждого амортизатора сделаны четыре отверстия под фундаментные болты М 20.

После установки или подвески грохота необходимо к нему подвести систему питания, установить пусковую аппаратуру и заземлить механизм.

### 1.8.2.6 Барабанные окомкователи

Это машины для окомкования материалов, их поставляют на место эксплуатации в собранном виде и их необходимо лишь правильно установить (рис. 76).

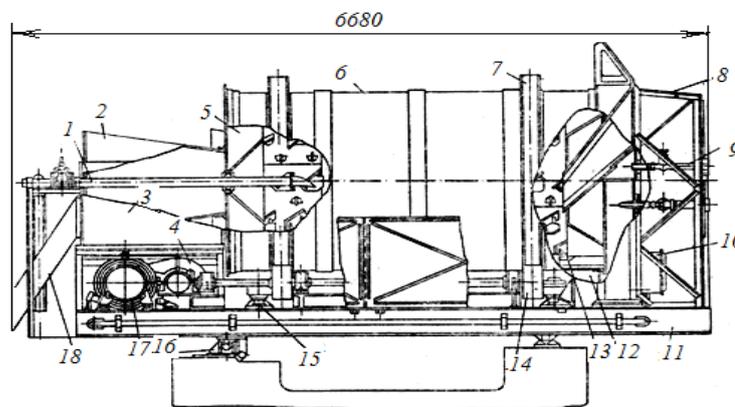


Рисунок 76. Барабанный окомкователь

Машины устанавливают на брусках или бревнах горизонтально или с небольшим уклоном в сторону выхода материала (разгрузки).

Прежде чем перейти к сборке установки необходимо выбрать ровную площадку. Агрегат первичного дробления устанавливают так, чтобы бункер

питателя находился вблизи склада материала, предназначенного для дробления. Желательно, чтобы агрегаты были установлены на 3,5 – 4 м ниже площадки склада материала. Если нет естественного возвышения, то необходимо предварительно построить эстакаду. Планируя место для установки агрегата первичного дробления, необходимо предусмотреть место для установки агрегата вторичного дробления с таким расчетом, чтобы к боковым конвейерам мог подъехать самосвал. После установки агрегата на место необходимо затормозить его колеса. Затем под заднюю часть рамы устанавливают домкраты, которые опирают на доски или подкладки, а переднюю часть рамы опирают на клетку из брусьев. Бункер питателя огораживают на расстояние не менее 2 м во избежание несчастного случая при падении камня через борт.

Агрегат грохочения и вторичного дробления устанавливают таким образом, чтобы его приемная воронка была расположена под концом конвейера агрегата первичного дробления. Затем необходимо поставить на место щитки левого бокового конвейера, перекладки поручней площадки оператора, съемную часть площадки и снять планку крепления грохота.

Закончив монтажные работы, проверяют и подтягивают все болтовые крепления, осматривают установку и смазывают узлы.

### **1.8.2.7 Монтаж размольного оборудования**

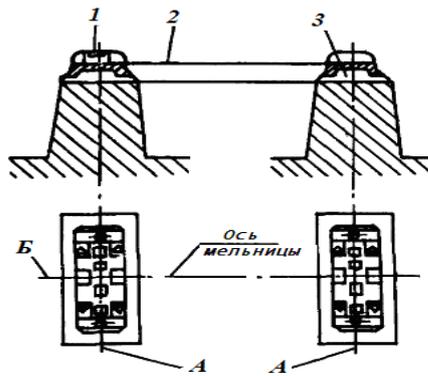
Монтаж мельниц производят в такой последовательности:

- фундаментные плиты подшипников;
- главные подшипники;
- барабан мельницы;
- узлы привода с электродвигателем;
- кожуха, ограждения;
- смазочное оборудование.

Выверку мельниц на фундаментах производят на стальных подкладках, которые остаются в качестве постоянных несущих опорных элементов после подливки, выверенного оборудования в соответствии с инструкциями предприятия – изготовителей.

Подшипниковые опоры мельниц монтируют в такой последовательности:

- устанавливают на клиновые или плоские подкладки фундаментные плиты (рис. 77);
- устанавливают корпуса подшипников;
- проверяют прилегания сферической поверхности корпуса подшипника к сферической поверхности опорной плиты и баббитовой поверхности вкладыша к цапфам барабана (при необходимости пришабривают).



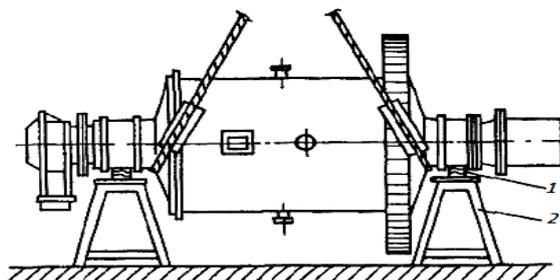
1 – уровень; 2 – плоскость верха плит; 3 – подливка

Рисунок 77. Схема установки и выверки фундаментных плит подшипников

Прилегание баббитовых поверхностей вкладышей к цапфам окончательно проверяют укладкой и поворачиванием барабана с помощью мостового крана. Прилегание поверхностей – не менее трех пятен контакта на площади 25x25 мм по дуге не менее 90°. После проверки правильности установки барабана мельницы крышки подшипников должны быть закрыты

При монтаже мельниц корпус "плавающего" коренного подшипника устанавливают так, чтобы обеспечить перемещение цапфы в пределах 15 мм для компенсации температурных воздействий. Радиально – упорный коренной подшипник устанавливают со стороны привода.

Барабан мельницы следует опускать на подшипники плавно, чтобы не повредить баббитовый слой. Барабан мельницы с торцевыми крышками следует собирать на козлах или шпальной выкладке (рис. 78). Барабан мельницы объемом 140 м<sup>3</sup> и выше собирают на месте установки.



1 – шпалы; 2 – козлы

Рисунок 78. Схема сборки барабана мельницы с торцевыми крышками

При строповке барабана цапфы подшипников необходимо предохранять от повреждения.

При сборке барабана с торцевыми крышками проверяют совпадение обозначений маркировки. Разъемы фланцев предварительно покрывают слоем сурика. Прецизионные болты должны быть плотно и равномерно затянуты.

До окончательной установки барабана мельницы на подшипники необходимо смонтировать и испытать на плотность систему водяного охлаждения подшипников, кроме мельниц мокрого измельчения.

При окончательной установке барабана на подшипники проверяют его горизонтальность по осям, повторно контролируют прилегание вкладышей подшипников к цапфам. После окончательной установки барабана крышки подшипников должны быть закрыты.

После выверки положения оси мельницы в вертикальной и горизонтальной плоскостях проверяют равномерность зазоров В и Г между торцевыми поверхностями баббитовой заливки вкладыша радиального подшипника и буртами шейки цапфы "плавающего" подшипникового узла (рис. 79). Разница между зазорами В и Г не более 3 мм.

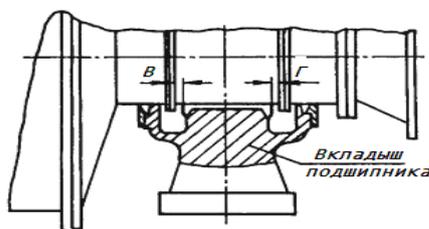


Рисунок 79. Схема выверка подшипника

Зацепление зубчатого венца и шестерни следует контролировать по ГОСТ 1643 – 81 "Передачи зубчатые цилиндрические". В горизонтальной плоскости зацепление регулируют путем перемещения корпуса приводного вала по фундаментной плите с помощью специальных регулировочных винтов, а в вертикальной - установкой стальных клиньев и подкладок под фундаментную плиту. Горизонтальность барабана мельницы проверяют в четырех положениях, каждый раз поворачивая его на 90°. Проверку выполняют с помощью гидростатического уровня с микрометрической головкой, установленного на цапфы подшипников, отклонения не более 0,2 мм на 1 м.

Уплотнения подшипниковых узлов должны плотно прилегать по всей окружности цапф.

В смонтированной футеровке мельницы головки крепежных болтов должны быть утоплены в гнезда, а плиты должны плотно прилегать к корпусу мельницы через резиновые прокладки и надежно закреплены.

### 1.8.2.8 Магнитные барабанные сепараторы

Сепараторы монтируют в такой последовательности:

- на фундамент устанавливают сепаратор;
- проверяют горизонтальность барабанов (черт. 80) и лотка-питателя (отклонение от горизонтальности не должно превышать 0,5 мм на 1 м.);
- монтируют питающее устройство и устройство для отвода продуктов сепарации;
- в рабочее положение устанавливают магнитные системы барабанов и монтируют системы отсоса пыли.

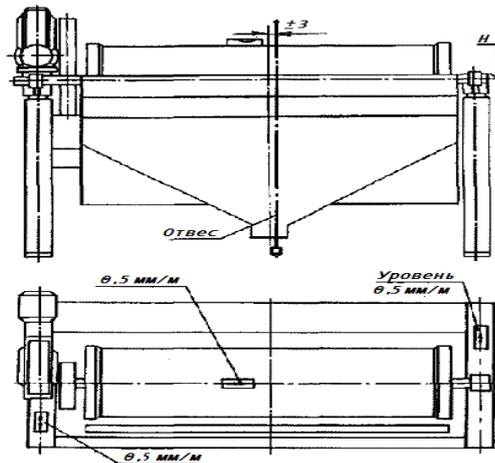


Рисунок 80. Схема выверки магнитного барабанного сепаратора

При монтаже необходимо проверить и отрегулировать:

- легкость вращения барабана;
- плотность закрывания крышек люков;
- натяжение ремней и цепей;
- плотность затяжки рычага кривошипно-шатунного механизма на оси качающегося лотка-распределителя;
- надежность закрепления заслонки при установке зазора между ней и дном загрузочного короба;
- устройство изменения расстояния между питающим лотком и барабаном;
- наличие масла в редукторе и смазки в подшипниках барабана.

### 1.8.2.9 Агломерационные машины

Агломерационные машины монтируют в такой последовательности:

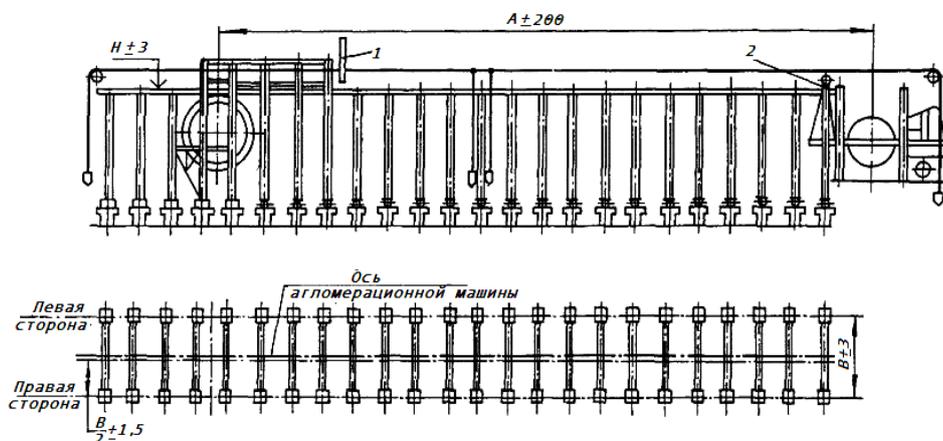
- устанавливают каркас (головная, средняя и разгрузочная части) и после выверки каркаса – обслуживающие площадки;
- устанавливают бункеры просыпи средней и разгрузочной частей и нижние части щек разгрузочной части;
- монтируют коренные валы головной и разгрузочной частей, направляющие головной и средней частей, верхние части щек разгрузочной части;
- монтируют редуктор привода ленты тележек и систему смазки редуктора;
- устанавливают верхнюю часть газоотвода, бункеры просыпи головной части, вакуум – камеры, торцевые уплотнения;
- монтируют питатели постели и шихты;
- устанавливают уплотнение с пружинным прижимом, смазку пластин и подшипниковых узлов;
- устанавливают зажигательный горн. Футеровку горна можно производить в проектном положении и после его укрупнительной сборки;

– монтируют устройство для передвижения тележки, устройство для смазки роликов спекательных тележек.

При приемке конструкций каркаса в монтаж необходимо обеспечить проверку соответствия элементов каркаса допускам и размерам детализированных чертежей предприятия – изготовителя. Следует обратить особое внимание на прямолинейность стоек каркаса, балок и ригелей, отсутствие на них продольного скручивания (пропеллерности) – дефектов изготовления и деформаций при транспортировании и складировании.

Укрупнительную сборку металлоконструкций каркаса в монтажные блоки производят на стенде. Соединение металлоконструкций агломерационных машин следует производить на высокопрочных болтах согласно ОСТ 36 – 72 – 82. Разбивку и закрепление основных осей агломерационных машин производят с максимальной точностью от двух высотных реперов (по одному у головной и разгрузочной частей) взаимно увязанных с точностью не более 0,5 мм. Следует обратить особое внимание на точное соответствие размеров между осями головного и разгрузочного барабанов проектным. Расположение и способ закрепления осевых плашек и реперов должны обеспечивать их сохранность и возможность использования до полного окончания работ по выверке каркаса и оборудования. Выверку рам каркаса следует начинать с выверки и установки в проектное положение неподвижных (мертвых) стоек и рам каркаса. После полной сборки, сварки и закрепления их по проекту производят выверку и закрепление остальных рам и элементов каркаса с проверкой их положения по продольной оси по нарастающему размеру от оси неподвижной (мертвой) рамы каркаса.

Фундаментные болты устанавливают в колодцах и заливают после выверки каркаса агломерационных машин (рис. 81, 82).



1 – рейка; 2 – лазер

Рисунок 81. Схема выверки каркаса агломерационной машины  
*a* – пластин под каркас агломерационной машины; *b* – опорных роликов

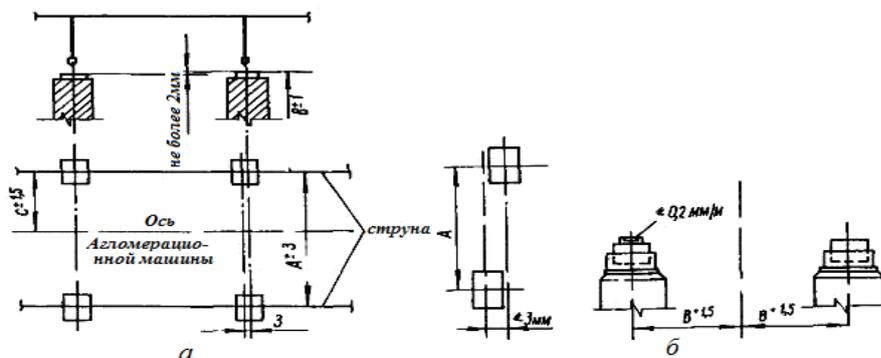


Рисунок 82. Схема выверки элементов каркаса

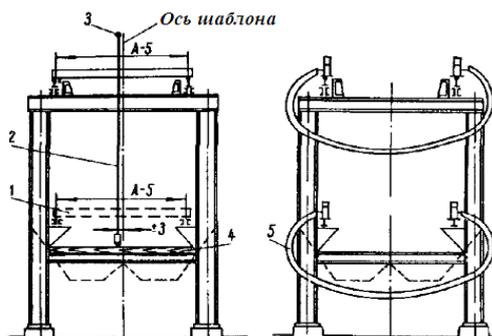
Опоры каркаса по высоте следует регулировать подкладными пластинами. Продольные балки под направляющие спекательных тележек выверяют и закрепляют одновременно с установкой рельсов.

Оборудование агломерационных машин монтируют после выверки каркаса, затяжки анкерных болтов и их подливки.

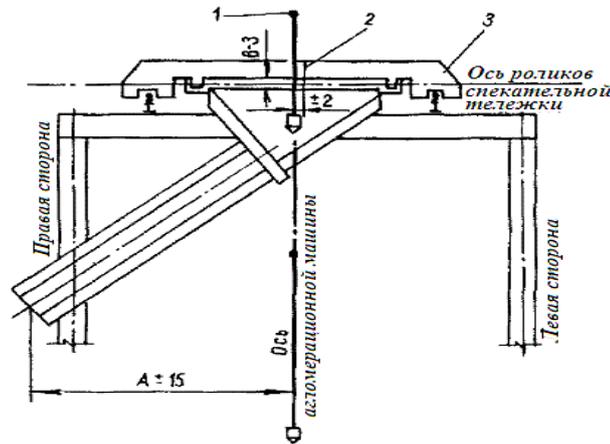
При монтаже направляющих спекательных тележек необходимо обеспечить:

- вертикальное положение обработанных торцов направляющих каждой щеки разгрузочной части по отвесу;
- сопряжение без уступа поверхности головок рельсов верхнего пути с наружной поверхностью направляющих реборд звездочек привода и с поверхностью шин разгрузочной части.

При сборке верхней части газоотвода необходимо обеспечить плотную исключаящую прососы воздуха установку торцевых уплотнений, поперечных накладок лотков, а также фланцевых соединений вакуум-камер с патрубками. Горловины вакуум-камер следует располагать симметрично относительно верхних рельсовых путей спекательных тележек. Расстояние от оси роликов спекательных тележек до низа балок уплотнений рекомендуется контролировать по шаблону, который устанавливают на спекательную тележку и прокатывают по рельсам. Этим же шаблоном проверяют симметричность горловин вакуум-камер (их фланцев) относительно рельсового пути (рис. 83, 84).



1 - шаблон; 2 - отвес; 3 - струна; 4 - настил; 5 - гидростатический уровень  
Рисунок 83. Схема выверки превышения одного рельса над другим



1 - струна; 2 - риски на шаблоне; 3 - шаблон

Рисунок 84. Схема выверки вакуум-камеры агломерационной машины

Смонтированные гидроуплотнения и системы охлаждения должны отвечать следующим требованиям:

- стык двух рукавов на металлическом ниппеле должен быть расположен точно под пластиной в специальной выемке;
- после приварки упоров, предохраняющих пластины от сдвига, в шарнирах должна быть сохранена подвижность;
- с помощью прокладок концевые пластины должны быть точно установлены по высоте для обеспечения свободного скольжения по ним пластин спекательных тележек;
- пластины с отверстиями для смазки должны быть расположены согласно чертежу общего вида узла;
- стыки рукавов и соединений трубопроводов должны быть плотными. (утечка воды через них не допускается).

Спекательные тележки монтируют в такой последовательности:

- проверяют состояние поверхностей скольжения уплотнительных пластин (не должны иметь задиров и царапин);
- перед установкой тележек на машину поверхности скольжения пластин протирают и смазывают консистентной смазкой.

При сборке ходового ролика в конических роликовых подшипниках следует выдержать осевой зазор 0,05...0,1 мм, а полость подшипников на половину объема заполнить рабочей смазкой. Собранный ролик должен легко проворачиваться от руки. Ротор механизма колосников и барабан должны свободно вращаться на своих осях. Механизм очистки следует монтировать на минимальном числе подкладок. При монтаже следует проверить перпендикулярность оси ротора механизма колосников и оси барабана относительно продольной оси агломерационной машины.

При монтаже верхнего укрытия агломерационной машины следует проверить параллельность укладки рельсов под откатные секции; отклонение от параллельности не должно превышать 3 мм.

### 1.3 Испытание смонтированного оборудования, приемка работ

Индивидуальное испытание дробильного, размольного, сортировочного, обогатительного и агломерационного оборудования без нагрузки производят в соответствии с требованиями СНиП 3.05.05 – 84 и технической документацией предприятий – изготовителей оборудования.

При индивидуальном испытании оборудования выполняют требования, предусмотренные рабочей документацией, стандартами и техническими условиями и необходимые для проведения индивидуальных испытаний отдельных машин, механизмов и агрегатов с целью подготовки оборудования к приемке рабочей комиссией для комплексного оборудования.

К началу индивидуального испытания оборудования должен быть закончен монтаж систем смазки, гидравлики, пневматики и охлаждения, а также закончен монтаж и наладка электрооборудования и средств автоматизации, систем защиты и контроля в объеме, необходимом для проведения индивидуальных испытаний.

В процессе испытаний необходимо устранить обнаруженные дефекты монтажа и неисправности оборудования, которые в первом случае исправляет монтажная организация, во втором – предприятие – изготовитель оборудования.

Индивидуальные испытания оборудования производит монтажная организация по программе, согласованной с заказчиком и представителем шефмонтажного персонала предприятия-изготовителя.

Сроки проведения индивидуального испытания устанавливают графиками, разработанными генподрядчиком совместно с механомонтажными, электромонтажными и электроналадочными организациями и согласованными с заказчиком.

Перед индивидуальными испытаниями оборудования проверяют:

- правильность установки и надежность закрепления оборудования на фундаменте;
- наличие масла в редукторах;
- поступление смазки в подшипниковые узлы и на трущиеся поверхности;
- плотность уплотнений подшипниковых узлов и опор;
- возможность вращения валов, роликов и других вращающихся узлов оборудования проворачиванием их вручную или с помощью кранов;
- натяжение приводных ремней и цепей;
- направление вращения электродвигателей;
- надежность крепления бронеплит, футеровок, решеток, подшипников и других узлов и деталей оборудования;
- отсутствие посторонних предметов внутри механизмов;
- исправность элементов заземления;
- отсутствие дефектов и несогласованных отступлений от проекта;
- наличие защитных кожухов, ограждений и других устройств, обеспечивающих безопасное проведение испытаний.

В период проведения индивидуальных испытаний оборудования проверяют работу машин и механизмов на холостом ходу согласно требованиям документации предприятий-изготовителей, в том числе:

- регулировку подачи масла в подшипники и на поверхности скольжения;
- взаимодействие движущихся узлов оборудования;
- герметичность разъемов и уплотнений;
- крепление бронеплит, футеровки и решеток;
- работу зубчатых передач. Их работа должна быть плавной без толчков и шума;
- биение валов, муфт, маховиков и их регулировку;
- регулировку системы охлаждения, устройств блокировки и контроля;
- нагрев подшипниковых узлов, который не должен превышать на 25°С температуру окружающей среды, если в технической документации предприятий – изготовителей не оговорены другие нормы.

Испытание оборудования начинают кратковременными включениями электродвигателей. При нормальной работе машину пускают на малых оборотах и по мере приработки зацеплений, подшипников и трущихся поверхностей скорости доводят до нормы.

Выявленные дефекты устраняют и испытания начинают сначала.

Испытания считаются удовлетворительными, если оборудование проработало в течение испытательного периода без остановки и отклонений от технических требований.

Технологическое оборудование, поступающее в монтаж в полностью собранном виде, опломбированным и имеющим акты о проведении испытаний на предприятии – изготовителе, индивидуальным испытаниям не подвергают, кроме случаев: оборудование повреждено при транспортировании, до начала монтажа подвергалось вскрытию, истек гарантийный срок хранения.

По окончании индивидуальных испытаний составляют акт и оборудование сдают рабочей комиссии для проведения пусконаладочных работ и комплексного опробования.

При сдаче оборудования рабочей комиссии монтажная организация предъявляет техническую документацию согласно СНиП 3.05.05 – 84.

Пусконаладочные работы и комплексное опробование оборудования вхолостую и под нагрузкой в состав монтажных работ не входят и производятся заказчиком с привлечением представителей генерального подрядчика, субподрядных организаций, проектировщиков и изготовителей оборудования. Монтажная организация обеспечивает дежурство инженерно-технического персонала совместно с эксплуатационным персоналом и генподрядчиком для оперативного привлечения работников по устранению дефектов монтажных работ, выявленных в период комплексного опробования оборудования на эксплуатационных режимах.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие документы содержат разделы ППР по монтажу отдельных объектов?
2. Кем осуществляется общая подготовка строительного производства ?
3. Что представляет собой фундамент под технологическое оборудование ?
4. Основными требованиями, предъявляемыми к фундаментам, являются ?
5. Какие геодезические знаки и в каком количестве необходимы для выверки технологического оборудования ?
6. В чем заключается сущность приемки фундамента под монтаж оборудования ?
7. Какими способами может быть установлено оборудование на фундамент ?
8. Какие виды работ называют такелажными ?
9. Разработкой каких документов сопровождается сборка ?
10. Из каких этапов состоит технологический процесс сборки болтового соединения ?

## **2 СИСТЕМЫ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

### **2.1 Эксплуатационные свойства технологических машин.**

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

*Износостойкость* – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

*Коррозионная стойкость* – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

*Жаростойкость* – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

*Жаропрочность* – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

*Хладостойкость* – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

*Антифрикционность* – способность материала прирабатываться к другому материалу.

Эти свойства определяются специальными испытаниями в зависимости от условий работы изделий.

При выборе материала для создания конструкции необходимо полностью учитывать механические, технологические и эксплуатационные свойства.

### **2.2 Эксплуатационные свойства элементов технологических машин подверженных температурному, коррозионному воздействию**

Свойства материала, воплощенного в реальное изделие заданных размеров, формы, текстуры, состояния поверхности, могут значительно отличаться от тех, которые определяют путем испытаний стандартных образцов в стандартных условиях. Как правило, действительная прочность конструкции оказывается ниже той, которая может быть предсказана без учета ее специфики по стандартным механическим характеристикам материала.

Причинами, вызывающими это различие, являются: особенность формы конструкции и связанные с ней, в частности, неоднородность напряженного состояния и концентрации напряжений; отличие абсолютных размеров образца от размеров детали, т. е. масштабный фактор; наличие в конструкции технологических или эксплуатационных остаточных напряжений или иное их распределение по сравнению с образцом; различие в жесткостях, что приводит к различным уровням запаса упругой энергии детали и образца; разные состояния их поверхностей; изменение свойств материала в процессе эксплуатации и т.п.

Большое влияние оказывают условия окружающей среды, в которых приходится работать материалам строительных конструкций и деталям машин. Например, при повышенных температурах (конструкции доменных печей, ракетных двигателей) или при пониженных температурах (элементы холодильных установок), при действии радиоактивных, особенно нейтронных, проникающих излучений (ядерные реакторы), электромагнитных полей или же вызвано протеканием физико-химических процессов, химических и электрохимических реакций на поверхности твердого тела и в его объеме. Ясно, что механические свойства материалов будут изменяться и зависеть от условий эксплуатации конструкций, элементов машин и механизмов.

Все это свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к установлению коэффициентов запаса, которые должны учитывать специфику работы материала в реальном изделии. В тех случаях, когда необходимая информация отсутствует, большое значение, особенно для ответственных конструкций, приобретают натурные испытания деталей и их элементов. Эти испытания, с одной стороны, позволяют апробировать разработанные методы оценки прочности конструктивных элементов, основанные на использовании данных испытаний образцов, а с другой – позволяют определить комплексное влияние различных конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов, характерных для создаваемого изделия и реальных условий эксплуатации.

#### *Влияние температуры*

В общем случае с ростом температуры, механические характеристики материалов существенно изменяются. При этом, чем выше температура, тем труднее эти характеристики определить. Происходит это не только потому, что возрастают сложности в технике эксперимента, но также вследствие того, что сама характеристика становится менее определенной.

Высокие температуры не только способствуют возникновению реологических явлений в материалах, но и изменяют их механические свойства. В большинстве случаев при нагреве характеристики прочности уменьшаются с повышением характеристик пластичности, а при охлаждении наоборот, однако это наблюдается не у всех материалов. Например, у стали марки Ст 3 при  $t = 500^{\circ}\text{C}$   $\sigma_T = 140$  МПа,  $\sigma_B = 250$  МПа; при  $t = 600^{\circ}\text{C}$   $\sigma_T = 40$  МПа,  $\sigma_B = 150$  МПа, т. е. предел текучести  $\sigma_T \rightarrow 0$  и при  $600...650^{\circ}\text{C}$  наступает температурная пластичность. У малоуглеродистых сталей на кривой зависимости деформации от температуры заметен участок, когда удлинение образца при разрыве с повышением температуры уменьшается, а при дальнейшем повышении температуры пластические свойства стали восстанавливаются при падении прочностных показателей. Это явление называется *охрупчиванием*. При отрицательных температурах у сталей увеличивается их хрупкость – при  $t < -45^{\circ}\text{C}$  Ст3 становится хрупкой. Это свойство называется *хладно-ломкостью*.

Характеристики пластичности с повышением температуры увеличиваются, а с понижением температуры уменьшаются. При изменении температуры не

остаются постоянными и физические характеристики материала: при повышении температуры модуль упругости  $E$  существенно уменьшается, а коэффициент Пуассона  $\mu$  незначительно увеличивается – с 0,28 до 0,33.

У цветных металлов и их сплавов прочность при повышении температуры испытания резко падает и практически теряется приблизительно при  $600^{\circ}\text{C}$ , пластичность же постепенно снижается. Для алюминия характерна иная картина: его пластичность и предел прочности возрастают.

Изделия из пластмасс больше подвержены температурным воздействиям и длительным нагрузкам, чем металлы. Для них температурный и временной факторы, так же как и масштабный, являются весьма существенными. Реологические явления обнаруживаются у пластмасс даже при обычных температурах. Прочность при нагреве падает с увеличением пластичности, при охлаждении повышаются прочность и хрупкость.

При статическом нагружении, начиная с некоторых значений температур, фактор времени становится очень существенным. Для разных материалов это явление происходит при совершенно различных температурных режимах. Влияние фактора времени обнаруживается и при нормальных температурах. Для металлов его влияние, из – за незначительности, можно пренебречь. А для органических материалов даже при низких температурах время нагружения имеет существенное значения.

В настоящее время созданы и широко применяются специальные сплавы и металлокерамические материалы, которые могут надежно работать при повышенных температурах (до  $1000^{\circ}\text{C}$ ).

#### *Коррозионное воздействие окружающей среды*

*Коррозией* называется разрушение металлов, вызванное химическим или электрохимическим взаимодействием их с коррозионной средой. Коррозия представляет собой сложный процесс, зависящий от множества факторов, включающих в себя условия окружающей среды, ее концентрацию, температуру, структуру металла и др. Можно выделить следующие типы коррозии: непосредственно химическое взаимодействие, электрохимическую коррозию, щелевую коррозию, межкристаллитную коррозию, водородное повреждение, коррозионное растрескивание под напряжением и др. В зависимости от условий окружающей среды, нагружения и функционального назначения детали любой из видов коррозии может явиться причиной преждевременного разрушения.

*Непосредственное химическое взаимодействие.* Это наиболее распространенный вид коррозии, при котором поверхность детали корродирует более или менее равномерно, в результате чего происходит постепенное разрушение материала и уменьшение размеров неповрежденного воспринимающего нагрузку сечения. Скорость такой коррозии оценивается по результатам лабораторных испытаний образцов и измеряется в единицах мм/год. При испытании образцов тщательно определяют изменение их веса и размера. Неблагоприятные последствия непосредственного химического

воздействия могут быть уменьшены следующим образом: подбором соответствующих окружающей среде материалов; применением гальвано-покрытий, плакирования; нанесением покрытий или покраски для предохранения материала; изменением по возможности окружающей среды и т. д.

*Электрохимическая коррозия.* Электрохимическая коррозия происходит, когда два разнородных металла образуют электрическую цепь, замыкаемую жидким или пленочным электролитом или коррозионной средой. В этих условиях разность потенциалов между разнородными металлами создает электрический ток, проходящий через электролит, который и приводит к коррозии в первую очередь анода или менее благородного металла пары. Чем больше ток, тем интенсивнее коррозия. Защита от электрохимической коррозии осуществляется путем подбора невзаимодействующих пар металлов, электрической изоляцией одного из разнородных металлов от другого, обеспечением малого отношения площади поверхности катода к площади поверхности анода, введением ингибиторов для уменьшения агрессивности коррозионной среды, другими методами.

*Щелевая коррозия.* Щелевая коррозия представляет собой существенно локализованный процесс ускоренной коррозии в щелях, трещинах и других дефектах малого объема, где корродирующий металл контактирует с неподвижным раствором. Для уменьшения интенсивности щелевой коррозии или для предотвращения ее необходимо ликвидировать трещины и щели.

*Межкристаллитная коррозия.* Локальные воздействия на уязвимые места у границ зерен называются межкристаллитной коррозией. Это может быть связано с концентрацией примесей по границам зерен. В частности, этому подвержены аустенитные стали после нагрева до 510–790<sup>0</sup>С. С целью минимизации восприимчивости аустенитных нержавеющей сталей к межкристаллитной коррозии возможно понижение содержания углерода менее, чем до 0,03 %, либо могут быть добавлены стабилизаторы для получения более однородной структуры сплава. Восприимчивыми к межкристаллитной коррозии являются также алюминиевые, магниевые, медные и цинковые сплавы в неблагоприятных условиях.

*Водородное охрупчивание.* Водородным охрупчиванием называется проникновение водорода в металл, в результате чего образуется хрупкие гидриды. Механизм водородного охрупчивания до конца еще не выяснен. Водородному охрупчиванию подвержены в разной степени практически все металлы. Чувствительность к водородной хрупкости возрастает с увеличением прочности стали. Снижения водородного охрупчивания можно добиться удалением водорода с помощью «высушивания» при относительно низких температурах в течение нескольких часов. Охрупчивающее действие водорода при содержании его до 8 – 10 см<sup>3</sup> в большинстве случаев является обратимым процессом, т.е. после низкотемпературного отжига пластичность образцов восстанавливается вследствие десорбции водорода из металла.

Серьезную опасность в атомной энергетике представляет водородная хрупкость сплавов циркония, применяемых для изготовления оболочек твэлов и труб технологических каналов. Водородное охрупчивание циркониевых сплавов проявляется в существенном снижении ударной вязкости (в 4 – 6 раз при 20<sup>0</sup>С), хотя временное сопротивление и относительное удлинение мало зависят от содержания водорода до концентрации порядка 0,05 %.

*Коррозионное растрескивание под напряжением.* Этот вид разрушения проявляется как образование множества трещин в металле под влиянием одновременно действующего растягивающего напряжения и коррозионной среды и характерен для различных сплавов. Уровни напряжений, при которых происходит коррозионное растрескивание, значительно ниже предела текучести материала, так что причиной разрушения могут быть и остаточные напряжения. На растрескивание под напряжением оказывают влияние величина напряжения, состав сплава, окружающая среда и температура. Трещины растут до критического размера, после чего наступает внезапное и катастрофическое разрушение в соответствии с законами механики разрушения. Предотвратить коррозионное растрескивание под напряжением можно, понижая напряжение ниже предельного значения, выбирая наилучший сплав для данной среды, изменяя состав окружающей среды путем снижения ее агрессивности.

### **2.3 Системы организации технического обслуживания**

Различают следующие системы организации технического обслуживания и ремонта:

- послеосмотровую;
- периодическую;
- стандартную;
- планоно – предупредительную (ППР).

Послеосмотровая система технического обслуживания и ремонта предусматривает проведение обязательных периодических осмотров оборудования не в строго установленные сроки. По их результатам устанавливают состояние оборудования и назначают сроки и виды ремонта.

Периодическая система технического обслуживания и ремонта предусматривает проведение осмотров и ремонтов через определенные промежутки времени в заранее установленные сроки с учетом работы оборудования и его состояния. Однако объем ремонта при этом не планируют, а определяют в процессе осмотра или ремонта в зависимости от технического состояния оборудования.

Стандартная система технического обслуживания и ремонта предусматривает периодическое обновление оборудования путем единовременной смены части деталей и сборочных единиц. Для каждого вида ремонта заранее

устанавливают объем работ, перечень сменяемых деталей и сборочных единиц независимо от их состояния.

Система ППР включает в себя пять подсистем: планирования, организации, технологии, материально-технического обеспечения и исполнителей.

Основными мероприятиями системы ППР являются:

межремонтное техническое обслуживание:

- а) ежесменное;
- б) ежесуточное;
- в) ежемесячное;
- г) сезонное;
- д) плановый ремонт: текущий ( Т ); капитальный ( К ).

Ежесменное техническое обслуживание должно обеспечивать работоспособность оборудования на протяжении всей рабочей смены и выполняться перед: началом, в течение или после окончания рабочей смены.

Техническое обслуживание проводят через установленные в эксплуатационной документации значения наработки или интервалы времени. Этот вид обслуживания призван снизить интенсивность изнашивания сопряженных деталей оборудования за счет проведения, мероприятий по техническому обслуживанию. В состав периодического технического обслуживания входят: внешний уход, диагностирование, крепежные и регулировочные работы, а также смазывание оборудования.

Сезонное техническое обслуживание выполняют для подготовки оборудования к осенне-зимнему и весеннее – летнему сезонам, а также перед хранением. При этом заменяют масла, топливо, охлаждающую жидкость при переходе к соответствующему периоду эксплуатации

Для каждого вида технологических машин и оборудования характерны свои мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту, т. е. свои режимы, включающие перечни и периодичность выполнения операций.

Чередование ремонта и технического обслуживания в определенной последовательности и через определенные промежутки времени или объемы наработки представляет собой структуру ремонтного цикла. Ремонтный цикл может планироваться в машиночасах, кубических метрах, тоннах, метрах погонных и т. д.

Техническое обслуживание и ремонт оборудования проводят по графикам, в которых объемы работ, межремонтные интервалы, чисто и характер чередования технического обслуживания и ремонта определяются условиями эксплуатации, типом и конструкцией оборудования. Мероприятия системы ППР составлены так, что в каждом последующем высшем мероприятии повторяются объемы и наименование работ всех предыдущих низших мероприятий системы с добавлением к ним новых.

## **2.4 Особые условия эксплуатации технологических машин**

Условия эксплуатации технологических машин относятся к тяжелым. Технологические машины, используемые в горной, металлургической и нефтегазовой отраслях характеризуются специфическими условиями работы: высокой запыленностью; резкими перепадами температур; возможностью внезапных перегрузок и механических повреждений; наличием агрессивных вод, повышенной влажностью окружающей среды и др. Под действием этих факторов происходит интенсивный износ отдельных деталей и узлов технологических машин и выход их из строя.

Рассмотренные специфические условия эксплуатации предъявляют к производству, техническому обслуживанию и ремонту технологических машин повышенные требования:

- высокая надежность технологических машин, обуславливающаяся как условиями эксплуатации, так и характером технологического процесса, при котором выход из строя одной из машин технологической цепочки приводит к вынужденному простоя ряда других машин, находящихся в исправном состоянии. Для обеспечения высокой надежности детали технологических машин должны изготавливаться из качественных конструкционных легированных сталей, подвергаться химико-термическому и деформационному упрочнению и обладать высокой точностью, что особенно важно для деталей гидравлических механизмов;

- приспособленность конструкций технологических машин к техническому обслуживанию в условиях эксплуатации, которая обуславливается доступностью к заменяемым узлам и деталям, легкостью их снятия и установки на машину, унификацией и нормализацией деталей.

## **2.5 Эффективность эксплуатации технологических машин**

Эксплуатация технологических машин включает в себя подготовку машин к эксплуатации, использование машин по назначению, монтаж, транспортирование, техническое обслуживание, ремонт, хранение, учет. Часть эксплуатации, составляющая транспортирование, техническое обслуживание, ремонт и хранение, называется технической эксплуатацией технологических машин.

При создании, изготовлении и эксплуатации технологических машин проявляется их качества, характеризующие совокупностью свойств, которые обуславливают пригодность данной машины удовлетворять определенным потребностям в соответствии с ее назначением. Показатели качества можно условно подразделить на следующие основные группы:

- показатели назначения (параметры рабочего оборудования, тяговые и скоростные, экономичности, маневренности);

- технологические (материалоемкость, трудоемкость изготовления, технологический уровень);

- эргономические (физиологические, психологические, антропометрические, гигиенические);
- надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость);
- эстетические (оригинальность, выразительность, соответствие среде), патентно – правовые;
- стандартизация.

С точки зрения эксплуатации технологических машин можно ограничиться частью свойств, характеризующих качество, которые получили название эксплуатационные свойства.

Комплекс эксплуатационных свойств – это необходимое и достаточное число свойств, и их показателей для всесторонней оценки эффективности использования технологических машин на стадии их эксплуатации. Системный подход позволяет выявить факторы и оценивать степень их влияния на эффективность функционирования системы, в данном случае – технологических машин. Отдельные эксплуатационные свойства характеризуются единичными показателями, которые объединяются в комплексные показатели системы. Комплексные показатели непосредственно влияют на интегральный показатель эффективности эксплуатации машины.

Все показатели эффективности эксплуатации технологических машин можно систематизировать по трем основным группам:

- обеспечение надежности и эффективности на этапе создания машин и комплексов;
- обеспечение качества системы технического обслуживания, ремонта (ТО и Р) и монтажа на этапе эксплуатации по назначению;
- обеспечение безопасности и санитарно-гигиенических условий труда на этапах создания и эксплуатации.

Безусловно, количество показателей по каждой группе требований может быть значительно расширено, исходя из специфики назначения и условий эксплуатации того или иного вида технологических машин, которые закладываются при проектировании и изготовлении и реализуются в процессе эксплуатации. Все эти показатели также существенно влияют и на эффективность и безопасность эксплуатации, но все они косвенно учитываются такими обобщенными показателями как вероятность безотказной работы, производительность технологических машин в целом и др.

## **2.6 Системы эксплуатации**

Эксплуатация включает в себя подготовку технологических машин и электромеханического оборудования к эксплуатации, их использование по назначению, транспортирование, техническое обслуживание, ремонт, хранение, учет. Часть эксплуатации, составляющая транспортирование, техническое обслуживание, ремонт и хранение, называется технической эксплуатацией машин.

Система технического обслуживания и ремонта машин представляет совокупность взаимосвязанных средств, операций, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изношенных частей и сборочных единиц ТМ во время их эксплуатации, хранения и транспортирования. Техническое обслуживание ТМ необходимо проводить для поддержания их в работоспособном и опрятном состоянии, уменьшения интенсивности изнашивания деталей, предупреждения неисправностей и отказов, соблюдения правил безопасной эксплуатации, обеспечения экологических требований.

В период эксплуатации ТМ по назначению используется комбинированная система технического обслуживания, которая состоит из межремонтного технического обслуживания (ТО), включающего ежеменное, ежесуточное, еженедельное и двухнедельное обслуживание, и плановых ремонтов, включающих ежемесячное ремонтное обслуживание, текущие ремонты, наладки и ревизии, капитальный ремонт.

Ежеменное техническое обслуживание (ТО – 1) выполняется силами дежурных электрослесарей, машинистов оборудования и рабочих производственных процессов и включает в себя: проверку показаний контрольно-измерительных приборов, степени нагрева узлов трения, регистрацию уровня вибрации и шума в проводах и ответственных узлах машин: проверку надежности крепления деталей и узлов, ослабление которых может вызвать аварийную остановку машины; устранение мелких неисправностей и неполадок в работе машин; смазку узлов трения, оснащенных индивидуальными приборами, смазочными материалами назначенного типа по установленному режиму и контроль подачи смазочных материалов централизованными системами густой и жидкой смазки; проверку функционирования предохранительных устройств, тормозов и приспособлений для остановки механизмов; содержание оборудования в чистоте.

В зависимости от режима работы машины, напряженности производственного процесса и организации обслуживания ТО – 1 может выполняться в период между сменами, в специально отведенное время в течение рабочей смены или во время технологических простоев оборудования.

Ежесуточное техническое обслуживание (ТО – 2) выполняется силами ремонтных электрослесарей, постоянно обслуживающих данный вид оборудования, машинистов оборудования и рабочих производственных процессов.

При ежесуточном техническом обслуживании выполняются работы по ТО – 1 и, кроме того, дополнительный объем работ по устранению неисправностей, наладке и регулировке отдельных механизмов, проверке состояния электрооборудования и др.

Еженедельное техническое обслуживание (ТО – 3) выполняется силами ремонтных электрослесарей, постоянно обслуживающих данный вид оборудования, электрослесарей электромеханической службы шахты, машинистов оборудования и рабочих производственных процессов. Перечень работ по ТО – 3 регламентируется инструкциями.

Двухнедельное техническое обслуживание (ТО – 4) выполняется один раз в две недели силами специализированной бригады ремонтных электрослесарей.

Двухнедельное техническое обслуживание включает в себя, помимо работ по ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3, дополнительные работы, необходимые для обеспечения работоспособности и безопасности оборудования, и выполняется для отдельных видов стационарного оборудования.

Ежемесячное техническое обслуживание (ТО) выполняется один раз в месяц силами ремонтных электрослесарей электромеханической службы шахты, машинистов оборудования, рабочих производственных процессов и специализированных бригад ремонтных электрослесарей.

Ежемесячное техническое обслуживание проводят в ремонтные дни, которые обычно совмещаются с выходными днями, когда участок не работает. Во время РО полностью выполняются работы, входящие в состав ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3 и ТО – 4 и, кроме того, производится замена наиболее быстро изнашиваемых деталей, регулировка отдельных механизмов, устранение неисправностей, обнаруженных в машине к этому периоду, взятие проб смазки или ее замена и другие работы.

Наладки и ревизии, как правило, выполняются силами специализированных наладочных или монтажных управлений в соответствии со специальными инструкциями непосредственно на месте установки оборудования. В инструкциях указывают способы выявления и устранения скрытых дефектов, порядок установления оптимального режима работы машины, состав и оснащенность бригад наладчиков.

На современных предприятиях при эксплуатации и техническом обслуживании ТМ и ЭМО применяются два вида системы эксплуатации:

- система эксплуатации элементов по заданному ресурсу;
- система эксплуатации элементов по состоянию.

Система по заданному ресурсу эффективна при гарантированном качестве элементов и постоянстве режимов эксплуатации (режимов нагружения). Данная система наиболее эффективна в том случае, когда входящие в нее элементы одного иерархического уровня (например, механические передачи, гидро – и электроприводы, исполнительные органы, силовые элементы и т.д.) обладают высокой и примерно одинаковой надежностью и долговечностью, т. е. при соблюдении так называемого «принципа равной прочности». Однако принцип

равной прочности далеко не всегда удается реализовать на практике. Это обусловлено отсутствием единых требований по надежности и долговечности как к главным элементам системы, так и к составным элементам. Кроме того, машины одного и того же исполнения эксплуатируются в различных условиях, испытывая при этом различные нагрузки на элементы конструкции, различное воздействие окружающей среды. И, наконец, сказываются различия в технологии изготовления элементов. Все это делает данную систему малоприспособленной для условий эксплуатации технологического оборудования.

Эксплуатация элементов системы по состоянию предполагает два способа проведения работ по техническому обслуживанию:

- регулярное техническое обслуживание элементов системы через заданные промежутки времени. При этом могут быть регламентированы различные объемы технического обслуживания в течение смены, суток, недели, месяца и т.д.:

- измерение необходимых параметров системы или диагностирование состояния элементов, изменяющегося в результате воздействия внешних факторов и старения (разрегулировок, разладок, износа, перегрузок и т. п.).

На основании полученных данных решается вопрос о проведении того или иного вида работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Эффективность и экономичность данной системы по сравнению с системой эксплуатации элементов по заданному ресурсу могут быть обеспечены только при применении автоматических и автоматизированных устройств количественного контроля состояния технических систем и при создании математических моделей обработки измеряемой информации для оперативной выдачи обязательных рекомендаций обслуживающему персоналу или управляющему устройству. Этот метод является наиболее прогрессивным методом обслуживания техники, так как основан на использовании глубокой количественной информации о техническом состоянии системы по сравнению с информацией только о моментах отказов систем.

## **2.7 Подготовка технологического оборудования к эксплуатации**

Подготовка к эксплуатации заключается в получении технологических машин от завода – изготовителя или регионального представителя завода (дилера) и последующем ее вводе в эксплуатацию.

Технологические машины в зависимости от их габаритов и массы доставляются на предприятие в собранном виде или в виде отдельных узлов удобных для погрузки, перевозки и хранения. Транспортирование технологических машин может производиться грузовыми автомобилями, на автомобильных прицепах, в железнодорожных вагонах, а также в отдельных случаях водными и воздушными путями сообщения.

При получении машины завод – изготовитель (дилер) обязан предоставить будущему владельцу эксплуатационно-техническую документацию согласно перечню в паспорте передаваемой модели и совместно с получателем сверить принадлежность документов передаваемой машины по заводскому номеру в паспорте и на фирменной табличке, прикрепляемой снаружи; проверить осмотром совместно с получателем целостность сборочных единиц и наличие пломб, отсутствие повреждений.

В соответствии с ГОСТ 21601– 68 «Эксплуатационные документы» вместе с оборудованием должна поставляться следующая техническая документация:

- техническое описание конструкции и принципа работы оборудования;
- инструкция по эксплуатации оборудования;
- инструкция по межремонтному техническому обслуживанию;
- инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке на месте применения оборудования;
- формуляр на оборудование и паспорта на отдельные детали и узлы;
- ведомости ЗИП, которые составляют на оборудование, поставляемое вместе с комплектом запасных частей (З), инструмента (И), принадлежностей (ГГ) и материалов, используемых на месте эксплуатации оборудования;
- каталоги (например, каталоги чертежей и схем) и спецификации специального назначения.

Использование по назначению представляет собой вид эксплуатации машины, при котором производится выбор ТМ для использования на объекте применения, подготовка к ежедневному использованию, управление машиной, установка машины у объекта применения, выполнение рабочих движений и операций, монтаж и демонтаж сменного рабочего оборудования.

Под правильной организацией использования понимается: использование оборудования по прямому назначению в условиях, соответствующих его области применения: закрепление оборудования за конкретными лицами, производящими его эксплуатацию: организация правильного ухода за оборудованием: организация правильного учета работы оборудования.

Большая часть технологических машин и оборудования предназначена для выполнения вполне определенных функций, поэтому не возникает затруднений в выборе типа машины для выполнения того или иного производственного процесса. Следует только правильно подобрать типоразмер (модель) машины, чтобы в данных конкретных условиях эксплуатации достигнуть максимального эффекта от ее применения.

Транспортирование оборудования от места хранения к месту установки в технологических комплексах является трудоемкой и весьма ответственной операцией. Правильное транспортирование способствует предупреждению повреждения оборудования и несчастных случаев с ремонтным персоналом, уменьшает продолжительность и стоимость монтажных работ.

Транспортирование оборудования к месту его монтажа является подготовительной операцией в комплексе монтажных работ и должно

осуществляться в соответствии с инструкциями, разрабатываемыми проектно-конструкторскими и научно – исследовательскими организациями.

Перед транспортированием крупногабаритные машины, разбирают на отдельные транспортабельные узлы. Доставку оборудования или его составных частей производят на грузовых платформах и специально изготовленных транспортных средствах. При этом необходимо, чтобы транспортируемые узлы вписывались в нормальный габарит подвижного состава и были надежно закреплены с помощью проволоки, цепей и других приспособлений.

Транспортирование узлов оборудования должно быть организовано в соответствии с последовательностью монтажа этого оборудования. Узлы, которые монтируются в начале работ, транспортируются в первую очередь, а узлы и детали, требующиеся при завершении монтажа – в последнюю. Фундаментные болты и детали крепления узлов машин и оборудования укладывают в транспортные устройства так, чтобы избежать их механических повреждений при транспортировании.

## **2.8 Виды технического обслуживания технологических машин и электромеханического оборудования**

Под технологией понимается совокупность приемов и способов выполнения работ по системе технического обслуживания и ремонта машин: выбор места проведения ТО и ремонта, определение наиболее рациональной формы проведения работ, подбор исполнителей, определение последовательности выполнения операций, отбор средств оснащения места проведения ТО и ремонта, контроль качества и сроков выполнения работ.

Комплекс работ по поддержанию исправности или только работоспособности технологических машин при использовании по назначению, хранении и транспортировании включает следующие основные виды работ: внешний уход и крепежные работы; смазочно–заправочные работы; техническая диагностика.

Внешний уход и крепежные работы являются обязательными мероприятиями технического обслуживания. При выполнении рабочих операций технологических машин находятся в условиях повышенной загрязненности и запыленности. Ходовое оборудование, рабочие органы соприкасаются с горными породами, цементобетонными смесями, различными вяжущими и сыпучими материалами. Поэтому возникает ежедневная потребность в очистке наружных поверхностей машин. Помимо этого в операции внешнего ухода входят: уборка кабин и рабочих мест операторов и машинистов, протирка стекол, щитков с контрольно-измерительным оборудованием, мойка ходового оборудования, двигателей и других агрегатов и частей машин, выполняемые перед проведением очередных видов технического обслуживания и ремонтов.

В процессе эксплуатации технологических машин возникают нарушения посадок и зазоров между сопряженными деталями или ухудшение

функциональных свойств комплектующих изделий, требующих периодического регулирования или замены отказавших элементов.

Восстановление зазоров регулированием возможно лишь в случаях, когда это предусмотрено конструкцией сопряжения. В противном случае требуется ремонт узла. Регулировке обычно предшествует контроль состояния узла или агрегата, при котором производят замер зазора между сопряженными деталями, устанавливают размеры отклонения от нормы. Одновременно с контрольно-регулирующими работами устраняют обнаруженные при этом мелкие неисправности.

Различают два вида регулировок: компенсационные и наладочные, изменяющие выходные параметры машин или его систем. К компенсационным регулировкам могут быть отнесены регулировка зазоров в подшипниках, тормозных устройств, регулировка пружин натяжения гусеничных лент.

Наладочными регулировками являются установка положения рабочих органов, заданного давления рабочей жидкости в гидросистеме.

Техническое состояние машин существенным образом зависит от качества и своевременности выполнения контрольных и регулировочных работ, которые составляют до 40 % общего объема технического обслуживания.

Методы и средства контроля технического состояния технологических машин и составляющих их конструктивных элементов различны. Они могут быть классифицированы по различным признакам:

- по видам машин и объектам контроля (двигатели, трансмиссии, передачи, металлоконструкции, элементы гидросистемы, рабочие органы);
- по оцениваемому диагностическому признаку;
- по измеряемому параметру (линейные размеры, усилия, давление, мощность, температура, освещенность, состав газа, вибрация);
- по методу диагностирования и техническим средствам измерения определяемого параметра (линейки, щупы, зубомеры, шаблоны) динамометрический, тахометрический, осциллографический.

## **2.9 Организация работ при ремонте и ТО технологических машин**

Общие принципы построения плановой системы технического обслуживания и ремонта технологических машин определены Положением о планово – предупредительной системе ППР. В соответствии с этим Положением сущность планово – предупредительной системы технического обслуживания и ремонта технологических машин заключается в выполнении установленных видов технического обслуживания и плановых ремонтов, объемы которых определяются фактическим техническим состоянием сборочных единиц и оборудования в целом в планируемом периоде в соответствии со структурой ремонтного цикла. Такая система ППР представляет собой техническое обслуживание с жестким регламентом. Установленные по этой системе

операции по поддержанию работоспособности оборудования в основном выполняются независимо от технического состояния.

Основной формой организации работ на современных предприятиях остается нарядная система, которая охватывает все технологические процессы, в том числе и процессы технического обслуживания. Наряд регламентирует номенклатуру, объем и очередность выполнения работ для исполнителя.

С заданной периодичностью информационно – вычислительный центр (ИВЦ) производственных объединений выдает в отдел главного механика (ОГМ) месячные и годовые графики ППР оборудования ( $\Gamma_{\text{ППР}}$ ) и еженедельно необходимый комплект нарядов (наряд-здание, наряд-рапорт, НРз) с заданным объемом работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования для всех участков рудника. ОГМ распределяет эти документы по участкам, и на их основе механик участка ежедневно выдает наряд ремонтным электрослесарям на плановые и неплановые работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования. Электрослесарь в зависимости от сложившихся обстоятельств, объективных и субъективных факторов выполняет определенный объем работ  $Q$ , который не всегда равен заданному, и обеспечивает фактическое техническое состояние оборудования  $S_{\text{ТФ}}$

Утвержденный механиком наряд с отметкой о выполненном объеме работ электрослесарь передает на участок, где он хранится в течение недели (библиотека НРф). Затем накопленные наряды участков НРфу поступают инженеру ППР, который после проверки и корректировки все наряды в ИВЦ.

В ИВЦ производится обработка всего комплекса нарядов НРф. и в зависимости от объема работ за прошедшую неделю и требуемого объема работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования согласно нормативу на предстоящую неделю подготавливается новый комплект нарядов НР, по каждому участку и виду оборудования.

В течении недели механик участка на основе информации  $S_{\text{Т.Ф}}$  о техническом состоянии оборудования и данных о выполненном объеме работ по техническому обслуживанию и ремонту, которые хранятся в библиотеке НРф. а также графика ППР корректирует выдаваемый наряд на проведение плановых работ, чтобы максимально приблизиться к заданному объему и выдержать требуемый регламент.

Основными документами для планирования, организации и контроля работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования с применением нарядов – рапортов являются: технологические карты по техническому обслуживанию оборудования; инструкции-памятки по техническому обслуживанию; месячные и годовые графики планово – предупредительного ремонта оборудования (графики ППР); графики организации труда по ежесуточному техническому обслуживанию; книга нарядов и организации работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования; наряд – рапорт; наряд на безопасное производство работ; инвентарная опись оборудования: книга нарядов участка.

Технологическая карта содержит сведения, являющиеся исходными данными для организации, планирования и производства технического обслуживания оборудования.

В технологической карте приводится: описание подготовительных работ, обеспечивающих выполнение операций по техническому обслуживанию оборудования в целом и отдельных его составных частей; описание последовательности выполнения работ; перечень приборов, инструментов, приспособлений и материалов, необходимых для выполнения работы; профессиональный состав лиц, выполняющих данную операцию; трудоемкость выполнения каждой операции; меры, обеспечивающие безопасное ведение работ.

Инструкции-памятки различают двух видов: по техническому обслуживанию (ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3) оборудования и по техническому обслуживанию и текущему ремонту основного силового электрооборудования.

График ППР оборудования предназначен для планирования и учета выполнения работ по техническому обслуживанию ТМ в течение периода его использования по назначению. Составляются месячные и годовые графики ППР различных подразделений (служб) и годовые графики ППР оборудования по предприятию в целом.

Инструкции-памятки составляются для различного технологического оборудования и содержат весь перечень работ по техническому обслуживанию, а также меры безопасности при выполнении этих работ в них входят также работы по текущему ремонту.

Графики организации труда по ежесуточному техническому обслуживанию предназначены для рациональной организации работ в ремонтную смену и выполняются в виде плановых программ.

Нарядная система ТО технологических машин. Книга нарядов и организации работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования предназначена для организации, планирования, учета и контроля выполнения работ. Книга нарядов не распространяется на те виды оборудования, по которым выполнение работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту учитывается в специальных документах.

Наряд-задание формируется на ЭВМ, распечатывается на каждые сутки и недельным комплектом для различных служб централизованно рассылается по всем цехам к началу ремонтной смены первого дня планируемой недели. В наряде-задании информация об оборудовании и видах выполняемых работ присваиваются код и определенный символ.

Наряд – путевка на производство работ старшего мастера содержит перечень ежесменных работ по техническому обслуживанию оборудования, который должен выполнять эксплуатационный и обслуживающий персонал, в том числе и дежурный электрослесарь. В наряде – путевке дублируется запись из книги нарядов участка. Наряд на безопасное производство работ в

электроустановке выдается на работы по техническому ремонту электрооборудования, напряжением свыше 1000 В.

Порядок выдачи заданий и отчет лиц, исполняющих наряд. Работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования выполняются в рабочую и ремонтную смены. При этом в рабочую смену выполняются только работы по техническому обслуживанию ТО – 1, а в ремонтную – остальные работы ( ТО – 2, ТО – 3, ТО – 4...НКР, НРП, НРД ). Вследствие этого организация работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования в рабочую и ремонтную смены имеет свои особенности.

Основным лицом, выполняющим работы по ежесменному техническому обслуживанию (ТО – 1) оборудования, является дежурный электрослесарь.

Весь объем ежесменных работ, требующих остановки оборудования, выполняется им совместно с эксплуатационным персоналом (машинистами, технологическими рабочими и др.) в течение 30 мин в начале смены. Остальной объем работ ТО – 1 дежурный электрослесарь выполняет в течение смены.

Основным документом для планирования и организации работ на участке является Книга нарядов участка, по которой, кроме выдачи нарядов на ведение работ, производится выдача наряда на ежесменное техническое обслуживание оборудования участка, а также указываются сведения об исполнителях работ: Фамилии, профессии и табельные номера.

Отчет о выполнении работ по ТО – 1 производится старшим мастером после окончания смены. Старший мастер отчитывается о выполненных работах на основании устного отчета лиц, исполняющих наряд, и личного контроля на месте производства работ. Отчет фиксируется в наряде – путевке и книге нарядов участка.

Основными документами, формирующими наряд на производство ежесуточного технического обслуживания (ТО – 2) и текущего ремонта оборудования и отчет о его выполнении, являются таблица «Наряд-задание и учет выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования» Книги нарядов и наряд-рапорт.

Наряд-рапорт предназначен для ежесуточной выдачи нарядов лицам, участвующим в выполнении работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования (машинистам, дежурным и ремонтным электрослесарям), и отчета этих лиц о выполненной работе. Он содержит указания на производство работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования с учетом его фактического технического состояния.

Наряд – рапорт является первичным документом для учета и контроля выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту оборудования, расхода запасных частей, оценки фактического технического состояния оборудования, установления перечня и причин отказов оборудования.

В настоящее время можно выделить три основных уровня специализации работ по – техническому обслуживанию и ремонту, получивших распространение в Казахстане:

– специализация внутри предприятия путем создания специализированных бригад (участков) электрослесарей по ремонту средств управления гидроприводами, электрических аппаратов, средств автоматики и других видов оборудования;

– специализация внутри производственных объединений АО, ОАО и др. путем создания специализированных организаций по монтажу, демонтажу и ремонту оборудования с постепенным приемом на баланс этих организаций основных типов оборудования и с последующей передачей их в аренду предприятиям;

– специализация внутри предприятиям отраслей путем развития различных форм фирменного технического обслуживания и ремонта оборудования, совместно с различными фирмами и заводами-изготовителями.

Внедрение централизованного технического обслуживания технологического оборудования способствует:

– повышению эксплуатационной безотказной работы и восстанавливаемости оборудования в результате более регулярного и качественного обслуживания и участия в устранении отказов персонала высокой квалификации:

– повышению надежности оборудования за счет оперативного устранения недостатков конструкции на основе полной и объективной информации о характере отказов:

– росту квалификации обслуживающего персонала, благодаря обучению рабочих, проводимому персоналом заводов-изготовителей.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какими эксплуатационными свойствами должно обладать технологическое оборудование ?

2. Каким образом влияет температура на механические характеристики материалов ?

3. Какие системы организации технического обслуживания и ремонта используются применительно к технологическим машинам ?

4. Перечислите основные мероприятия системы ППР ?

5. Что представляет собой система технического обслуживания и ремонта машин ?

6. Кем и в какие сроки выполняются работы по техническому обслуживанию машин при ТО-1, ТО-2 и ТО-3 ?

7. Какие уровни специализации работ по техническому обслуживанию получили распространение в Казахстане ?

### 3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Техническая диагностика – молодая наука, возникшая в последние два десятилетия в связи с потребностями современной техники. Все возрастающее значение сложных и дорогостоящих технических систем, особенно в машиностроении и радиоэлектронике, требования безопасности, безотказности и долговечности делают весьма важной оценку состояния системы, ее надежности.

Техническая диагностика – наука о распознавании состояния технической системы, включающая широкий круг проблем, связанных с получением и оценкой диагностической информации.

Изучение общих методов распознавания и математической теории диагностики дает возможность более обоснованного выбора конкретных способов диагностики и соответствующих им правил решения.

При изложении теории диагностики особых требований к математической подготовке инженеров не предъявляется, хотя некоторые моменты могут показаться трудными при первоначальном ознакомлении. Математизация инженерных знаний является неизбежным процессом, связанным с развитием техники, однако следует всегда помнить, что цель расчета не число, а понимание.

#### 3.1 Основные направления технической диагностики

##### *Определения.*

Термин «диагностика» происходит от греческого слова «диагнозис», что означает распознавание, определение.

В процессе диагностики устанавливается диагноз, т. е. определяется состояние больного (медицинская диагностика; или состояние технической системы (техническая диагностика).

*Технической диагностикой* называется наука о распознавании состояния технической системы.

##### *Цели технической диагностики.*

Техническая диагностика изучает методы получения и оценки диагностической информации, диагностические модели и алгоритмы принятия решений. Целью технической диагностики является повышение надежности и ресурса технических, систем.

Как известно, наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы. Отказ авиационного двигателя в полетных условиях, судовых механизмов во время плавания корабля, энергетических установок в работе под нагрузкой может привести к тяжелым последствиям.

Техническая диагностика благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей позволяет устранить подобные отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации, а также дает возможность эксплуатации технических систем ответственного назначения по состоянию.

В практике ресурс таких систем определяется по наиболее «слабым» экземплярам изделий. При эксплуатации по состоянию каждый экземпляр эксплуатируется до предельного состояния в соответствии с рекомендациями системы технической диагностики. Эксплуатация по техническому состоянию может принести выгоду, эквивалентную стоимости 30 % общего парка машин.

#### *Основные задачи технической диагностики.*

Техническая диагностика решает обширный круг задач, многие из которых являются смежными с задачами других научных дисциплин. Основной задачей технической диагностики является *распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации.*

Техническую диагностику иногда называют безразборной диагностикой, т. е. диагностикой, осуществляемой без разборки изделия. Анализ состояния проводится в условиях эксплуатации, при которых получение информации крайне затруднено. Часто не представляется возможным по имеющейся информации сделать однозначное заключение и приходится использовать статистические методы.

Теоретическим фундаментом для решения основной задачи технической диагностики следует считать общую *теорию распознавания образцов.* Эта теория, составляющая важный раздел технической кибернетики, занимается распознаванием образов любой природы (геометрических, звуковых и т. п.), машинным распознаванием речи, печатного и рукописного текстов и т. д.

Техническая диагностика изучает алгоритмы распознавания применительно к задачам диагностики, которые обычно могут рассматриваться как задачи классификации.

Алгоритмы распознавания в технической диагностике частично основываются на *диагностических моделях*, устанавливающих связь между состояниями технической системы и их отображениями в пространстве диагностических сигналов. Важной частью проблемы распознавания являются правила принятия решений (решающие правила).

Решение диагностической задачи (отнесение изделия к исправным или неисправным) всегда связано с риском ложной тревоги или пропуска цели. Для принятия обоснованного решения целесообразно привлекать методы *теории статистических решений*, разработанные впервые в радиолокации.

Решение задач технической диагностики всегда связано с прогнозированием надежности на ближайший период эксплуатации (до следующего технического осмотра). Здесь решения должны основываться на *моделях отказов*, изучаемых в теории надежности. Вторым важным направлением технической диагностики является *теория контролеспособности.*

*Контролеспособностью* называется свойство изделия обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и раннее обнаружение неисправностей и отказов. Контролеспособность создается конструкцией изделия и принятой системой технической диагностики.

Крупной задачей теории контролеспособности является изучение средств и методов получения диагностической информации. В сложных технических системах используется автоматизированный контроль состояния, которым предусматривается обработка диагностической информации и формирование управляющих сигналов.

Методы проектирования автоматизированных систем контроля составляют одно из направлений теории контролеспособности. Наконец, очень важные задачи теории контролеспособности связаны с разработкой алгоритмов поиска неисправностей, разработкой диагностических тестов, минимизацией процесса установления диагноза.

В связи с тем, что техническая диагностика развивалась первоначально только для радиоэлектронных систем, многие авторы отождествляют теорию технической диагностики с теорией контролеспособности (поиском и контролем неисправностей), что, конечно, ограничивает область приложения технической диагностики.

#### *Структура технической диагностики*

На рис. 85 показана структура технической диагностики. Она характеризуется двумя взаимопроникающими и взаимосвязанными направлениями: теорией распознавания и теорией контролеспособности.

Теория распознавания содержит разделы, связанные с построением алгоритмов распознавания, решающих правил и диагностических моделей.

Теория контролеспособности включает разработку средств и методов получения диагностической информации, автоматизированный контроль и поиск неисправностей. Техническую диагностику следует рассматривать как раздел общей теории надежности.

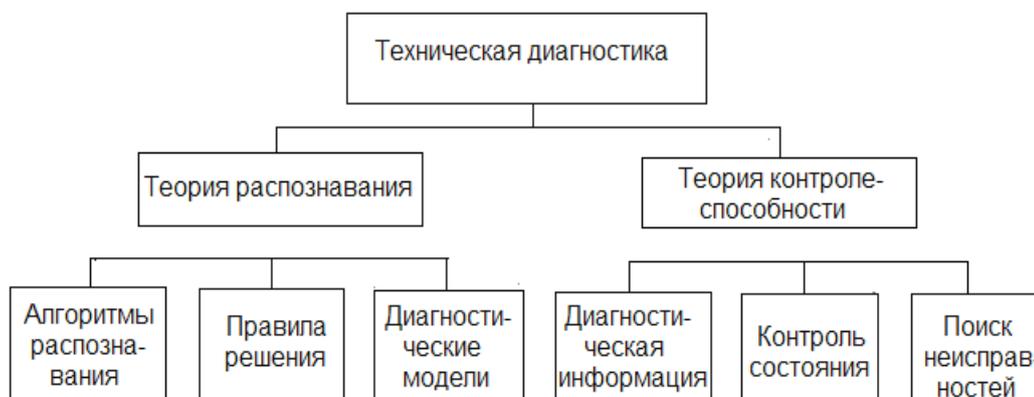


Рисунок 85. Структура технической диагностики

### 3.2 Постановка задач технической диагностики

Задача технической диагностики состоит в определении степени износа шлицев (глубины разрушенного поверхностного слоя) по данным измерений ряда косвенных параметров. Как указывалось, одной из важных особенностей технической диагностики является распознавание в условиях ограниченной информации, когда требуется руководствоваться определенными приемами и правилами для принятия обоснованного решения.

*Состояние системы* описывается совокупностью (множеством) определяющих ее параметров (признаков). Разумеется, что множество определяющих параметров (признаков) может быть различным, в первую очередь, в связи с самой задачей распознавания. Например, для распознавания состояния шлицевого соединения двигателя достаточна некоторая группа параметров, но она должна быть дополнена, если проводится диагностика и других деталей.

*Распознавание состояния системы* – отнесение состояния системы к одному из возможных классов (диагнозов). Число диагнозов (классов, типичных состояний, эталонов) зависит от особенностей задачи и целей исследования.

Часто требуется провести выбор одного из двух диагнозов (дифференциальная диагностика или дихотомия); например, «исправное состояние» и «неисправное состояние». В других случаях необходимо более подробно охарактеризовать неисправное состояние, например повышенный износ шлицев, возрастание вибраций лопаток и т. п. В большинстве задач технической диагностики диагнозы (классы) устанавливаются заранее, и в этих условиях задачу распознавания часто называют задачей классификации.

Так как техническая диагностика связана с обработкой большого объема информации, то принятие решений (распознавание) часто осуществляется с помощью электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Совокупность последовательных действий в процессе распознавания называется *алгоритмом распознавания*. Существенной частью процесса распознавания является *выбор параметров*, описывающих состояние системы. Они должны быть достаточно информативны, чтобы при выбранном числе диагнозов процесс разделения (распознавания) мог быть осуществлен.

*Математическая постановка задачи.*

В задачах диагностики состояние системы часто описывается с помощью комплекса признаков

$$K = (k_1, k_2, \dots, k_j, \dots, k_n),$$

где  $k_j$  – признак имеющий  $m_j$  разрядов.

Пусть, например, признак  $k_j$  представляет собой трехразрядный признак ( $m_j=3$ ), характеризующий величину температуры газа за турбиной: пониженная,

нормальная, повышенная. Каждый разряд (интервал признака  $k_j$  обозначается  $k_{js}$ , например повышенная температура за турбиной  $k_{j3}$ . Фактически наблюдаемое состояние соответствует определенной реализации признака, что отмечается верхним индексом \*. Например, при повышенной температуре реализация признака  $k_j^* = k_{j3}$ .

В общем случае каждый экземпляр системы соответствует некоторой реализации комплекса признаков:

$$K = (k^*_1, k^*_2, \dots, k^*_j, \dots, k^*_n),$$

Во многих алгоритмах распознавания удобно характеризовать систему параметрами  $x_i$ , образующими  $n$ -мерный вектор или точку в  $n$ -мерном пространстве:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n).$$

В большинстве случаев параметры  $x_i$  имеют непрерывное распределение. Например, пусть  $x_j$  – параметр, выражающий температуру за турбиной. Предположим, что соответствие между параметром  $x_j$  (°C) и трехразрядным признаком  $k_j$  таково:

<450	$k_{j1}$
450 – 550	$k_{j2}$
>500	$k_{j3}$

В данном случае с помощью признака  $k_j$  получается дискретное описание, тогда как параметр  $x_j$  дает непрерывное описание. Отметим, что при непрерывном описании обычно требуется значительно больший объем предварительной информации, но описание получается более точным. Если, однако, известны статистические законы распределения параметра, то необходимый объем предварительной информации сокращается.

Из предыдущего ясно, что принципиальных отличий при описании системы с помощью признаков или параметров нет, и в дальнейшем будут использованы оба вида описания.

Как указывалось, в задачах технической, диагностики. возможные состояния системы – диагнозы  $D_i$  – считаются известными.

Существуют два основных подхода к задаче распознавания: *вероятностный* и *детерминистский*. Постановка задачи при вероятностных методах распознавания такова. Имеется система, которая находится в одном из  $n$  случайных состояний  $D_i$ . Известна совокупность признаков (параметров), каждый из которых с определенной вероятностью характеризует состояние системы. Требуется построить *решающее правило*, с помощью которого предъявленная (диагностируемая) совокупность признаков была бы отнесена к

одному из возможных состояний (диагнозов). Желательно также оценить достоверность принятого решения и степень риска ошибочного решения.

При детерминистских методах распознавания удобно формулировать задачу на геометрическом языке. Если система характеризуется  $\mathbf{v}$  – мерным вектором  $X$ , то любое состояние системы представляет собой точку в  $\mathbf{v}$  – мерном пространстве параметров (признаков). Предполагается, что диагноз  $D$  соответствует некоторой области рассматриваемого пространства признаков. Требуется найти решающее правило, в соответствии с которым предъявленный вектор  $X^*$  (диагностируемый объект) будет отнесен к определенной области диагноза. Таким образом задача сводится к разделению пространства признаков на области диагнозов.

При детерминистском подходе области диагнозов обычно считаются «непересекающимися», т. е. вероятность одного диагноза (в область которого попадает точка) равна единице, вероятность других равна нулю. Подобным образом предполагается, что и каждый признак либо встречается при данном диагнозе, либо отсутствует.

Вероятностный и детерминистский подходы не имеют принципиальных различий. Более общими являются вероятностные методы, но они часто требуют и значительно большего объема предварительной информации. Детерминистские подходы более кратко описывают существенные стороны процесса распознавания, меньше зависят от избыточной, малоценной информации, больше соответствуют логике мышления человека.

### **3.3 Прикладные вопросы технической диагностики**

В механических системах (двигатели, насосы и т. п.) основное назначение технической диагностики – повышение надежности и ресурса изделий с помощью раннего обнаружения дефектов и оптимизации процессов технического обслуживания. Техническая диагностика сложных систем представляет собой систему, которая должна иметь информационное, техническое и математическое обеспечение.

*Информационное обеспечение* включает способы получения диагностической информации, ее хранение и систематизацию. Информационное обеспечение содержит необходимый массив восполняемых технических сведений (обучающие последовательности и др.).

*Техническое обеспечение* представляет собой совокупность устройств получения и обработки информации (диагностические приборы, датчики, сигнализаторы и т. п.). Важную часть технического обеспечения современных систем диагностики составляют ЭВМ, устройства типа «аналог – код» и др.

*Математическое обеспечение* содержит алгоритмы и программы распознавания.

Техническая диагностика как система включает также и *коллектив специалистов*, ответственных за принятие решений.

В настоящее время системный подход к задачам технической диагностики находится в начальной стадии развития. Большинство опубликованных результатов относится только к отдельным элементам системы.

В настоящей главе обсуждаются вопросы контролеспособности изделий, получение диагностической информации и приводятся некоторые практические примеры технической диагностики.

### **3.3.1 Контролеспособность и получение диагностической информации**

Контролеспособностью называется свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к раннему обнаружению и предупреждению отказов и неисправностей. Под ранним обнаружением понимается выявление дефекта или неисправности в начальной стадии, при которой еще не проявляются отрицательные последствия для надежности или работоспособности изделия.

Контролеспособность в первую очередь зависит от качества и объема диагностической информации, которая может быть получена при эксплуатации изделия и его техническом обслуживании, а также при специальных диагностических испытаниях (диагностических тестах).

### **3.3.2 Основные виды диагностической информации**

Большая часть информации о поведении системы имеет диагностическую ценность, так как она отражает состояние системы. Состав и состояние сред, взаимодействующих с изделием (воздух, вода, масло, топливо, продукты сгорания и др.), рабочие параметры процесса (частота вращения, температура, давление и т. п.), вибрация, акустическое и тепловое излучения и т. д. содержат диагностическую информацию. Во многих случаях весьма полезным оказывается непосредственное визуальное наблюдение состояния элементов машины с помощью оптических трубок (бороскопов), позволяющее обнаружить наличие трещин, перегрева, коробления и т. п.

К основным видам диагностической информации относятся: спектр вибрации элементов конструкции; спектр акустических колебаний; значение параметров, характеризующих функционирование системы; состояние соприкасающихся сред; визуальные наблюдения; данные дефектоскопии.

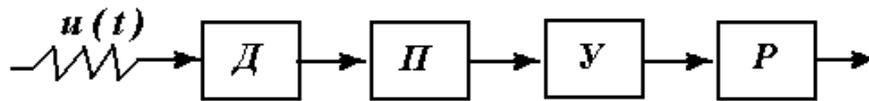
Диагностическое значение имеют не только величины параметров в данный момент времени, но и их изменение во времени (кинетика информативных параметров).

### Измерение вибраций

В процессе работы элементы машины получают перемещения, изменяющиеся во времени (вибрационные перемещения). Причинами возникновения вибрационных перемещений могут быть циклические процессы при работе машины (вращение роторов, периодические нагрузки и т. п.), собственные колебания элементов конструкции и др.

В общем случае каждая точка конструкции имеет пространственное смещение, которое представляет собой геометрическую сумму трех компонентов смещений  $u(t)$ ,  $v(t)$ ,  $w(t)$ . В каждый момент времени вибро смещения могут быть представлены в виде наложения элементарных гармонических колебаний с различной частотой и амплитудой. Обычно в задачах технической диагностики измеряется частота до 30 000 Гц (чаще до 10000 Гц), виброускорения до  $1000 \text{ м/с}^2$ .

Достаточно общая структурная схема измерений показана на рис. 86. Она применяется, в частности, для измерений вибраций.



Д – датчик; П – преобразователь; У – усилитель; Р – регистратор

Рисунок 86. Структурная схема измерений

Датчик  $D$  преобразует неэлектрические величины (механические перемещения, давления и т. п.) в электрический сигнал. Преобразователь  $П$  осуществляет первичные преобразования сигнала (фильтрацию и т. п.).

Усилитель  $У$  и регистратор  $Р$  усиливают и регистрируют сигнал на магнитную или бумажную ленты. Цепь измерения может заканчиваться регистратором, но в современных системах сигнал поступает дальше для обработки и анализа в ЭВМ.

В качестве датчиков вибраций используются индукционные и пьезометрические. Последние являются более эффективными, так как имеют небольшие размеры и массу, обладают высокой вибропрочностью и термостойкостью (до  $500^\circ\text{C}$ ). Вибродатчики закрепляют на детали с помощью фланца или ввертывают в резьбовое отверстие.

Конструктивная схема пьезометрического датчика показана на рис. 87. Корпус датчика  $I$  содержит два пьезоэлемента  $5$ , разделенных токосъемной пластиной  $3$ . Пьезоэлемент обладает тем свойством, что под влиянием механического напряжения в нем вырабатывается разность потенциалов.

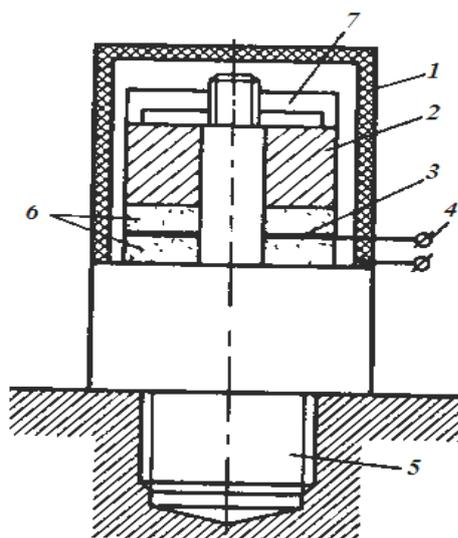


Рисунок 87. Конструктивная схема пьезометрического датчика

Давление на поверхности пьезоэлемента создается инерционной массой 2, которая поджимается упругим элементом 7. Датчик закрепляется с помощью резьбового хвостовика 5, сигнал поступает к проводнику 4.

Для устранения динамических погрешностей первая собственная частота датчика должна превышать измеряемую частоту в 4 – 6 раз.

Измерение акустических колебаний. Вибрация элементов машин, происходящая в результате рабочего процесса, собственных колебаний, соударений и т. п., вызывает колебания окружающей среды (воздуха), т. е. служит источником акустических колебаний. В некоторых машинах, например в авиационных двигателях, мощным источником акустических колебаний (шума) является струя выходящих газов из реактивного сопла, акустическое излучение лопаток компрессора и др.

Акустические колебания характеризуются широким непрерывным спектром с отдельными дискретными составляющими. Акустические колебания представляют стохастический процесс, амплитуды и частоты которого носят случайный характер.

Состав спектра, его амплитудно – частотная характеристика (в вероятностном или детерминистском аспекте) имеет большое диагностическое значение для состояния машин. Известно, что опытные механики часто могут «на слух» определить характер неисправности двигателя, турбины и т. п.

Естественно, что измерение акустических колебаний, их спектральный анализ повышает ценность акустической диагностики. Для измерения используются микрофоны, основанные на электрических или пьезоэлектрических эффектах с диапазоном частот измерения от 5 до 100 кГц (частота «слышимого» звука 20 кГц).

Основной трудностью при использовании виброакустических методов является выделение полезного сигнала на фоне помех. Для обнаружения сигналов, несущих диагностическую информацию, используются фильтры.

В последнее время установлено, что при появлении трещины образуется интенсивное акустическое излучение с частотой порядка от 50 до 500 кГц. Это явление может быть использовано для обнаружения трещин.

#### *Измерение постоянных и переменных деформаций и усилий*

Диагностическую ценность имеют измерения постоянных и переменных деформаций в элементах конструкций в рабочих условиях. Для измерений используются тензорезисторы в виде петлевого участка тонкой проволоки с диаметром 0,025 – 0,050 мм (проволочные тензометры). При растяжении уменьшается поперечное сечение проволоки и возрастает омическое сопротивление, что и регистрируется с помощью потенциометрической схемы. Сопротивление тензорезисторов обычно составляет – 100 Ом.

Тензорезисторы наклеивают на деталь и закрепляют с помощью бумажной ленты, фольги или цемента. При измерении постоянных деформаций тензорезисторы используют до 400°C, так как при более высокой температуре весьма трудно компенсировать температурные погрешности.

При измерении переменных напряжений тензорезисторы могут работать при температуре до 900°C. Точность измерения деформаций составляет 1– 5 %, величина наибольшей деформации зависит от механических свойств проволоки (при постоянной деформации она составляет несколько процентов, при переменной деформации – 0,1 %).

#### *Измерения параметров процесса*

Эти измерения относятся к давлению, температуре, частоте вращения и другим параметрам. *Давление* в различных полостях машин замеряется с помощью манометров с манометрическими трубками, сильфонами и т. д. Для регистрации быстроизменяющихся процессов применяются датчики давления, использующие пьезоэлектрические, индуктивные и тензорезисторные элементы.

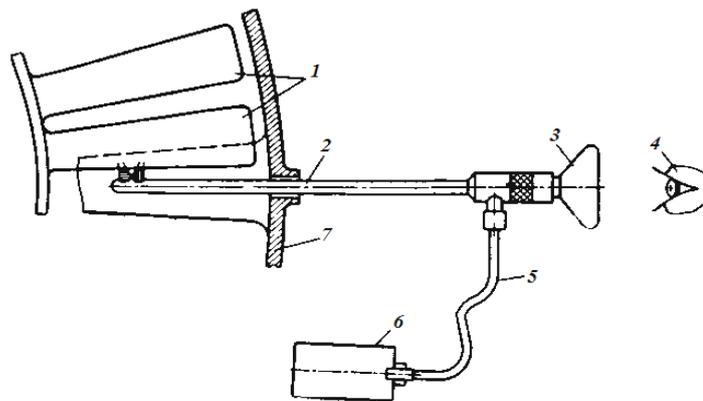
*Температура* в области от – 200 до 700°C измеряется термометрами сопротивления. Их действие основано на зависимости омического сопротивления от температуры. Для измерения температуры до 1600°C используются термоэлектрические пирометры, датчиками которых являются термодпары. Регистрация показаний температур осуществляется с помощью устройств типа милливольтметров с записью на самописец или в цифровом виде. Для диагностических целей используются также оптические и другие пирометры, регистрирующие излучение нагретых элементов конструкции, в том числе быстровращающихся.

*Частота вращения* замеряется индукционными и фотоэлектрическими тахометрами. Наибольшее распространение получили индукционные тахометры, обладающие высокой точностью измерений и надежностью при длительной эксплуатации. В качестве датчика в индукционном тахометре используется вращающийся ротор миниатюрного генератора переменного тока, запись сигнала производится специальными вольтметрами или электронными частотомерами.

### Регистрация состояния соприкасающихся сред

Весьма важную диагностическую информацию несет *масло*, которое используется для смазывания и охлаждения трущихся поверхностей (подшипников, шестерен и т. д.). Диагностический контроль осуществляется по наличию стружки и содержанию железа в масле. Используются специальные приборы - сигнализаторы стружки, которые выдают сигнал при наличии в масле металлических частиц. Металлические частицы в *выхлопных газах* могут быть замечены с помощью датчиков, воспринимающих ионизацию среды. Диагностическое значение имеет анализ химического состава выхлопных газов и других продуктов выхлопа.

*Визуальные наблюдения* осуществляются с помощью оптических трубок (бороскопов). Для возможности визуального наблюдения конструкция должна иметь соответствующие полости (лючки и т. п.), позволяющие проводить осмотр. Применяются оптические трубки, дающие увеличение в два – три и более крат, с диаметром поля зрения 3 – 20 мм. Используются оптические трубки с внутренними зеркалами, позволяющие передать изображение по криволинейному каналу. В последние годы для этой цели используются световоды, выполненные на основе волоконной оптики. Принципиальная схема бороскопа показана на рис. 88.



- 1 – рабочие лопатки, подлежащие осмотру; 2 – трубка бороскопа;  
3 – окуляр; 4 – глаз наблюдателя; 5 – световодная оптическая система;  
6 – источник света; 7 – корпус компрессора

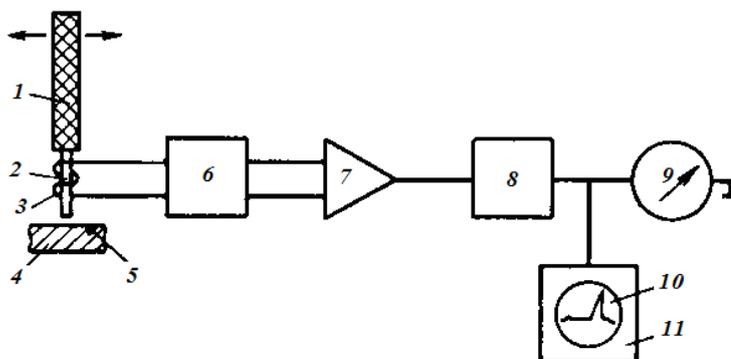
Рисунок 88. Схема бороскопа

С помощью визуального наблюдения обнаруживают повреждения и разрушения поверхности, коробление, трещины, перегрев, износ и т. п.

Данные дефектоскопии. В последние годы методы дефектоскопии (обнаружения дефектов) получили широкое применение в процессе производства и ремонта. Использование методов дефектоскопии в эксплуатационных условиях чрезвычайно затруднено, так как в большинстве случаев требует частичной или полной разработки изделия. Однако некоторые

методы дефектоскопии могут быть использованы в эксплуатационных условиях.

Для обнаружения трещин используется *токовихревой метод*, основанный на возбуждении и измерении вторичных электромагнитных полей вихревых токов. С помощью специального датчика обнаруживаются поверхностные трещины и другие дефекты (рис. 89). Широко применяется *ультразвуковой метод*, при котором специальным излучателем вводятся ультразвуковые колебания, после отражения улавливаемые приемным устройством.



1 – рукоятка; 2 – феррит; 3 – катушка; 4 – лопатка; 5 – дефект;  
6 – генератор высокой частоты; 7 – усилитель; 8 – детектор;  
9 – измерительный прибор; 10 – след дефекта; 11 – осциллограф

Рисунок 89. Схема токовихревого датчика

Трещины, раковины рассеивают колебания и уменьшают интенсивность отраженного сигнала.

Находят применение *методы рентгенографии* с помощью изотопного источника излучения. Такой источник вводится во внутренние полости, и на фотопленке, расположенной за просвечиваемой деталью, получается рентгеновское изображение. По снимку можно обнаружить наличие трещин, обрывов, сколов и т. п. Они в меньшей степени поглощают излучение и потому проявляются на пленке в виде затемненных зон.

В некоторых случаях могут быть использованы методы *цветной или люминесцентной дефектоскопии*. При цветной дефектоскопии детали покрывают краской, проникающей в трещины и поры. Далее слой основной краски смывается и деталь покрывается другой адсорбирующей краской, на которой в виде штрихов и пятен выступает хорошо заметная основная краска, оставшаяся в трещинах.

При люминесцентном методе основная краска обладает свойством флюоресценции при облучении ультрафиолетовыми лучами ртутно-кварцевых ламп. После удаления основной краски (вещества) некоторые частицы остаются в трещинах и при ультрафиолетовом свете дают четкое свечение на темном фоне поверхности детали. Указанные методы позволяют выявить трещины глубиной порядка 0,01–0,10 мм.

### **3.4 Особенности проявления и выявления поломок металлургических машин**

Достижение максимальной эффективности использования металлургического оборудования возможно лишь при наличии информации о техническом состоянии механизмов. Полученные данные имеют большой практический интерес и используются при определении объемов ремонтных работ, допустимой степени нагруженности и сроков эксплуатации машин. Характерным признаком наличия дефектов в механической системе является появление вибраций. Регистрация механических колебаний определила основную суть диагностирования оборудования. Однако при взаимодействии узлов механизма не всегда возможно определить источник колебаний, используя традиционный подход. Необходим глубокий анализ данных измерений с использованием диагностических моделей.

Основная задача технической диагностики – получение информации о состоянии объекта. Для этого выполняются выбор, измерение и анализ диагностических параметров. Диагностическими параметрами, наиболее полно отражающими состояние механического оборудования, являются параметры вибрации. Механическое оборудование металлургических предприятий имеет характерные отличия, соответственно, процесс его диагностики требует учета этих особенностей. Металлургические машины имеют напряженный циклический ритм работы, динамический и близкий к ударному режим нагружения. Характерным для данного класса оборудования являются: единичное и мелкосерийное изготовление; большая масса и габариты; большая мощность привода; тяжелые условия работы (запыленность, воздействие высоких, быстроменяющихся температур); высокие динамические нагрузки при циклическом характере нагружения и относительно низких частотах вращения: различные уровни вибрации при работе на холостом ходу и под нагрузкой. Обычно машины металлургического производства включают: привод, состоящий из электродвигателя и редуктора, а также исполнительный механизм.

Индивидуальность изготовления определяет высокие требования к надежной работе оборудования. Это достигается либо обеспечением прочности за счет завышенных коэффициентов запаса прочности, либо резервированием. Первый путь имеет естественные ограничения, связанные с увеличением массы, габаритов и мощности привода. При этом часто не происходит пропорционального роста срока службы. Резервирование применяется: для исполнительных органов – созданием дополнительных комплектов рабочей оснастки; для электродвигателей – наличием запасного оборудования. В результате лишь редуктор привода, не имеющий резервирования, оказывается наиболее уязвимым местом системы.

Известно, что надежность системы определяется произведением показателей надежности каждого из составляющих элементов. Отсюда

вытекают повышенные требования к безотказной работе редуктора. В силу единичности изготовления на стадии проектирования отсутствуют статистические данные о надежности аналогичных механизмов. Стадия изготовления в лучшем случае обеспечивает заданные показатели и лишь на стадии эксплуатации имеется возможность оценить правильность принятых конструкторских решений. Следовательно, металлургические машины в технологическом цикле не имеют прямого резервирования, поэтому при обеспечении их надежной, безотказной работы важнейшим фактором являются техническое обслуживание, своевременное и качественное проведение ремонтов.

Решение данной проблемы невозможно без проведения технической диагностики, в частности, контроля параметров вибрации. Однако в силу своих особенностей к металлургическим машинам не применимы нормативы общепринятых стандартов. Уникальность оборудования требует индивидуального подхода к решению вопросов оценки технического состояния конкретного механизма. Машины, непосредственно участвующие в технологическом процессе, обычно имеют два характерных режима работы: под нагрузкой и холостой ход. Дефекты привода проявляются на холостом ходу и увеличивают вибрацию механизма под нагрузкой. Дефекты исполнительного механизма проявляются лишь при работе под нагрузкой и не влияют на вибрацию машины на холостом ходу. Отсюда вытекает необходимость измерения параметров вибрации в двух указанных режимах и учет их соотношения при анализе результатов.

Основным результатом диагностирования оборудования является определение технического состояния и прогнозирование его изменения. Полученная информация используется ремонтными службами в своей деятельности, что и обеспечивает экономическую эффективность работы служб технической диагностики. Следовательно, качество переданных данных должно отображать всю сущность происходящих в механизме изменений. В настоящее время это требование не выполняется. Значительные успехи в развитии радиоэлектроники, вычислительной техники привели к появлению анализаторов параметров вибрации, предоставляющих обширную информацию о спектральном составе вибрации. Однако использование амплитудно – частотных характеристик идет по пути использования упрощенных диагностических моделей, основное содержание которых заключается в распознавании дефектов по отслеживанию амплитуд вибрации на вычисленных информативных частотах возможного проявления дефекта, а прогнозирование сводится к определению тенденций развития дефекта, в предположении неизменной скорости его изменения. Данные положения не всегда позволяют объяснить внезапные изменения технического состояния машин стационарного режима работы и абсолютно недостаточны для описания процессов, происходящих в механизмах с динамическим режимом нагружения. В реальном механизме вибрация – следствие комплекса причин: состояния элементов и

узлов механизма; критерии их износа; технологических параметров процесса; качества технического обслуживания. Каждый из этих факторов может стать основной причиной вибрации. Задача диагноста сводится к определению причины и способа устранения либо уменьшения уровня вибрации. Сложной проблемой является распознавание основного источника при одновременном проявлении нескольких причин.

Например, спектр вибрации редукторов металлургических машин складывается из оборотных частот вращения валов, их гармоник; частот зубчатых передач и их гармоник; информативных частот возможных дефектов подшипников качения. При ослаблении посадки подшипников на валу и в корпусе, ослаблении затяжки резьбовых соединений появляются также суб и супергармоники. На эти частоты накладываются резонансные частоты элементов редуктора. Технологический процесс прокатки в свою очередь вызывает появление динамических колебаний. Используя метод суперпозиции, получаем сложную картину спектральных характеристик механизма, разобраться в которой при совпадении и наложении информативных частот весьма затруднительно. Если бы информативные частоты проявления дефектов не были бы разнесены во времени и пространстве, задача определения вида повреждения не имела бы решения. Практически же определяется не весь перечень дефектов, а концентрируются внимание на одном, двух, имеющих наибольшие параметры вибрации. Измерение спектральных характеристик вибрации требует использования сложной аппаратуры, стабильных условий измерения и квалифицированного персонала. Зачастую гораздо более практичным является предварительное исследование механизма с использованием комплекта портативных диагностических приборов контроля взаимодополняющих параметров вибрации либо анализа акустического шума. Эти методы, несмотря на незначительную глубину поиска дефекта, позволяют получить первое предупреждение о происходящих изменениях в механизме, безусловно, при правильном выборе диагностических параметров.

### **3.5 Безопасность эксплуатации и технического обслуживания технологических машин**

При выполнении механомонтажных работ необходимо руководствоваться требованиями:

- Закона РК № 314 – II от 03.04.2002 г. «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» (с изм. и доп. по состоянию на 27.07.2007 г.).
- Закона РК №170 – III от 07.07.2006 г. «Об охране здоровья граждан» (с дополнением от 11.01.2007 г.). Трудовой кодекс РК от 15 мая 2007 года № 251– III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 19.12.2007 г.).

- Технического регламента «Требование к безопасности процессов металлургического производства» Постановление Правительства РК №14 от 16.01.2009 г

- Положения о Декларации безопасности промышленного объекта Республики Казахстан. Утверждено постановлением Государственного комитета РК по ЧС N 42 от 11.09.1997 г.

Конкретные мероприятия по технике безопасности, средства подмащивания и приспособления для обеспечения безопасных условий труда должны разрабатываться в ППР.

Организация работ в соответствии с ППР, контроль и ответственность за применение в соответствии с назначением монтажно-технологической оснастки, грузоподъемных машин, механизированного инструмента и средств защиты работающих, инструктаж рабочих о безопасных методах ведения работ возлагаются на инженерно – технических работников строительно-монтажных организаций.

Для безопасного производства работ, для прохода рабочих к местам производства работ должны быть выполнены средства подмащивания, лестницы, трапы и мостики с перильными ограждениями в соответствии с ГОСТ 12.2.012 – 75, ГОСТ 24258 – 80, ГОСТ 24259 – 80 и СНиП III – 4 – 80.

Участки производства работ по монтажу тяжеловесного и крупно-габаритного оборудования, расконсервации и обезжириванию, индивидуальному испытанию следует оградить сигнальными и защитными ограждениями по ГОСТ 23407 – 78 и обозначить знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026 – 76 и надписями установленной формы.

Во избежание падения рабочих монтажные проемы, технологические подвалы и глубокие приямки в фундаментах должны быть ограждены инвентарными защитными ограждениями, выполненными в соответствии с ГОСТ 12.4.059 – 78, или закрыты сплошным настилом.

Все лица, занятые на монтажных работах, должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты в зависимости от вида выполняемых работ и в соответствии с типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений, в соответствии с Техническим регламентом «Требование к безопасности процессов металлургического производства» (Постановление Правительства РК №14 от 16.01. 2009 г).

Механизированный инструмент и средства малой механизации, применяемые при производстве работ, должны быть исправными, ими следует пользоваться строго по назначению.

Установку тяжеловесного оборудования в проектное положение с помощью одного или двух кранов, а также монтаж оборудования в зонах, не обслуживаемых мостовыми кранами с применением специальных траверс, следует производить под непосредственным руководством специально назначенного инженерно – технического работника.

Строповку оборудования и конструкций следует осуществлять за специальные строповочные приспособления инвентарными стропами или специальными грузозахватными устройствами, изготовленными по утвержденному проекту. Расстроповку необходимо производить только после надежного проектного или временного закрепления монтируемых узлов.

Расконсервацию, очистку от коррозии и обезжиривание оборудования необходимо производить в специальных помещениях или на открытых площадках.

Закрытые помещения должны быть оборудованы приточно – вытяжной вентиляцией. При использовании летучих химических веществ (бензина, уайт-спирита и т. п.) воздух в помещении необходимо периодически проверять на наличие в нем вредных веществ. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций по ГОСТ 12.1.005-76.

Помещения и площадки, где проводятся работы по расконсервации и очистке оборудования, должны быть оборудованы противопожарным инвентарем.

Химические материалы, выделяющие вредные или взрыво и пожаро-опасные вещества, разрешается хранить на рабочих местах в количествах, не превышающих сменной потребности. Использованные кислотные и щелочные растворы, масла, растворители, обтирочный материал и отходы ингибированной бумаги необходимо собирать в специальную тару и регулярно вывозить в отведенные места.

При установке на место деталей, имеющих цилиндрическую форму (мельницы, барабаны и др.) и расположенных в горизонтальном положении, следует применять клиновые подкладки и другие приспособления, исключающие возможность их самопроизвольного движения.

До пуска оборудования проверить наличие посторонних предметов в питателях, бункерах и трубопроводах.

При сборке ковшей в колесном сепараторе на стыках колеса колесо необходимо стопорить от проворачивания.

При монтаже колесных сепараторов запрещается находиться в ванне сепаратора при регулировке зазора между корпусом сепаратора и колесом во избежание травм при случайном повороте колеса.

Электросварочные и автогенные работы должны производиться в соответствии с "Инструкцией по производству сварочных и автогенных работ на обогатительных и брикетных фабриках и сортировках", а также в соответствии с местными инструкциями.

Перед проведением испытаний оборудования необходимо проверить наличие всех проектных кожухов, ограждений движущихся и вращающихся частей, заземления и систем сигнализации.

Исправление дефектов, выявленных при испытании, на работающем оборудовании недопустимо.

При производстве работ на монтажной площадке одновременно несколькими строительными-монтажными организациями генподрядчик обязан совместно с субподрядными организациями разработать мероприятия по охране труда и технике безопасности, обязательные для всех организаций, принимающих участие в строительном-монтажных работах.

**Контрольные вопросы.**

1. Что изучает техническая диагностика как наука?
2. Основное назначение технической диагностики?
3. Какие виды диагностической информации Вам известны?
4. Какую диагностическую информацию несет масло?
5. Какие мероприятия обязан разработать генподрядчик совместно с генподрядными организациями при производстве работ на монтажной площадке?

## 4 СМАЗКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

### 4.1 Смазочные материалы, их свойства и выбор

Основное назначение смазки — сокращение расхода энергии на преодоление сил трения, уменьшение износа трущихся поверхностей и, следовательно, продление межремонтных периодов оборудования.

Учитывая тяжелые режимы работы металлургического оборудования, требуемую надежность и непрерывность действия и потребность в больших количествах смазки, к смазочным материалам предъявляют следующие основные требования:

- а) надежные антифрикционные и противоизносные свойства;
- б) требуемая вязкость и способность хорошо смачивать трущиеся поверхности (противозадириные свойства);
- в) способность противостоять высоким давлениям и сопротивляться вытеснению из зазора между трущимися поверхностями;
- г) стабильность, т. е. устойчивость в отношении температуры, окисления; разложения и пр.;
- д) химическая нейтральность;
- е) экономическая выгодность применения.

Смазочные материалы делят на жидкие (минеральные, растительные и синтетические масла), густые (консистентные смазки или мази и животные жиры) и водные эмульсии.

Растительные масла и животные жиры обладают хорошими смазочными свойствами и способностью противостоять высоким давлениям, но дороги, связаны с потреблением дефицитного пищевого сырья, недостаточно стабильны и содержат кислоты, вызывающие коррозию металла. В настоящее время растительные масла и животные жиры применяют главным образом в виде добавок к минеральным маслам и густым смазкам для улучшения их качества.

Синтетические масла находят применение в условиях низких ( $-60^{\circ}\text{C}$  и ниже) или высоких ( $+300^{\circ}\text{C}$  и выше) температур.

Основным видом смазки, служащей для снижения трения, уменьшения износа и охлаждения трущихся поверхностей, являются минеральные масла.

Минеральные масла получают из нефтяного остатка — мазута. При перегонке мазута под вакуумом выделяются масляные погоны — масла малой и средней вязкости (соляровые, веретенные, машинные и цилиндровые) — дистилляты, которые после очистки от смолистых веществ, кислот и других нежелательных примесей превращаются в высококачественные дистиллятные масла. Дистилляты очищают, обрабатывая их серной кислотой, щелочью и отбеливающими землями.

Из остаточных продуктов перегонки мазута (гудрона) извлекают высоковязкие остаточные масла — авиационные, брайтсток, вапоры и нигролы.

Дистиллятные и остаточные продукты, дополнительно очищенные от смолистых веществ нитробензолом, фенолом, анилином и др., образуют группу селективных масел, обладающих отличными смазывающими свойствами, стабильностью против окисления и стойкостью при высоких температурах.

Масла специальных качеств, особенно для компрессоров и двигателей внутреннего сгорания, получают, смешивая минеральные масла с растительными или синтетическими. Такие масла носят название командированных.

Минеральные масла характеризуются цветом, плотностью, вязкостью, температурой вспышки или воспламенения, температурой застывания, кислотностью, коррозионным действием, окисляемостью, коксуемостью, зольностью, содержанием воды, водорастворимых кислот и щелочей, склонностью к пенообразованию, эмульгируемостью и количеством механических примесей. Основной характеристикой масел является вязкость.

Консистентные смазки являются пластическими коллоидными системами и представляют собой сплавленную смесь минеральных масел с загустителями — мылами. При нормальной температуре смазка представляет собой плотную массу, обладающую высокой пластичностью и маслянистостью.

Наибольшее распространение получили смазки, загущенные кальциевыми и натровыми или смешанными кальциево-натровыми мылами, консистентные смазки изготавливают также на мылах легких и тяжелых металлов (алюминия, цинка, свинца) или на немых загустителях церезине, петролатуме, воске, парафине).

Смазки могут различаться по типу масляной основы (минеральное, растительное масло, кремнийорганическая жидкость), по консистенции (полужидкие, пластичные, твердые), по температуре плавления (низкоплавкие, среднеплавкие, тугоплавкие) и по назначению — антифрикционные, защитные, уплотнительные.

К антифрикционным смазкам относят солидолы, консталины, индустриальные, трансмиссионные, железнодорожные и др.

К защитным смазкам принадлежат: технический вазелин, пушечная мазь, канатная мазь, консервационные смазки и др.

Уплотнительные смазки применяют для герметизации уплотнений, сальников, резьбовых соединений, газовых и бензиновых кранов, затворов газгольдеров и пр.

Консистентные смазки характеризуются вязкостью, пределом прочности (текучести), плотностью (пенетрацией), температурой плавления (капельного падения), стабильностью, коррозионными свойствами и содержанием воды, кислот, щелочей и механических примесей.

Воду или водные эмульсии (например, вода с 0,1% NaOH) применяют в качестве охлаждающей и смазывающей жидкости для пластмассовых вкладышей.

## 4.2 Эксплуатационные свойства масел и смазок

Основными показателями масел являются: антифрикционные и противозносные свойства, вязкость, стабильность и температуры вспышки  $l$  застывания.

Вязкость, или внутреннее трение, представляет собой сопротивление, оказываемое маслом при взаимном перемещении частиц, и является результатом действия внутренних сил.

Мерой вязкости служит сила, необходимая для преодоления сопротивлений, возникающих при движении частиц смазки.

Различают вязкость динамическую, кинематическую и относительную или условную.

За единицу динамической вязкости принята сила, необходимая для сдвига (перемещения) слоя жидкости площадью  $1 \text{ м}^2$  со скоростью  $1 \text{ м/с}$  относительно другого равновеликого слоя, находящегося на расстоянии  $1 \text{ м}$  от первого. Единица динамической вязкости имеет размерность  $1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ . Коэффициент абсолютной динамической вязкости обозначают буквой  $\mu$ . Величину, обратную  $\mu$ , т. е.  $\frac{1}{\mu}$ , называют текучестью.

В физической системе мер СГС единицей динамической вязкости служит пуаз ( $\text{пз}$ ), равный  $1 \text{ дин}\cdot\text{с}/\text{см}^2$  ( $1 \text{ Г}/\text{см}\cdot\text{с}$ ). Сотую часть пуаза называют сантипуазом ( $\text{спз}$ ). Динамическая вязкость воды при  $20^\circ \text{ С}$  равна  $1,008 \text{ спз}$ .

В технической системе мер МКГСС единица динамической вязкости равна  $10 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ .

Между единицами вязкости в системах СИ, МКГСС и СГС существует зависимость:  $1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 0,102 \text{ кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ пз} = 981 \text{ спз} = 10 \text{ пз}$ ;  $1 \text{ пз} = 100 \text{ спз} = 1 \text{ дин}\cdot\text{с}/\text{см}^2 = 0,102 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 0,1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ .

Кинематической вязкостью называют отношение динамической вязкости к плотности жидкости при данной температуре.

Плотность жидкости  $\rho = \frac{m}{V} \text{ г}/\text{м}^3$  (в системе СГС  $\text{г}/\text{см}^3$ , в системе МКГСС  $\text{кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$ ), представляет собой количество жидкости, заключенное в единице ее объема. Плотность масел колеблется в пределах  $0,85\text{—}0,95 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Коэффициент кинематической вязкости  $\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $\text{см}^2/\text{с}$ , а в системе СГС и  $1\cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$  в системе МКГСС.

Единицей кинематической вязкости в системе СГС служит стокс ( $\text{ст}$ ). Это вязкость жидкости, плотность которой равна  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ , а динамическая вязкость  $1 \text{ пз}$ , или  $1 \text{ Г}/\text{см}\cdot\text{с}$ . Размерность стока  $\text{см}^2/\text{с}$ . Сотую часть стока называют сантистоксом ( $\text{ест}$ ). Эта величина находит широкое применение в практике для оценки вязкости масел  $[1 \text{ ест}] = [1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 \cdot \frac{1}{\rho} 10^3]$ .

Относительную, или условную, вязкость определяют при помощи вискозиметров – сосудов с калиброванными отверстиями, замеряя время истечения определенного объема жидкости в секундах.

В настоящее время относительная вязкость не является обязательной характеристикой масла. В нашей стране в качестве стандартного был принят вискозиметр Энглера и относительную вязкость выражали в градусах Энглера ( $^{\circ}E$ ) или в равнозначных градусах ВУ ( $^{\circ}ВУ$  – вязкость условная). При этом методе относительной вязкостью является отношение времени истечения  $200 \text{ см}^3$  испытуемого масла при данной температуре ко времени истечения такого же объема дистиллированной воды при  $20^{\circ}C$ . Например, вязкость масла промышленного 50 при  $50^{\circ}$ :  $42 \div 58 \text{ ссм} = 0,037 \div 0,05 \text{ н}\cdot\text{с}/\text{м}^2 = 0,36 \div 0,49 \text{ нз} = 5,7 \div 7,8^{\circ} В У$ .

С повышением температуры вязкость уменьшается, а с повышением давления — увеличивается. Поэтому в справочных таблицах значение вязкости дается при определенных температурах и атмосферном давлении: для легких и средних масел при  $50^{\circ}C$ , а для тяжелых при  $100^{\circ}C$ . В циркуляционных системах за расчетную температуру масла принимают  $40^{\circ}C$ . Для пересчета вязкости масла на нужную температуру пользуются формулами, таблицами или номограммами.

Например, масло авиационное МК-22 имеет вязкость при  $100^{\circ}C$  –  $22 \text{ ссм}$ ,  $60^{\circ}C$  –  $100 \text{ ссм}$ ,  $50^{\circ}C$  –  $175 \text{ ссм}$ ,  $40^{\circ}C$  –  $340 \text{ ссм}$ ,  $25^{\circ}C$  –  $965 \text{ ссм}$  и  $0^{\circ}$  –  $12000 \text{ ссм}$ .

Перевод некоторых значений вязкости, выраженных в  $\text{ссм}$ , в  $^{\circ}ВУ$  (при равной температуре):  $20 \text{ ссм} = 2,9^{\circ} ВУ$ ;  $30 \text{ ссм} = 4,2^{\circ} ВУ$ ;  $40 \text{ ссм} = 5,5^{\circ} ВУ$ ;  $50 \text{ ссм} = 6,8^{\circ} ВУ$ ;  $60 \text{ ссм} = 8,0^{\circ} ВУ$ ;  $100 \text{ ссм} = 13,5^{\circ} ВУ$ . Вообще, начиная с  $60 \text{ ссм}$   $v = 7,41^{\circ} ВУ$ ;  $^{\circ}ВУ = 0,135 v$ ;  $\mu = 0,0066^{\circ} ВУ$ .

С повышением давления до одного  $0,1 \text{ МПа}$  до  $10 \text{ МПа}$  вязкость масла при неизменной температуре увеличивается на 30 %, а при давлении  $20,0 \text{ МПа}$  до 60 %.

Вязкость смеси масел или соотношение смешиваемых масел, чтобы получить смесь требуемой вязкости, определяют по номограммам.

Температурой вспышки называют температуру, при которой пары масла, нагреваемого в установленных стандартом условиях, образуют с окружающим воздухом смесь, вспыхивающую при зажигании.

Температурой застывания является температура, при которой масло утрачивает текучесть (подвижность) и приобретает свойства пластической массы.

Кислотность характеризует содержание в масле свободных органических кислот. Мерой кислотности служит кислотное число, т. е. количество миллиграммов КОН, необходимое для нейтрализации одного грамма масла.

Свободная кислота или щелочь, содержащаяся в масле, разъедает смазываемые поверхности, причем кислоты сильнее действуют на черные металлы, а щелочи – на цветные.

Окисляемостью называют способность масла вступать в реакцию с кислородом воздуха, окисляемость возрастает с повышением температуры. Стойкость к окислению характеризует стабильность масел, которая имеет большое значение в условиях воздействия высоких температур и в циркуляционных системах.

Коксуюемостью называют склонность масла разлагаться под влиянием высоких температур с образованием твердых углеродистых осадков.

Масла в процессе работы, особенно в открытых системах, постепенно стареют, т. е. изменяют свои первоначальные качества вследствие окисления и разложения под влиянием высоких температур, в результате чего увеличиваются вязкость, кислотность, коксуюемость и содержание смолистых осадков.

Твердые вещества, находящиеся в масле в виде осадка или во взвешенном состоянии и задерживаемые фильтрами, называют механическими примесями. Механические примеси вызывают повышенный износ трущихся поверхностей и поэтому их содержание должно быть минимальным, а в системах смазки подшипников жидкостного трения — совершенно недопустимо.

Минеральные масла не обеспечивают удовлетворительную смазку узлов трения в следующих случаях:

1) при полужидкостном, полусухом или граничном трении скольжения, особенно в условиях высоких температур, нагрузок и скоростей скольжения, когда повышаются потери на трение и усиливается износ трущихся поверхностей;

2) в тяжело нагруженных зубчатых и червячных передачах, когда усиливается износ в виде усталостного выкрашивания и происходит заедание рабочих поверхностей зубьев;

3) в тяжело нагруженных подшипниках качения, когда преобладает усталостное выкрашивание и наблюдается фреттинг – коррозия;

4) в период приработки деталей.

В указанных случаях к маслам добавляют антифрикционные, противоизносные и противозадирные присадки.

Антифрикционными присадками являются животные жиры, растительные масла, сера и дисульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$ ).

Противоизносными присадками являются соединения серы, хлора, фосфора, свинцовые мыла, осерненные жиры, графит, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама.

Противозадирные свойства масел оцениваются двумя основными эмпирическими показателями:  $P_k$  – максимальной критической нагрузкой, при которой появляются первые риски задиров, и ОПП – обобщенным показателем изнашивания при трении в условиях задирання.

Показатели противозадирных свойств масел, наиболее широко применяемых в металлургической промышленности, приведены в табл. 8.

Таблица 8 – Показатели противозадирных свойств масел

Сорт масла	$P_k$	ОПИ	Сорт масла	$P_k$	ОПИ
Индустриальное 50	17 – 20	17– 24	Масла легированные присадками: трансмиссионное Тап – 15 ... для гипоидных передач .....	24 – 26 23 – 25	51– 57 75– 82
Авиационное МС– 20С	22 – 23	31– 36			
Для прокатных станов П – 28.....	22 – 24	303 – 8			
Цилиндровое 52 . .	21– 24	28 – 35			

Противозадирными присадками служат соединения хлора, серы и фосфора (табл. 9). Следует заметить, что хлоро – серные соединения вызывают коррозию стали.

Таблица 9 – Характеристика некоторых присадок, изготовляемых отечественной промышленностью

Присадка	Область применения	Содержание элементов.			%	
		сера	хлор	фосфор	цинк	
ЭЗ – 2	Антифрикционная и противоизносная	2,5	–	1	–	–
ЭЗ – 5	Противозадирная	18	27	–	–	–
ОТ – 1	»	18	4	–	–	–
ЛЗ – 6/9	»	40	0,5	–	–	–
Хлорэф – 40	Противоизносная	–	30	10	–	–
ДФ – 11	Противоокислительная и противоизносная	6	–	5	5	5

Концентрацию присадок в масле принимают от 3 до 5 %.

Для ускорения приработки трущихся деталей можно применять смазку, содержащую от 5 до 20 % дисперсных частиц серы.

Существуют присадки, повышающие липкость смазочных масел (применяются в открытых узлах трения), кремнийорганические присадки пеногасители (силиконы), добавляемые в масло в количестве 0,002 % и депрессаторы, снижающие температуру застывания масла (например, АзНИИ, добавляемый в масло в количестве до 1 %).

Наличие в масле воды, попадающей из атмосферы или через уплотнения, усиливает коррозионное свойство масла и повышает его эмульгируемость. При эмульгировании масла снижается его вязкость, ухудшаются смазочные свойства и увеличивается его объем в смазочных системах. С целью предупреждения образования стабильных эмульсий применяют специальные присадки – деэмульгаторы. Для разделения образовавшихся эмульсий масло необходимо центрифугировать.

Основными показателями консистентных антифрикционных смазок являются предел текучести, вязкость, пенетрация, т. е. показатель проницаемости, и температура каплепадения.

Предел текучести или предел прочности на сдвиг характеризуется минимальным напряжением сдвига, вызывающим нарушение заданной формы смазки, переход к вязкому течению смазки и потерю способности смазки удерживаться на поверхности детали под действием нагрузок и инерционных сил. Предел прочности  $\tau$  имеет размерность  $Па$  и определяется с помощью пластометра при температурах 20; 50 и 80° С.

Вязкость, или внутреннее трение, показывает зависимость между напряжением сдвига  $\tau$  и средним градиентом скорости сдвига  $u_{cp}$  при постоянной температуре

$$\mu = \frac{\tau}{u_{cp}},$$

где  $\tau$  – максимальное напряжение сдвига,  $Па$ ;  
 $u_{cp}$  – средний градиент скорости сдвига,  $с^{-1}$ .

Пенетрация, т. е. плотность, густота или проницаемость смазки определяется с помощью пенетromетра. Числом пенетрации является глубина погружения в смазку стандартного конического плунжера массой 150 г в течение 5 с при 25°С, выраженная в сотых долях сантиметра. Чем больше число пенетрации, тем меньше плотность смазки, и наоборот.

Стабильность определяет постоянство химической структуры и физических показателей смазки, т. е. склонность к окислению или старению, стойкость к выделению или испарению масел, входящих в состав всех смазок.

Температура каплепадения является условной характеристикой термостойкости смазки. Она дает приближенное представление об интервале температур, в течение которого смазка переходит из пластического состояния в жидкотекучее, или верхнем температурном пределе работоспособности смазки. Температурой каплепадения называют температуру, при которой из смазки, подогреваемой в специальном приборе, отделяется и падает первая капля, т. е. когда предел текучести смазки становится равным нулю.

Вода в смазке нежелательна, так как может вызвать коррозию трущихся деталей, а в зимних условиях повысить консистенцию смазки.

Содержание механических примесей должно быть ограничено сотыми или тысячными долями процента.

### 4.3 Сорты и области применения минеральных масел

Ассортимент нефтяных смазочных масел весьма обширен. Выпускаемые масла можно разделить на следующие группы: приборные, промышленные, моторные, цилиндрические, авиационные, трансмиссионные, турбинные, осевые, компрессорные, для холодильных машин и специализированные. Перечень наиболее употребительных сортов масел и их краткая характеристика приведены в табл. 10.

Таблица 10 – Краткая характеристика наиболее употребительных минеральных масел

Наименование масла*	Вязкость			Температура кипения, °С	Температура застывания, °С	Масло-заменитель
	при температуре, °С	кинематическая, <i>сст</i>	условная °ВУ			
Приборное МВП ...	50	6,3 – 5,5	1,51 – 1,72	120	– 60	–
Легкие промышленные:						
велосит Л, ....	50	4,0 – 5,1	1,29 – 1,40	112	– 25	Вазелиновое Т
вазелиновое Т....	50	5,1 – 8,5	1,40 – 1,72	125	– 20	Приборное МВП
сепараторное Л....	50	6 – 10	1,48 – 1,86	135	+ 5	Сепараторное Т
Средние промышленные:						
12 (веретенное 2)....	50	10 – 14	1,86 – 2,26	165	– 30	Промышленное 20
сепараторное Т....	50	14 – 17	2,26 – 2,6	165	+ 5	То же
20 (веретенное 3)....	50	17 – 23	2,6 – 3,31	170	– 20	Промышленное 12 + 30
30 (машинное Л) ....	50	27– 33	3,81 – 4,59	180	– 15	Промышленное 20 + 45
45 (машинное С) ....	50	38 – 52	5,24 – 7,07	190	– 10	Промышленное 50
50 (машинное СУ) ..	50	42 – 58	5,76 – 7,86	200	– 20	–
Тяжелые промышленные:						
цилиндрическое 11 (2) .	100	9 – 13	1,76 – 2,15	215	+ 5	АСп – 10
вапор 13 (1500) ....	100	11,4–14,5	2,0 – 2,32	190	– 5	Цилиндрическое 11
цилиндрическое 24 (вискозин) .....	100	20 – 28	2,95 – 3,95	240	+ 2	П – 28

П-28 для прокатных станков брайтсток).	100	26 – 30	3,68 – 4,20	285	– 10	МС – 24
вапор 25 (2200) . .	100	24,5 – 27	3,50 – 3,8	190	– 10	Цилиндровое 24
вапор 30 (2900) . .	100	30 – 33	4,2 – 4,59	190	– 5	Цилиндровое 38
цилиндровое 38 (6) .	100	32 – 44	4,5 – 6,0	300	+ 17	Цилиндровое 52
цилиндровое 52 (вапор) .....	100	44 – 59	6,0 – 8,0	310	– 5	–
Автотракторные:						
АСп – 6 (автол зимний) .....	100	6	1,48	185	– 30	–
АСп – 10 (автол летний) .....	100	10	1,86	200	– 25	–
АК – 15 (автол летний)....	100	15	2,37	215	– 5	–
Дизельные:						
Дп – 8 (зимнее) ....	100	8-9	1,67– 1,76	200	– 25	–
Дп – 11 ....	100	10,5-12,5	1,91– 2,10	200	– 18	–
Дп – 14 (летнее)....	100	13,5-15,5	2,20 – 2,43	210	– 10	–
Авиационные:						
МС – 14....	100	14	2,26	200	– 30	–
МС – 20, МС – 20С	100	20	2,95	225	– 18	–
МК – 22....	100	22	3.19	230	– 14	–
МС – 24....	100	24	3,43	240	– 17	–
Разные:						
трансмиссионное Тап – 15....	100	15	2,37	95	–	–
трансмиссионное автотракторное зимнее (нигрол 3)	100	17,8– 22,0	2,63 – 3,19	170	– 20	–
трансмиссионное автотракторное летнее (нигрол Л) ...	100	28,4 – 32.4	4,0 – 4,51	180	– 5	–
для гипоидных передач .....	100	20,5– 32,5	3,01 – 4,52	165	– 20	–
осевое 3 .....	50	20 – 25	2,95 – 3,56	1,30	– 40	–
осевое Л .....	50	36 – 52	4,98 – 7.07	135	– 15	–

турбинное 22 (Л)....	50	20 – 23	2,95 – 3,31	180	– 15	–
турбинное 30 (УТ)...	50	28 – 32	3,95 – 4,46	180	– 10	–
турбинное 46 (Т)....	50	44 – 48	6,02 – 6,55	195	– 10	–
турбинное 57 (турбо-редукторное)	50	55 – 59	7,47 – 8,0	195	–	–
компрессорное 12...	100	11– 14	1,96 – 2,26	216	–	–
компрессорное 19...	100	17– 21	2,60 – 3,07	242	–	–
*В скобках указаны старые названия масел						

Минеральные масла преимущественно применяют для смазки:

- а) узлов трения, выделяющих большое количество тепла или работающих в условиях высоких температур;
- б) подшипников скольжения, работающих в режиме полужидкостного и жидкостного трения и снабженных надежными уплотнениями;
- в) высокоскоростных подшипников качения;
- г) закрытых механизмов и передач, хорошо изолированных от пыли и влаги;
- д) точных приборов и механизмов, требующих чистой и маловязкой смазки.

Для узлов, работающих в условиях граничного полусухого и полужидкостного трения (зубчатые и червячные передачи, некоторые подшипники скольжения), первостепенное значение имеют антифрикционные, противозносные и противозадирные свойства смазки, а также способность смазки отводить выделяющееся тепло.

Для механизмов, работающих в режиме жидкостного трения, решающим фактором при выборе смазки является ее вязкость. Лучшей по вязкости маркой масла следует считать ту, которая обеспечивает работу подшипников скольжения при минимальной температуре.

Для установок, работающих при нормальных температурах, минеральные масла выбирают по вязкости. С увеличением удельных давлений, при ударных и знакопеременных нагрузках, возвратно-поступательных движениях, при смазке новых неприработанных или, наоборот, сильно изношенных деталей вязкость масел увеличивают. С увеличением скорости движения трущихся деталей вязкость масел уменьшают.

В циркуляционных системах применяют остаточные масла селективной очистки или дистиллятные углубленной очистки. К ним относятся: масло для прокатных станов П – 28, гаргойль (смесь масел авиационного МС – 20 и индустриального 50), vapory облегченные 13, 25, 30, цилиндрическое 52 (vapop), цилиндрическое 24 (вискозин) и индустриальное 50. Легкие индустриальные масла

с вязкостью до 10 *сст* при 50°C рекомендуются для смазки высокоскоростных и малонагруженных механизмов, средние индустриальные масла с вязкостью 10 – 58 *сст* при 50°C применяют для металлорежущих станков, электродвигателей, насосов, вентиляторов, т. е. оборудования, работающего в средних режимах нагрузки, а тяжелые индустриальные масла с вязкостью 10 – 33 *сст* при 100°C используют для высоконагруженных механизмов, кузнечно-прессового и прокатного оборудования. При гидрораспоре подшипников качения используют масла с вязкостью 40 – 50 *сст* при 50°C.

Масла индустриальное 50 и цилиндрическое 11 рекомендуются для редукторов мостовых кранов и цилиндрических зубчатых передач при контактных нагрузках 500 – 1000 *МПа* и скоростях до 25 *м/с*, а также для червячных передач при средних нагрузках и скоростях до 12 *м/с*.

Масло цилиндрическое 24 применяют в циркуляционных системах смазки небольшой протяженности (10 – 40 *м*) и в картерных системах смазки разбрызгиванием для зубчатых передач при тяжелых нагрузках.

Масло для прокатных станов П – 28 употребляют в циркуляционных системах протяженностью 50 – 150 *м* для смазки зубчатых зацеплений и подшипников жидкостного трения. Высокоскоростные подшипники жидкостного трения целесообразно смазывать менее вязкими маслами МС – 14 и турбинным 30.

Облегченные пары изготовляют, разбавляя до требуемой вязкости цилиндрическое масло 52 очищенными дистиллятными маслами.

Варор 13 рекомендуется для вспомогательного прокатного оборудования с циркуляционной системой смазки при удельных давлениях до 600 *МПа*, варор 25 применяют для основного прокатного оборудования с циркуляционной системой смазки при удельных давлениях до 1200 *МПа*, варор 30 используют в тех же случаях, но при удельных давлениях свыше 1200 *МПа*. Варором 30 с присадкой дисульфида молибдена смазывают опорные подшипники кислородных конвертеров.

Масло цилиндрическое 52 используют для смазки тяжело нагруженных механизмов (шестеренные клетки, редукторы) в системах протяженностью 40 – 80 *м*. Иногда применяют смесь 80 % масла 52 и 20 % масла индустриального 20.

В централизованных системах смазки редукторов и шестеренных клеток находят применение турбинные масла марок 22, 30, 46, 57. Это – дистиллятные масла, с более глубокой очисткой по сравнению с индустриальными; окисляются они при повышенной температуре и обладают способностью легко отделять воду при центрифугировании.

При необходимости произвести замену сорта масла учитывают следующее:

- а) замена должна быть временной до получения основного сорта масла;
- б) вязкость заменителя должна быть равна вязкости основного масла при равных температурах или превышать ее на 20 – 30 %.

#### 4.4 Сорта и области применения консистентных смазок

Ассортимент выпускаемых промышленностью консистентных смазок можно разделить на следующие группы: приборные, антифрикционные общего назначения, высокотемпературные, индустриальные антифрикционные (металлургические), стабильные к агрессивным средам, железнодорожные, трансмиссионные, защитные, консервационные и уплотнительные. Перечень наиболее употребительных сортов смазок и их краткая характеристика приведены в табл. 11.

Таблица 11 – Характеристики наиболее употребительных сортов смазок

Наименование смазки	Вязкость		Пенетрация при 25°С	Температура применения, °С	
	при температуре, °С	не более из		максимальная	минимальная
<b>Антифрикционные:</b>					
солидол УСс – 1....	0	1800	330 – 360	55	– 10
солидол УСс – 2....	0	5000	270 – 330	60	– 10
солидол С ....	0	2000	–	70	– 10
консталин УТ – 1, УТ – 2.....	0	5000	225 – 275	120	–
консталин С ....	0	2500	–	120	–
137 металлургическая .....	0	2800	335 – 360	145	–
ИП – 2 брикетная....	–	–	50 – 100	170	–
1 – 13 жировая....	0	5000	250 – 290	120	– 25
ИШ– Л для прокатных станов	–	–	260 – 310	80	0
ИП1– 3 для прокатных станов	–	–	310 – 350	75	– 5
№ 10 металлургическая	–	–	200 – 260	90	–
НК– 50 (натриевая)....	80	500	170 – 225	150	0
Циатим – 201 (литиевая)....	0	1500	270 – 320	100	– 60
Циатим – 202 (литиевая) ....	30	15000	–	120	– 50
Циатим – 203 (литиевая) ....	0	1000	–	120	– 45
Циатим – 221 (кремнистая)....	80	200	275—370	160	– 60
ВНИИ НП 236 (кремнистая)...	20	40	–	250	– 60
<b>Стабильные к агрессивным средам:</b>					

герметол (церезиновая) ....	50	300	–	55	– 45
Приборные:					
ОКБ – 122 –7 (церезиновая)...	50	60	–	120	– 70
Железнодорожные:					
ЖТ или 4А (тормозная) ....	–	–	290 – 340	100	–
Уплотнительные:					
для газовой арматуры....	–	–	90 – 115	60	–
беизиноупорная .....	–	–	130 – 200	55	–
насосная.....	–	–	300 – 350	140	–
Защитные:					
вазелин технический УН.....	–	–	–	50	–
канатная НМЗ, 3З.....	–	–	–	60	–
Твердые слоистые смазки:					
графит.....	–	–	0,04**	340	– 250
MoS <sub>2</sub> марки МВЧ – Г.....	–	–	0,03**	375	– 250
WS <sub>2</sub> .....	–	–	–	510	–
*Температура плавления, °С.					
** Коэффициент трения.					

Консистентную смазку применяют в следующих случаях:

а) при тяжелых условиях работы в режиме полусухого трения и при больших удельных давлениях, когда нет необходимости в отводе тепла от узла трения;

б) при относительно малых скоростях трущихся деталей и частых реверсах или неполных оборотах;

в) при необходимости защитить открытые и полуоткрытые трущиеся детали от воздействия окружающей среды, а также от металлически? частиц и пыли;

Краткая характеристика наиболее употребительных консистентных смазок для смазки подшипников качения (кроме высокоскоростных подшипников);

д) в труднодоступных узлах трения или узлах, которые могут работать длительное время без смены и пополнения смазки;

е) для уплотнения затворов, сальников, кранов и пр.

Для установок, работающих при нормальных температурах, смазку выбирают по вязкости, увеличивая ее с повышением удельных давлений, при ударных и знакопеременных нагрузках, при смазке неприработанных и сильно изношенных деталей. Вязкость смазки уменьшают с повышением скоростей трущихся деталей.

Для механизмов, работающих при высоких или низких температурах, в первую очередь следует учитывать температуру плавления (каплепадения) смазки.

При подборе смазки заменителя необходимо исходить из следующего:

- а) замена должна быть временной до получения основного сорта смазки;
- б) вязкость заменителя должна быть равна или на 20—30% выше вязкости основной смазки при равных температурах.

Наиболее распространены смазки, загущенные кальциевыми и натровыми мылами.

Кальциевые смазки влагостойки, характеризуются гладкой волокнистой структурой, обеспечивают низкий коэффициент трения, не образует эмульсий при смешивании с водой, но легко смываются керосином. Кальциевые смазки работоспособны при температурах до 65 – 75°C (при температуре выше 90°C разлагаются с изменением структуры) и обладают стойкостью во влажной среде. К кальциевым смазкам относят солидолы и графитную мазь.

Натриевые смазки не влагостойки и образуют с водой эмульсию, которая легко смывается с трущихся поверхностей, но сохраняют работоспособность при температурах до 120° С и после расплавления и остывания не теряют своих первоначальных свойств. Их следует применять в сухой среде. К натровым смазкам относят консталин, брикетную ИП – 2, металлургическую 137, НК – 50 и тормозную ЖТ.

Смазки, изготовленные на смешанной натриево-кальциевой основе, по влагостойкости и температуре плавления занимают промежуточное положение между кальциевыми и натровыми. К смешанным относят смазки 1 – 13, ИП – 1 и металлургическую № 10.

Группу смазок, выдерживающих низкие (до –60°C) и высокие (до + 250°C) температуры, изготавливают на основе литиевых мылов или полисилоксановой жидкости с добавкой дисульфида молибдена. К этой группе относят смазки циагим – 201, 202, 203, 221, ВНИИ НП 235 и 236. Твердые смазки на основе дисульфида молибдена ВНИИ НП 232 (для подшипников скольжения) и ВНИИ НП 242 (для подшипников качения) выдерживают температуру до 400°C.

В качестве приборных можно рекомендовать смазку ОКБ – 122 – 7, а в качестве трансмиссионной и редукторной смазку ПРГС.

В металлургической промышленности в централизованных системах густой смазки благодаря хорошей прокачиваемости по трубопроводам широкое применение находит смазка ИП – 1 (летняя ИП1 – Л и зимняя ИП1 – З), недостатком которой является низкая температура плавления (75-80°C). Для сухой среды лучшей смазкой является индустриальная металлургическая №137, температура плавления которой достигает 145°C. Обе смазки активированы, т. е. способны противостоять высоким давлениям. В состав смазки ИП – 1 (ГОСТ 3257– 53) входит; 11 % хлопкового масла, в том числе 0,5 – 1,5 % осерненного, 3 % саломаса, 2 % строительной воздушной извести в пересчете на СаО, натр едкий технический (до полного омыления жиров), остальное – масло цилиндрическое 11.

В состав смазки № 137 (ГОСТ 9974 – 62) входит: 3,7 % касторового масла, 3,5 % стеарина, 0,7 % канифоли сосновой, натр едкий технический (до полного

омыления жиров), 20 % масла цилиндрического 38, остальное – масло авиационное МК – 22.

Для индивидуальной смазки узлов трения можно рекомендовать синтетический солидол (ГОСТ 4366 – 64) как универсальную средне – плавкую водостойкую смазку, составленную на основе индустриальных масел селективной очистки вязкостью 17 – 33 *сст.* Изготавливают две марки этой смазки: солидол С и пресс – солидол С.

При граничном и полусухом трений узлов машин, работающих в труднодоступных для нормальной смазки условиях (например, в вакууме или в агрессивной среде), в условиях высоких температур (300 – 500°С) или кратковременно в нормальных внешних условиях, следует применять твердые слоистые смазки, отличающиеся высокой адгезией (прилипанием) к металлическим поверхностям – графит, дисульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$ ) и дисульфид вольфрама ( $\text{WS}_2$ ), температурные пределы которых определяются их стабильностью к окислению (см. табл. 17). Влажность положительно влияет на фрикционные свойства графита, но повышает коэффициент трения  $\text{MoS}_2$  и  $\text{WS}_2$ . Твердые смазки наносят на трущиеся поверхности различными способами: электролизом, втиранием порошкообразной смазки, пульверизацией суспензии смазки, непрерывным намазыванием спрессованной пасты, прижимаемой к вращающейся детали (ротационный способ), введением в консистентные смазки в количестве 2 – 20 % или в минеральные масла в количестве 1 – 10 %. Толщина пленок, наносимых электролитическим или фрикционным методами, составляет 2 – 7 *мкм.*

Для температур 400 – 700°С применяют твердую органическую смазку фталоцианин, коэффициент трения которого 0,3. Особую группу составляют полиамидные самосмазывающиеся материалы, т. е. смолы с наполнителем из графита, или дисульфида молибдена (фторопласт – 4, или тефлон, АМАН – 2), из которых изготавливают втулки, кольца и другие детали, выполняющие роль вкладышей в подшипниковых узлах. Вкладыши из АМАНа выдерживают температуру от – 100 до + 300°С при коэффициенте трения 0,1 и крепятся к металлическим основаниям с помощью эпоксидного клея.

#### **4.5 Методы определения расхода и способы подвода смазочных материалов**

Для подшипников скольжения смазку подбирают по вязкости на основе гидродинамической теории или опытным путем, замеряя температуру подшипника при установившемся режиме и различных сортах, масла по вязкости. Наиболее пригодным будет масло, при котором температура подшипника окажется наименьшей.

Масло следует подводить в ненагруженную зону подшипника вместе, где начинается образование масляного клина (рис. 90). При частых реверсах и

централизованной смазке и при вращении вала в одном направлении, но смазке вручную, масло вводят в точке 1.

При централизованной смазке и вращении вала по часовой стрелке масло вводят в точке 2 или на половине расстояния между точками 1 и 2, а при вращении против часовой стрелки — в точке 4. В точке 3 масло вводить недопустимо.

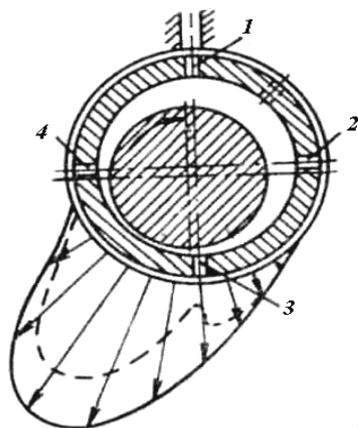


Рисунок 90. Схема возможных мест подвода смазки к подшипнику скольжения

В подшипниках жидкостного трения прокатных станов масло подводят с торца подушки в кольцевые канавки, откуда через отверстия в цилиндрической втулке, расположенные в горизонтальном сечении, проходящем через ось подшипника, масло поступает в карманы втулки, расточенные в баббитовой заливке. Число отверстий с каждой стороны втулки зависит от диаметра и длины подшипника и равно 2 – 6. Масло, проходя через нагруженную и ненагруженную зоны, вытекает с обоих торцов подшипника, направляется в каналы, высверленные в теле подушки, и далее в сливную трубу.

Температуру масла на входе в подшипник принимают 38 – 42°C; на выходе из подшипника она не должна превышать 60°C. В подшипники полужидкостного трения масло вводят в продольную канавку через верхний вкладыш, а отводят через кольцевые канавки в торцах подшипника. Продольные канавки располагают в местах разъема вкладышей подшипника. При неподвижном вале канавки протачивают на валу в ненагруженной зоне подшипника. К плоским узлам трения с возвратно – поступательным движением смазку подводят через отверстия, расположенные в центре смазываемых поверхностей; при малых скоростях перемещения масло может поступать через неподвижные или подвижные направляющие, а при высоких скоростях – через неподвижные направляющие, с целью лучшего распределения масла по длине направляющих.

Количество масла, необходимое для подшипников скольжения, работающих в жидкостном режиме, определяют на основе энергетического или теплового баланса, принимая удельную теплоемкость масла  $c = 1,7 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$  ( $0,44 \div 0,45 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$ ) и плотность масла  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  ( $0,9 \text{ кг/л}$ ).

$$Q = \frac{q\pi DL}{c\rho(t-t_2)} = \frac{qDl}{49 \cdot 10^4 (t-t_2)} \text{ м}^3 / \text{с};$$

$$\left[ Q = \frac{qDl}{6,9(t-t_2)} \text{ л} / \text{мин} \right],$$

где  $q$  – количество тепла, которое должно быть отведено в секунду (ч) с каждого квадратного метра рабочей поверхности подшипника путем искусственного охлаждения:

$$q = 0,6 \sqrt{\frac{P\omega^3 \mu}{l:D}} - 20a(t-t_1)^{1,3} \text{ вт} / \text{м}^2$$

$$\left[ q = 0,174 \sqrt{\frac{Pn^3 \mu}{l:D}} - 17a(t-t_1)^{1,3} \text{ ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \right];$$

$D$  – диаметр вкладыша подшипника, м;

$l$  – длина вкладыша подшипника, м;

$t$  – температура масла, выходящего из подшипника, °С;

$t_1$  – температура окружающего воздуха, °С;

$t_2$  – температура масла, поступающего в подшипник, °С;

$P$  – давление (нагрузка) на подшипник, Н;

$\omega$  – угловая скорость цапфы подшипника,  $\omega = \frac{n}{9,5}$ , об / мин;

$\mu$  – динамическая вязкость масла,  $\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$  ( $1 \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 = \frac{\text{сст} \cdot 0,9}{10^3}$ );

$a$  – коэффициент лучеиспускания (отвода тепла в окружающую среду); при спокойном воздухе  $a = 1$ , при вентиляции  $a = 2 \div 4 \text{ вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°С}$  (ккал/м<sup>2</sup> · ч · град).

При незначительных нагрузках и скоростях все тепло, образующееся в подшипнике, может быть отведено в окружающую среду за счет теплопередачи и лучеиспускания без искусственного охлаждения.

Для подшипников полужидкостного трения расход масла можно определить по эмпирической формуле НКМЗ:

$$Q = 0,005D \cdot l, \text{ л} / \text{мин},$$

где  $D$  – диаметр вкладыша подшипника, см;

$l$  – длина вкладыша подшипника, см.

Назначение смазки в подшипниках качения – уменьшить трение скольжения между телами качения и сепаратором, отвести или равномерно

распределить возникающее тепло, предотвратить коррозию поверхностей качения, не допустить загрязнения и уменьшить шум при работе подшипников.

Для подшипников качения применяют жидкую и консистентную смазку. Жидкую смазку применяют для высокоскоростных подшипников или, например, в редукторах, где маслом одного сорта смазывают зацепления и подшипники.

Сорт смазки выбирают по параметру  $d_{cp}$  ( $n$  мм · об/мин), учитывающему необходимость отвода тепла от подшипника.

$$d_{cp} = \frac{D - d}{2},$$

При  $d_{cp}n < 300000$  применяют консистентные смазки, закладываемые в корпус подшипника на  $1/3 \div 1/2$  свободной емкости и добавляемые в процессе работы каждые 3 – 6 месяцев. Полную замену смазки осуществляют один раз в год.

При  $d_{cp}n = 300000 \div 900000$  применяют централизованную подачу консистентной смазки или фитильную, а также капельную смазку минеральным маслом, заполняя корпус подшипника до центра тела качения.

При  $d_{cp}n = 900000 \div 1500000$  подшипники, с целью более интенсивного охлаждения, смазывают масляным туманом или струей масла, направленной из форсунки с прокачкой масла через подшипник.

При  $d_{cp}n > 1500000$  применяют централизованную циркуляционную жидкую смазку.

В металлургической промышленности подавляющее большинство подшипников качения получают смазку от централизованных систем.

Расход консистентной смазки при работе в нормальных условиях, средних числах оборотов (500 ÷ 1500) и ручной подаче определяют по эмпирическим формулам.

Для заполнения подшипника

$$Q = 0,001B(D^2 - d^2), \text{ г},$$

где  $B$  – ширина подшипника, мм;

$D$  – наружный диаметр подшипника, мм;

$d$  – внутренний диаметр подшипника, мм.

Для пополнения подшипника

$$Q = 0,0065 d, \text{ г}.$$

Смазку для плоских поверхностей скольжения выбирают по тем же принципам, что и для подшипников скольжения.

Единовременный расход жидкой смазки при индивидуальной подаче определяют по эмпирической формуле

$$Q = \frac{Sk}{1000},$$

где  $Q$  – расход смазки, г/смену;

$S$  – площадь одной поверхности скольжения,  $см^2$ ;

$k$  – поправочный коэффициент, зависящий от  $S$ :

Таблица 12 – Зависимость поправочного коэффициента  $k$  от площади поверхности скольжения

$S, см^2$	$k$ при смазке:	
	ручной	циркуляционной
До 500 .....	12 – 16	6
500 – 800 .....	11 – 14	5,5
800 – 1000 ....	10 – 12	5
1000 – 2000 ....	8 – 10	4
Свыше 2000....	6 – 8	3

В случае применения консистентной смазки расход, подсчитанный по указанной формуле, уменьшают в три раза.

Расход масла для закрытых зубчатых зацеплений (редукторов, шестеренных клеток и пр.), работающих при нормальных температурах, определяют, исходя из условия, что все выделяющееся в зацеплениях и подшипниках тепло отводится циркулирующим маслом. Тепло возникает при трении в зацеплении и в подшипниках, а также при перемешивании масла в картере механизма.

## 4.6 Системы жидкой смазки

### 4.6.1 Классификация и виды смазочных систем

Жидкая смазка получила широкое распространение в машиностроении и металлургии благодаря возможности регулировать количество, давление и температуру подаваемого масла, а также многократно использовать масло в циркуляционных системах и восстанавливать отработавшее масло путем регенерации.

Системы жидкой смазки делят на нецентрализованные и централизованные, которые в свою очередь могут быть проточными и циркуляционными.

В нецентрализованных проточных системах масло проходит через узел трения один раз и выливается наружу. К этим системам относят; ручную (с наливной масленкой), фитильную, при помощи набивки, капельную, буксовую, распылением и лубрикаторную. Каждая проточная система, кроме лубрикаторных, обслуживает один узел трения.

В нецентрализованных циркуляционных системах масло находится в небольших емкостях, откуда направляется к узлам трения и возвращается обратно. Различают системы со свободной и принудительной циркуляцией масла. К первым относят кольцевые и картерные (смазка погружением или окунанием детали в масло), ко вторым – индивидуальные принудительно-циркуляционные системы с подачей масла под естественным (гидростатическим) напором или с подачей масла под давлением от насоса.

В централизованных нециркуляционных системах масло поступает к узлам трения под давлением от насоса. Регулировку количества масла осуществляют изменением диаметра проходного отверстия, изменением подачи насоса или дозирующими питателями. В случае применения распылительных устройств подачу масла регулируют изменением давления воздуха.

В централизованных циркуляционных системах масло непрерывно подается к узлам трения от насоса, возвращается обратно в резервуар и вновь направляется к местам смазки.

По способу управления централизованные системы разделяют на ручные, полуавтоматические (ручное включение и автоматическое регулирование режима) и автоматические. Краткая классификация смазочных систем дана на рис. 90.

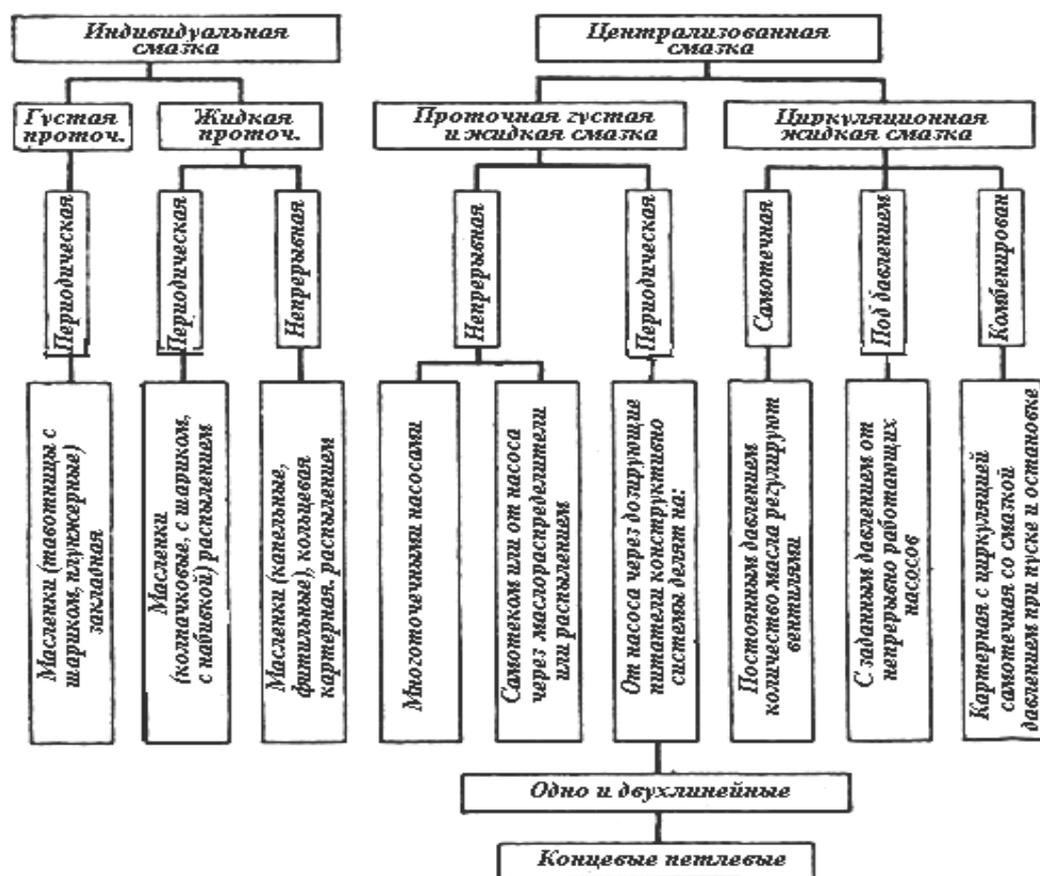


Рисунок 91. – Краткая классификация смазочных систем

#### 4.6.2 Проточные системы смазки

Смазка вручную – наиболее старый и несовершенный способ; его применяют для неответственных, малонагруженных и периодически работающих механизмов. При смазке вручную масло подают в смазочные отверстия при помощи масленок; наливных, пресс – масленок, фитильных и масленок с набивкой. Недостаток всех этих масленок заключается в том, что они не позволяют регулировать и контролировать подачу масла к трущимся поверхностям. При фитильной смазке масло подается к смазываемой точке с помощью хлопчатобумажного или шерстяного фитиля. Количество подаваемого масла определяется его вязкостью и толщиной фитиля и составляет в среднем  $0,5 - 5 \text{ см}^3/\text{ч}$  для масла вязкостью до  $30 \text{ сст}$  при  $50^\circ$ . Проходя через фитиль или фетровую набивку, масло фильтруется.

При капельной смазке масло к узлам трения подается по каплям, что позволяет регулировать или прекращать подачу смазки. Режим работы масленки устанавливают исходя из того, что  $1 \text{ г}$  масла содержит  $25$  капель.

Наливная капельная масленка состоит из корпуса, изготовленного из прозрачной пластмассы, с пропущенным внутри него пустотелым стержнем с иглой, высота которой регулируется гайкой 2 (рис. 92). Гайка прижата

пружиной, препятствующей ее самоотвинчиванию при сотрясении масленки. Игла 3, постоянно прижатая пружиной книзу, при установке рычажка 1 в вертикальное положение приподнимается и открывает отверстие для подачи масла на высоту, установленную гайкой. Масло, поступающее к отверстию, фильтруется через сетку 4, а окно 5 в нижней части корпуса позволяет наблюдать за его поступлением в узел трения. Для обеспечения постоянства подачи, уровень масла в корпусе должен быть не ниже 1/3 его высоты.

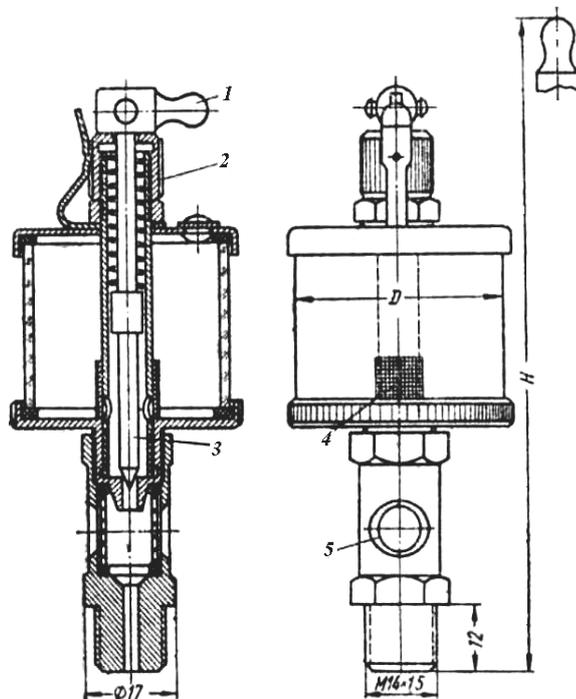
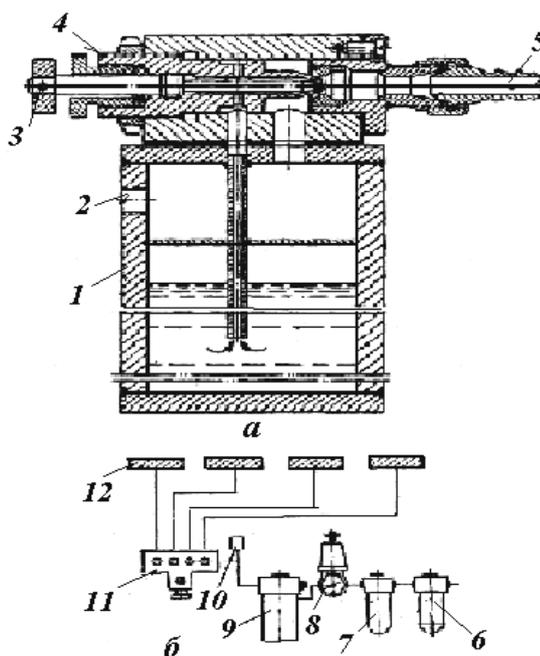


Рисунок 92. Капельная масленка

Буксовую смазку применяют для осей ходовых колес, вращающихся в подшипниках скольжения. Шейки осей смазывают при помощи подбивки, т. е. хлопчатобумажных концов, плотно уложенных в нижней части корпуса буксы. Перед закладкой концы пропитывают в течение 10 – 12 ч. маслом, нагретым до 70 – 80°C.

Смазку распылением (масляным туманом) применяют для кинематических зубчатых передач, высокооборотных подшипников качения цепных передач, пневматического инструмента.

Маслораспылитель снабжен резервуаром (рис. 93), через который пропускают осушенный сжатый воздух давлением 0,1– 0,2 МПа. Давление воздуха на выходе из масленки должно быть не менее 0,05 МПа. Количество распыляемого масла регулируется с помощью дросселя 3.

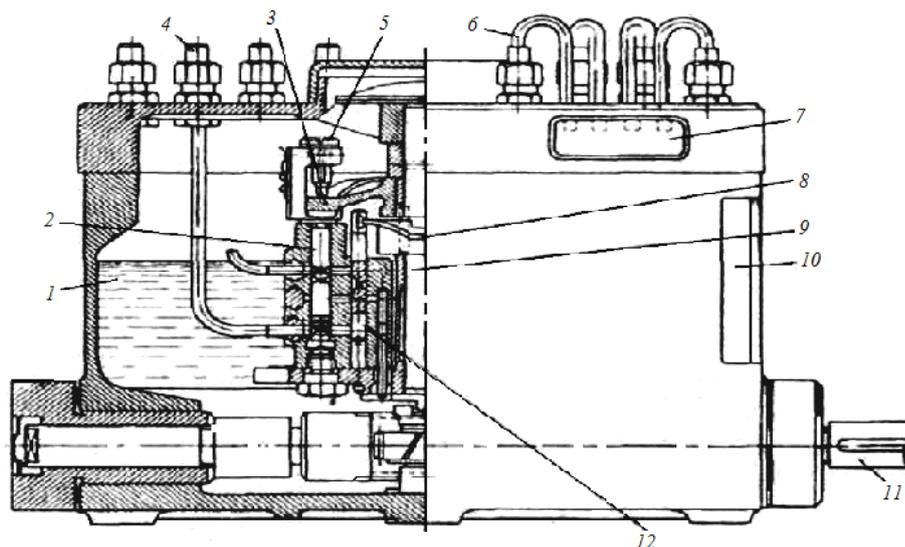


*a* – схема устройства; *б* – схема установки;  
 1 – резервуар емкостью 6 л; 2 – место ввода сжатого воздуха;  
 3 – игольчатый дроссель, регулирующий подачу масла; 4 – винт, регулирующий подачу воздуха; 5 – выход распыленного масла;  
 б – влагоотделитель; 7 – осушитель воздуха; 8 – редуктор давления;  
 9 – маслораспылитель; 10 – реле давления; 11 – распределитель;  
 12 – узел трения для смазки отдельных механизмов с незначительным числом смазочных точек (дизели, прессы, компрессоры, шпиндельные соединения и др.).

Рисунок 93. Маслораспылитель инжекционного типа

Лубрикаторами называют аппараты, подающие смазку под давлением к нескольким узлам трения одновременно. Их обычно применяют для смазки отдельных механизмов с незначительным числом смазочных точек. Смазка подается под требуемым давлением автоматически в течение всего периода работы механизма. Лубрикатор приводится либо обслуживаемым механизмом, либо, реже, отдельным электродвигателем. Иногда лубрикатор оборудуют устройством для подкачки масла вручную во время пуска механизма. Приводы лубрикаторов выполняют с вращательным или качательным движением. В первом случае движение осуществляется при помощи цепной или ременной передачи, во втором – при помощи эксцентрика, тяги, рычага и храпового колеса.

Лубрикатор (рис. 94) состоит из трех основных узлов: резервуара для масла, группы насосов и приводного механизма. Ёмкость резервуаров равна 2– 8 л; число насосов соответствует числу смазываемых точек (практически 4–16). Максимальное количество масла, подаваемого насосом за один ход плунжера, составляет  $0,25 \text{ см}^3$ .



1 – резервуар; 2 – нагнетательный плунжер; 3 – диск нагнетательного плунжера; 4 – ниппель для присоединения маслопровода; 5 – регулировочный винт; 6 – контрольные отводы; 7 – окна; 8 – диск распределительного плунжера; 9 – рабочий пал; 10 – указатель уровня масла; 11 – приводной вал; 12 – распределительный плунжер  
Рисунок 94. Лубрикатор на четыре отвода с вращательным приводом

### 4.6.3 Циркуляционные системы смазки

#### *Системы со свободной циркуляцией масла*

Кольцевую систему смазки применяют в подшипниках скольжения, когда  $\sqrt{p \cdot v^3} < 200$ , где  $p$  – удельная нагрузка  $H/cm^2$ , а  $v$  – окружная скорость вала,  $m/s$ . Различают системы смазки со свободно висящим на валу кольцом и с жестко закрепленным кольцом.

При кольцевой смазке масло из ванны непрерывно подается к трущимся поверхностям в количестве  $2 - 10 \text{ см}^3/\text{мин}$ , в результате чего обеспечивается надежная смазка цапфы вала по всей ее длине. В ванне происходит некоторый отстой и охлаждение масла. Недостаток кольцевых систем – малый объем масляных ванн, отсутствие фильтрации и возможность применения их только для горизонтальных валов.

В подшипнике со свободно висящим кольцом (рис. 95) последнее вращается по отношению к валу с некоторым скольжением и подает масло к верхнему вкладышу, откуда оно распределяется по всей длине нижнего опорного вкладыша.

Нижний вкладыш делают сплошным, т. е. без прорези для размещения кольца. Подшипники этого типа применяют при окружных скоростях  $1 - 30 \text{ м/с}$ .

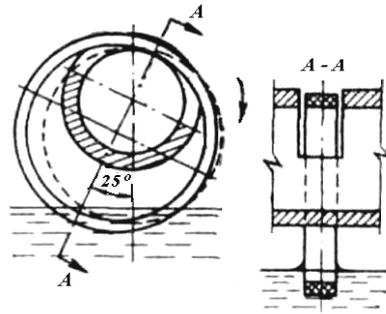
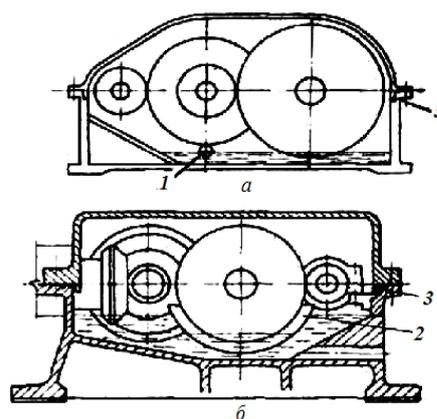


Рисунок 95. Схема смазки подшипника свободно висящим кольцом

Смазочные кольца изготовляют шириной 6 – 21 мм прямоугольного или трапециевидного сечения и располагают в середине вкладыша подшипника. Кольцо должно быть погружено в масло на глубину 0,25 – 0,15 внутреннего диаметра. Кольцо может быть цельное или разъемное. Иногда на внутренней поверхности кольца делают продольные канавки. В подшипнике с закрепленным на валу кольцом масло снимается с кольца скребком. Такой способ смазки применяют при малых или очень высоких окружных скоростях, а также при использовании масел большой вязкости. В подшипниках большой длины устанавливают по два кольца. Картерную смазку, осуществляемую погружением деталей в масляную ванну или разбрызгиванием масла на трущиеся поверхности, применяют для редукторов, конических и цилиндрических передач рольгангов, коленчатых валов и других закрытых передач. Картером называют нижнюю часть закрытого корпуса механизма, служащую резервуаром для масла.

Смазку погружением (рис. 96) применяют для цилиндрических и конических зубчатых передач небольшой мощности при окружной скорости до 12 – 15 м/с, а также для червячных передач при скорости червяка до 10 м/с.

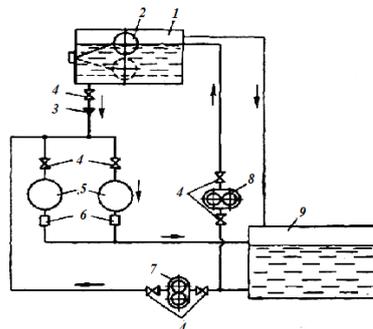


*a* – с дополнительной шестеренкой *1* – для смазки колеса первой ступени;  
*б* – с желобом *2* – для уменьшения вспенивания масла колесом первой ступени; *3* – защитный козырек для уплотнения разъема корпуса  
 Рисунок 96. Схемы картерной смазки зубчатых зацеплений редукторов

В мощных передачах или при скоростях свыше 12 – 15 м/с масло подают насосом непосредственно к местам зацепления через сопла. Смазку разбрызгиванием применяют главным образом для механизмов с высокими окружными скоростями вращающихся деталей; при этом масло в виде мелких брызг или тумана заполняет всю внутреннюю полость картера, смазывая находящиеся в нем трущиеся детали. В тихоходных редукторах с окружной скоростью менее 3 м/с подшипники качения изолируют от масляной ванны и смазывают густой смазкой. Глубина погружения зубчатых колес в ванну не должна превышать двукратной высоты зуба, а в червячных передачах – высоты витка червяка. Емкость масляной ванны выбирают из расчета 0,25 – 0,5 л масла на 1 кВт передаваемой мощности. В картере должны быть предусмотрены: вентиляция, указатель уровня масла и пробка для слива масла. В редукторах, работающих с частыми остановками, уровень масла в камерах подшипников поддерживают, устанавливая щиток или порог для создания запаса смазки на время остановки.

#### *Индивидуальные циркуляционные системы жидкой смазки*

Эти системы разделяются на самотечные, работающие под заданным давлением и комбинированные. В самотечно – циркуляционных системах масло нагнетается насосом из маслосборника в промежуточный резервуар, расположенный выше узлов трения, откуда оно самотеком поступает к смазываемым точкам, а затем стекает обратно в маслосборник. Такие системы применяют для смазки отдельных машин, которые требуют значительного количества масла не только для смазки, но и для охлаждения. Эти системы характеризуются невысоким постоянным давлением у мест смазки 0,03 – 0,05 МПа и недостаточно хорошей очисткой масла. Схема самотечно – циркуляционной системы, обслуживающей двухвалковую дробилку, показана на рис. 97. Дополнительный подпорный насос 7 включается при пуске и остановке машины под нагрузкой; такая схема обеспечивает жидкостное трение в главных подшипниках при неполных числах оборотов валков. Давление, развиваемое подпорным насосом, достигает 2,5 МПа, на постоянно действующем насосе до 1,0 МПа.



- 1 – напорный резервуар; 2 – поплавковое реле уровня; 3 – обратный клапан;  
 4 – вентиль; 5 – узел трения; 6 – указатель течения масла контактного типа;  
 7 – подпорный насос; 8 – основной насос; 9 – приемный резервуар

Рисунок 97. Схема самотечно-циркуляционной системы смазки двухвалковой дробилки

В циркуляционных системах смазки под давлением масло подается насосом из маслосборника к узлам трения, стекает в картер машины и далее самотеком поступает в маслосборник. Давление масла на выходе из насоса составляет  $0,3 - 0,5$  МПа. При необходимости масло может быть отфильтровано и охлаждено. Этими системами пользуются преимущественно для обслуживания отдельных агрегатов, потребляющих  $50 - 150$  л масла в минуту. Схема такой системы для редуктора дана на рис. 98.

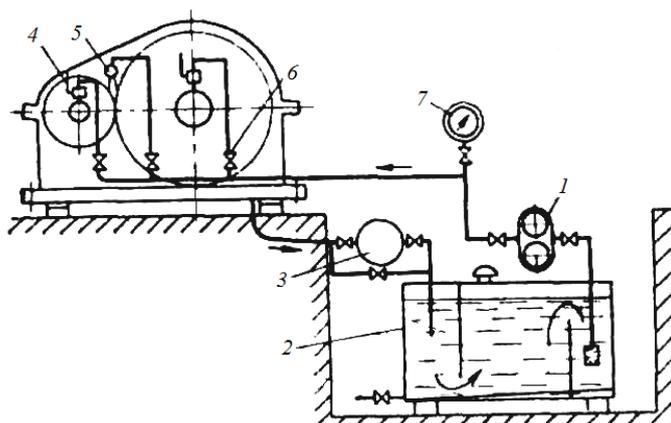


Рисунок 98. Схема циркуляционной смазки редуктора

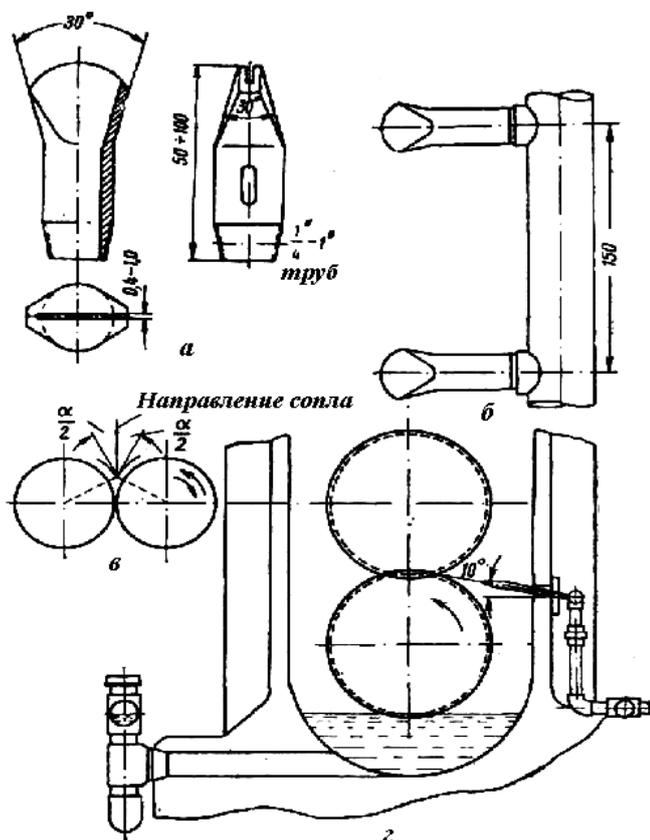
Масло из резервуара отстойника 2 подается насосом 1 к подшипникам и зацеплению, стекает в картер редуктора и оттуда через магнитный фильтр 3 возвращается в резервуар. Температура подшипников контролируется термометрами 4, количество подаваемого масла регулируют вентилями 6, давление масла замеряют манометром 7. Подачу масла в зону зацепления осуществляют с помощью разбрызгивателей 5, изготовляемых из труб, по длине которых просверливают один-два ряда отверстий диаметром  $2 - 4$  мм на расстоянии  $20 - 30$  мм друг от друга. Длина труб определяется шириной зубчатых колес.

Подачу масла в зону зацепления крупных передач осуществляют с помощью специальных сопел со сплюснутыми выходными концами. Схема расположения сопел дана на рис. 99. Сопла устанавливают по биссектрисе угла, образованного касательными к начальным окружностям смазываемых колес, построенными в точке пересечения этих окружностей.

Давление масла (избыточное) на выходе из сопла должно составлять  $0,1 - 0,15$  МПа. Давление повышают с увеличением вязкости масла, чтобы сохранить правильную веерообразную форму струи. Расход масла на  $1$  см ширины зубчатого колеса принимают  $0,3 - 0,5$  л/мин при окружных скоростях до  $10$  м/с,  $0,5 - 1,0$  л/мин при скоростях  $10 - 30$  м/с и около  $1,5$  л/мин при более высокой скорости.

В горизонтальных зубчатых передачах с окружной скоростью колес менее  $12$  м/с масло подают при помощи сопел, располагаемых сверху, независимо от направления вращения колес. В вертикальных зубчатых передачах масло

можно подавать с любой стороны, независимо от направления вращения колес. При более высоких скоростях масло следует подводить: в косозубых и шевронных передачах – со стороны входа зубьев а зацепление, в прямозубых передачах – со стороны выхода, во избежание запираания масла между зубьями, возникновения гидравлических ударов и повышения контактной усталости зубьев. В червячных передачах масло подают со стороны входа витков червяка в зацепление.



*a* – сопло; *б* – расположение сопел в коллекторе; *в* – направление сопел в реверсивной передаче; *г* – направление сопел в неревверсивной передаче  
 Рисунок 99. Схемы сопла и расположения сопел при смазке зацеплений под давлением

#### 4.6.4 Оборудование и аппаратура смазочных систем

Основным оборудованием современных централизованных смазочных систем является: насосы, фильтры, пресс – баки или воздушные аккумуляторы, маслоохладители (теплообменники), резервуары-отстойники.

##### *Насосы*

В смазочных системах используют преимущественно ротационно-поршневые, шестеренные, роторно – зубчатые и винтовые насосы. Реже применяют лопастные и центробежные насосы.

Ротационно-поршневые насосы типа НРЖ (рис. 100) весьма распространены в маслосистемах, обслуживающих подшипники жидкостного трения, благодаря наличию регулятора давления, автоматически поддерживающего в заданных пределах постоянное давление в нагнетательной магистрали при изменении производительности насоса, и регулятора подачи масла, при помощи которого можно установить нужную подачу масла в пределах номинальной производительности насоса.

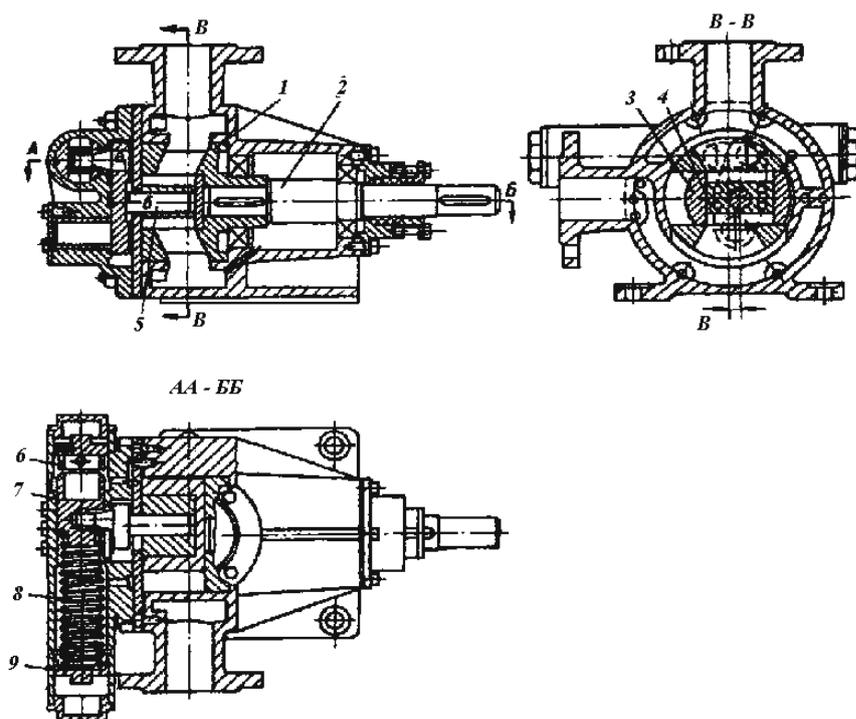


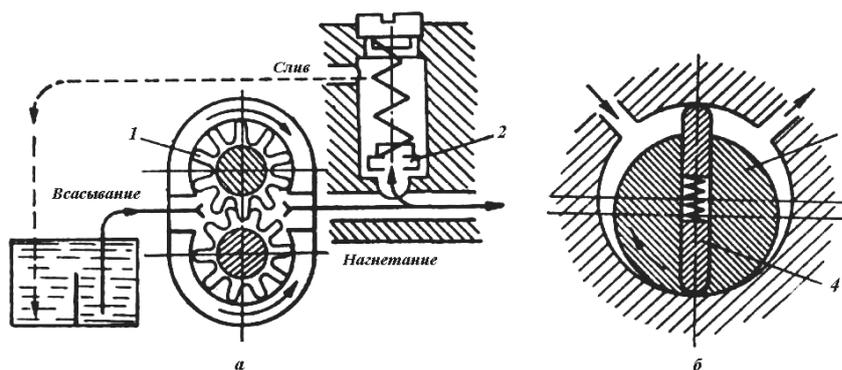
Рисунок 100. Устройство ротационно – поршневого насоса

Рабочими деталями насоса являются ротор *1*, концентрически насаженный на приводной вал *2*, и два поршня *3* и *4*. Поршень *3* коробчатой формы, а поршень *4* прямоугольной. В роторе имеется сквозная прямоугольная прорезь, которая является цилиндром насоса. В этой прорези перемещается поршень *3*, внутри которого и перпендикулярно ему движется поршень *4*. В поршне *4* сделано отверстие, служащее для установки поршня на палец *5* рычага механизма регулятора давления. Ось пальца *5* расположена эксцентрично относительно оси вращения ротора. За один оборот ротора поршни совершают четыре хода и осуществляют четыре подачи масла.

Номинальная подача насоса будет при крайнем положении регулятора *7* и максимальном эксцентриситете *e*. При возрастании давления в нагнетательной магистрали сверх установленной величины, на которую отрегулирована пружина *8*, поршень регулятора перемещается, преодолевая сопротивление пружины и вызывает уменьшение эксцентриситета. Когда эксцентриситет становится равным нулю, подача насоса прекращается. Гайка *6* служит для установки величины эксцентриситета, а гайка *9* фиксирует натяжение

пружины. К недостаткам ротационно-поршневых насосов следует отнести сложность конструкции, значительную пульсацию при подаче масла, незначительный напор и низкий к. п. д.

Шестеренный насос (рис. 101) состоит из корпуса, в котором помещены две цилиндрические прямозубые шестерни, закрепленные на валах, вращающихся в игольчатых подшипниках. Диаметральный зазор между шестернями и корпусом не должен превышать 0,1–0,12 мм, а торцовый зазор 0,08–0,1 мм. Схема шестеренного насоса дана на рисунке 132.



*а* – шестеренного; *б* – лопастного;  
 1 – шестерня; 2 – перепускной клапан; 3 – ротор; 4 – лопасть  
 Рисунок 101. Схемы насосов

При выходе зубьев из зацепления во впадинах между ними создается разрежение и масло всасывается из резервуара, а при входе зубьев в зацепление масло вытесняется из впадин в нагнетательный патрубок.

Шестеренные насосы изготовляют в виде агрегатов с электродвигателем на одной плите. Высота всасывания насосов  $0,5 \text{ Н/см}^2$  (м вод. ст.), а давление нагнетания 1,3 и 2,5 МПа. Шестеренные насосы необходимо комплектовать предохранительными клапанами. Разновидностью шестеренных насосов являются роторно – зубчатые насосы типа РЗ (рисунок 102), развивающие давление 0,5 МПа при высоте всасывания  $6 \text{ Н/см}^2$  (6 м вод. ст.).

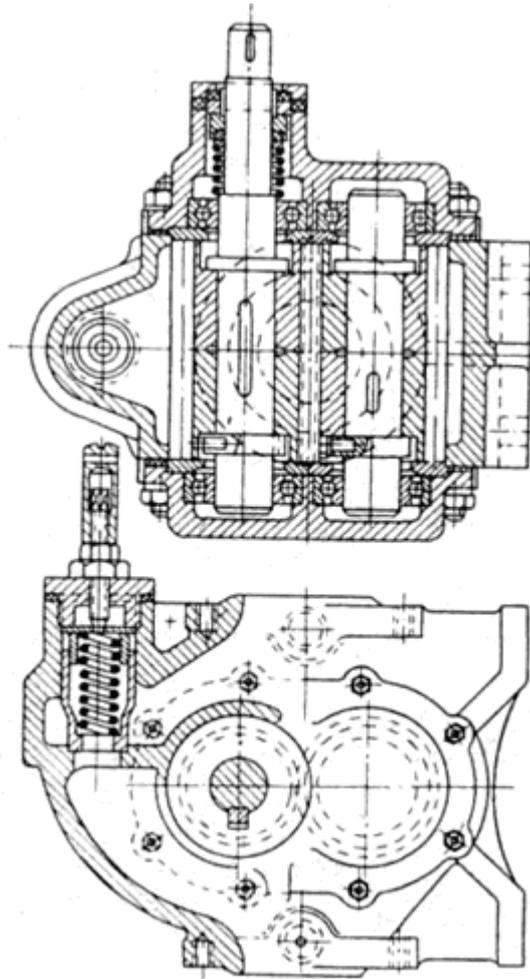
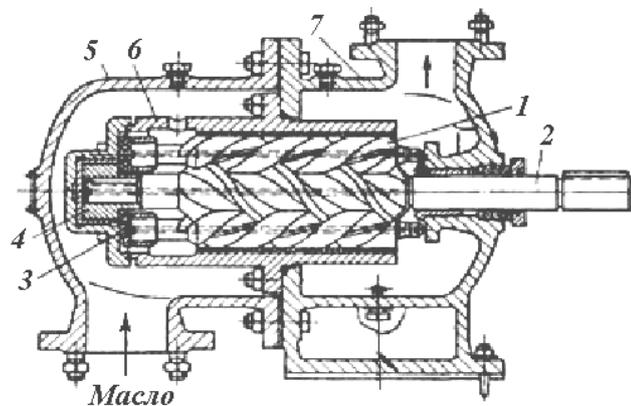


Рисунок 102. Роторно-зубчатый насос

Винтовые насосы имеют ряд преимуществ перед шестеренными: они более долговечны, компактны, бесшумны в работе и обладают высоким к. п. д. (0,8 – 0,86). Рабочими органами насоса (рис. 103) являются ведущий и два ведомых винта с циклоидальным зацеплением. Винтовые насосы развивают давление до 2,5 МПа при высоте всасывания 5 Н/см<sup>2</sup> (5 м вод. ст.).



1 – ведомый винт; 2 – ведущий винт, двухзаходный; 3, 4 – подпятники винтов; 5 – крышка корпуса; 6 – обойма, залитая внутри баббитом; 7 – корпус.

Рисунок 103. Винтовой насос

Роторно – зубчатые и винтовые насосы комплектуют встроенными перепускными клапанами.

Схема лопастного насоса представлена на рис. 101,б. Эти насосы применяют для индивидуальной смазки станков.

### Фильтры

В системах смазки применяют следующие фильтры: сетчатые типа ФСЖ или ФЛЖ, пластинчатые или дисковые самоочищающиеся типа ФПЖ или ФДЖ и магнитные, а также магнитные сепараторы барабанного типа. Магнитные фильтры и сепараторы служат для отделения магнитных частиц и окалины.

Сетчатые и магнитные фильтры в зависимости от производительности и места установки разделяются на стационарные и линейные.

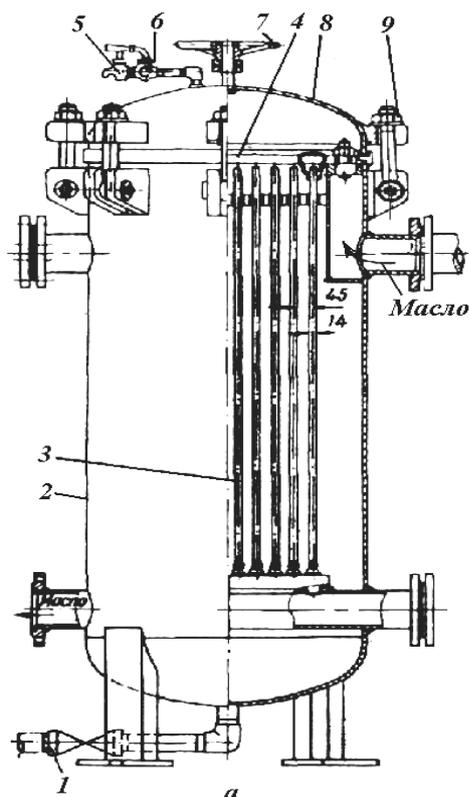
Сетчатые фильтры типа ФСЖ 80, 100, 150 и 200 с общей фильтрующей поверхностью 3,6; 9,6; 15 и 25 м<sup>2</sup> входят в состав станций жидкой смазки. Сетчатый фильтр состоит из резервуара с установленными в нем плоскими кассетами-рамами (рис. 104), на которые натянуты три сетки: внутренняя каркасная из стальной проволоки и две наружные фильтрующие из латунной или нержавеющей проволоки. Размеры стороны ячейки фильтрующей сетки в свету приняты 0,2 мм для масел высокой вязкости (свыше 20 *сст* при 100° С) и 0,1 или 0,08 мм для масел малой вязкости (до 60 *сст* при 50°С). Число кассет в фильтре 9, 10, 13, 16, рабочее давление до 1,0 МПа.

Фильтр очищают, прокачивая масло в противоположном направлении или продувая его сжатым воздухом.

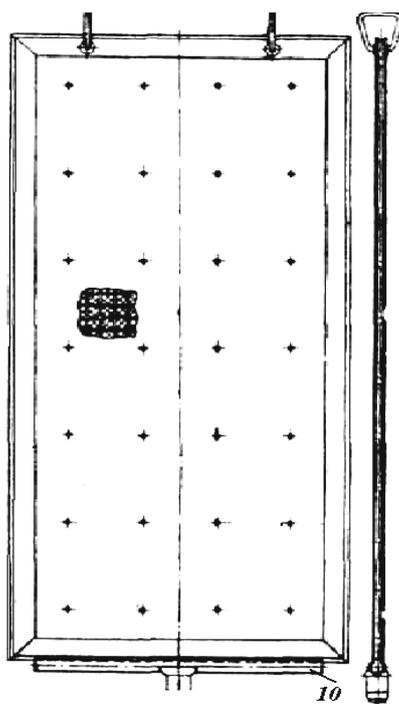
Кроме кассетных, применяют патронные сетчатые фильтры с общей фильтрующей поверхностью 6, 10 и 15 м<sup>2</sup>, полезной площадью фильтрующей сетки 4,2; 7 и 10 л<sup>2</sup> и размерами ячейки 0,08 мм, рассчитанные на давление до 0,6 МПа.

Сетчатые фильтры типа ФЛЖ производительностью 0,4 – 2,5 дм<sup>3</sup>/с (25–150 л/мин) устанавливают на маслопроводах перед узлами трения. Фильтр (рис. 105) состоит из корпуса 1, фильтрующего патрона 2 и крышки 3. Масло поступает в отделение а и проходит через сетку в отделение б, откуда направляется в выходное отверстие. Сетки изготовляют из латуни с размерами ячеек 0,1 – 0,05 мм. По мере загрязнения сетки вынимают и промывают керосином.

Пластинчатые или дисковые фильтры более удобны в эксплуатации благодаря наличию устройства для очистки масла в процессе работы, но они не обеспечивают тонкой фильтрации масла. Фильтры изготовляют с ручной и механической очисткой, а также с одним или несколькими фильтрующими патронами.



*a* – фильтр; *б* – кассета; *1* – вентиль для спуска масла; *2* – корпус;  
*3* – кассета; *4* – прижимная планка; *5* – пробно-спускной кран;  
*6* – отверстие для подвода сжатого воздуха при продувке; *7* – маховик;  
*8* – крышка; *9* – откидной болт; *10* – труба для сбора масла  
 Рисунок 104. Сетчатый кассетный фильтр типа ФСЖ – 100 с 10 кассетами  
 производительностью 300 л/мин при вязкости масла 36,2 сст при 100°С



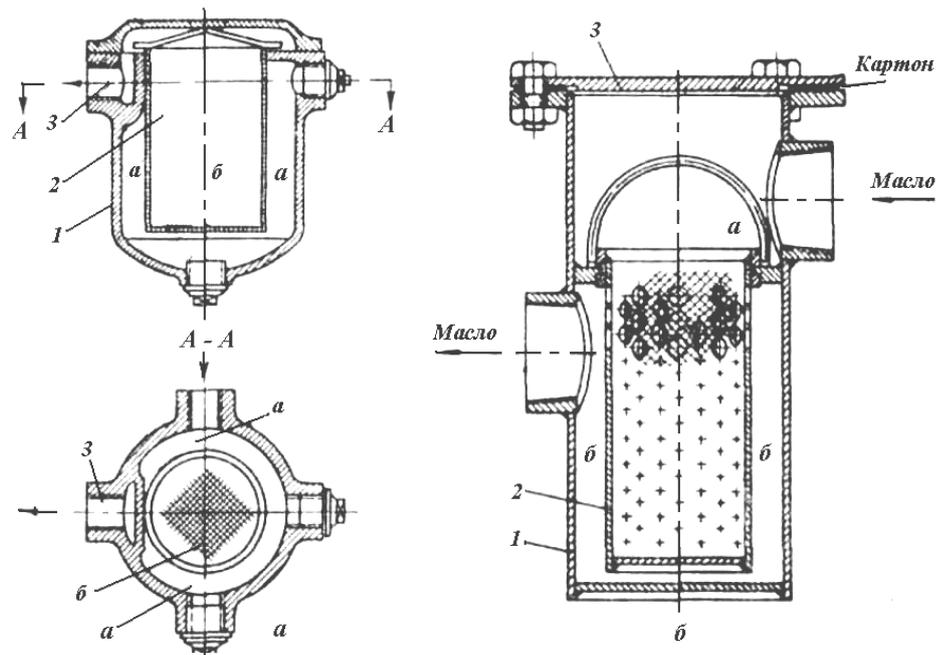
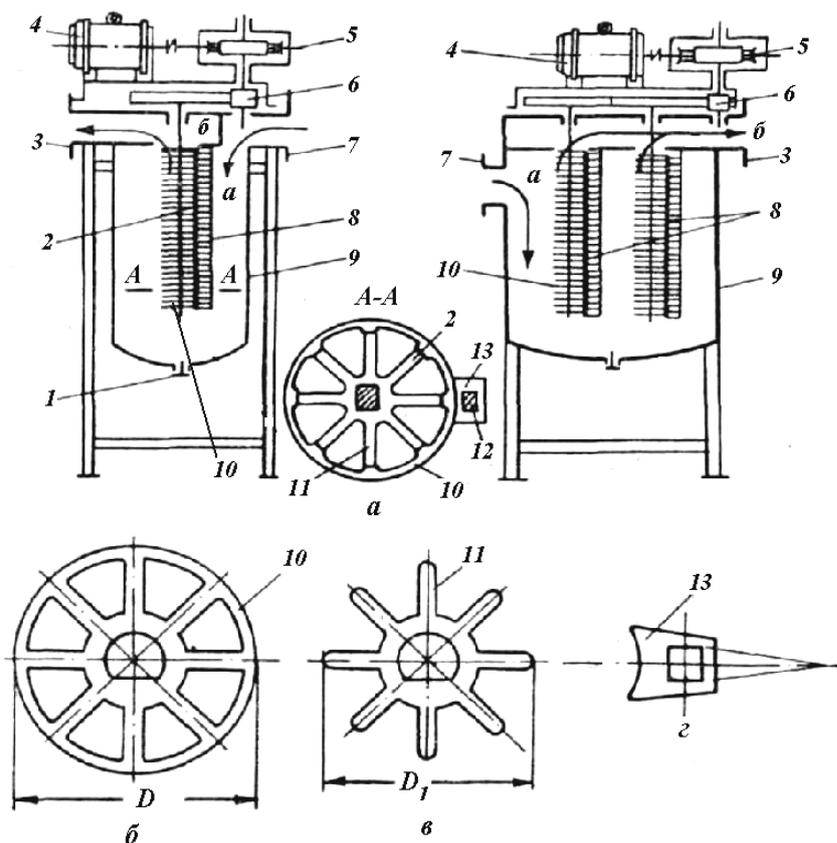


Рисунок 105. Сетчатый линейный фильтр (два варианта – а, б)

Самоочищающийся пластинчатый фильтр, (рис. 105) состоит из патрона 8, корпуса 9, электродвигателя 4, червячного редуктора 5 и цилиндрической зубчатой пары 6.

Фильтрующий патрон 8 представляет собой набор тонких дисков 10 из стали в виде колеса со спицами диаметром 112 мм и толщиной 6,5 мм. Между дисками расположены прокладки 11 в форме звездочек толщиной 0,08; 0,12 или 0,18 мм. В одном патроне устанавливают до 532 дисков.

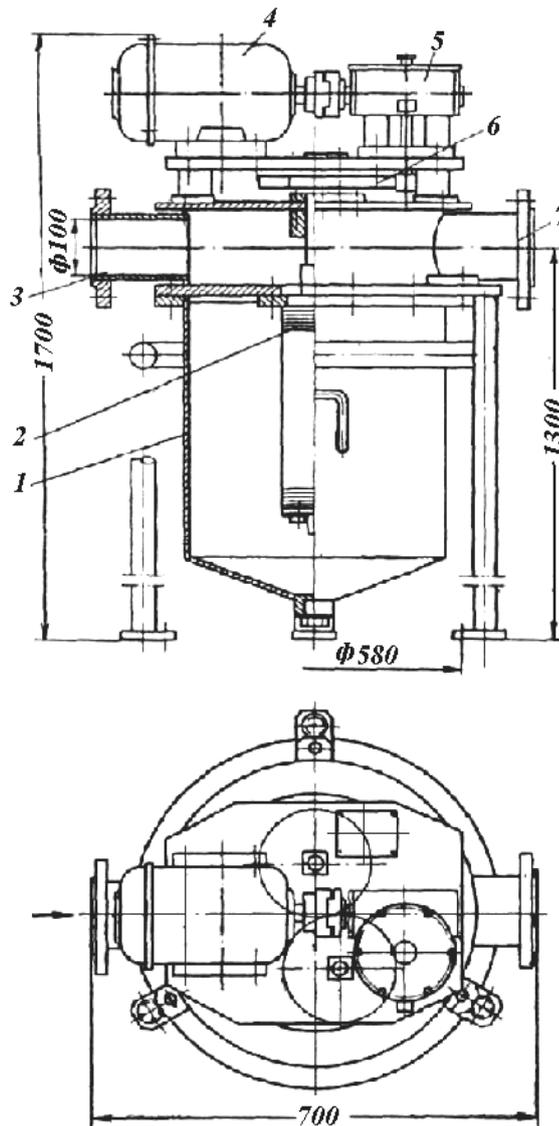
Все диски и звездочки насажены на вал 2 прямоугольного сечения, который периодически вращается от электродвигателя через червячную и зубчатую передачи со скоростью около 7–8 об/мин.



*a* – общая схема одно и двухпатронного фильтра; *б* – фильтрующий диск;  
*в* – прокладки; *г* – нож или скребок для снятия грязи

Рисунок 106. Схема пластинчатого самоочищающегося фильтра типа ФПЖ

В маслосистемах применяют пластинчатые (дисковые) фильтры типов ФДЖ – 25 с очисткой вручную, ФПЖ – 50, ФПЖ – 80, ФПЖ – 100 и ФПЖ – 150 с механической очисткой (рис. 107). При установке в системе пластинчатых фильтров резерва не предусматривают.

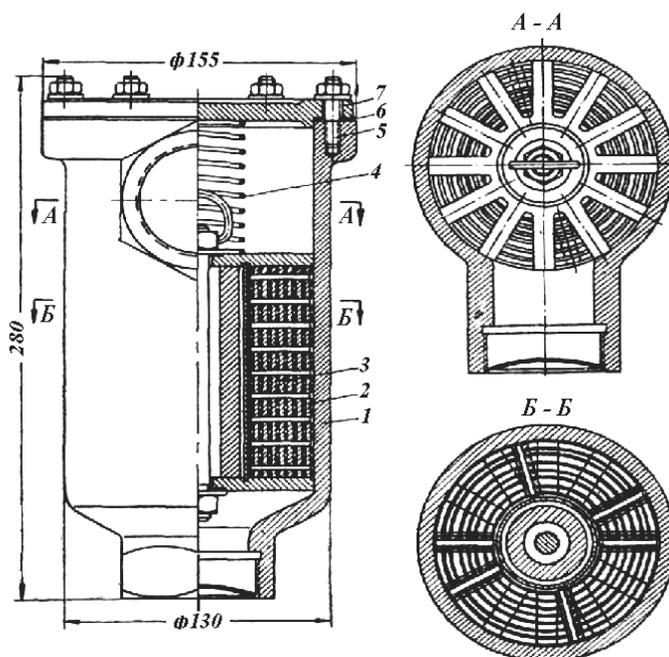


1 – корпус; 2 – патрон с пластинами; 3 – входной патрубок;  
 4 – электродвигатель; 5 – червячный редуктор; 6 – цилиндрическая  
 зубчатая пара; 7 – выходной патрубок

Рисунок 107. Общий вид пластинчатого (дискового)  
 фильтра типа ФПЖ – 100

В патроне также укреплен квадратный вал 12 с ножами 13, которые входят в промежутки между дисками 10. Масло поступает через патрубок 7, проходит через зазоры между дисками, заполняет патрон и через патрубок 3 направляется в нагнетательный маслопровод. Механические частицы, находящиеся в масле, если они крупнее установленного зазора, задерживаются при входе в зазор между дисками. При проворачивании патрона, грязь, осевшая между дисками, сбрасывается ножами и падает на дно корпуса, откуда периодически удаляется через отверстие 1. Нормальный перепад давления в фильтре должен составлять до 0,05 МПа.

Магнитные фильтры применяют для предварительной очистки масла перед сливом в резервуары-отстойники, а также в качестве линейных— перед ответственными узлами трения. Промышленностью разработана серия линейных фильтров типа ФМ производительностью 8-400 л/мин на рабочее давление до 0,5 МПа и магнитных сепараторов типа СМ и СРМ производительностью 100 л/мин и выше. На рис. 108 показан магнитный фильтр производительностью 100 л/мин при вязкости масла до 36,2 сст при 50°С.



1 – корпус; 2 – магнитопровод; 3 – решетка; 4 – пружина;  
5 – шпилька; 6 – прокладка; 7 – крышка

Рисунок 108. Магнитный фильтр типа ФМ – 6

#### *Пресс – баки (воздушные аккумуляторы)*

Пресс-баки устанавливаются в маслосистемах для обеспечения постоянного давления масла в напорном трубопроводе, сглаживания колебаний расхода и кратковременной (2 – 5 мин) подачи масла в узлы трения в случае внезапного прекращения работы насоса, что особенно важно для станов горячей прокатки. Пресс-бак (рис. 109) представляет собой баллон общей емкостью 0,5; 1; 2; 3; 6 или 9 м<sup>3</sup>. Полезную емкость считают равной 2/3 от общей. Бак снабжают указателем и сигнализатором уровня масла 1, манометром 3, предохранительным клапаном 2, спускным краном для воздуха, спускной пробкой для грязи 5 и люком для очистки 4. Сжатый воздух от цеховой сети осушают и редуцируют в соответствии с давлением масла в системе.

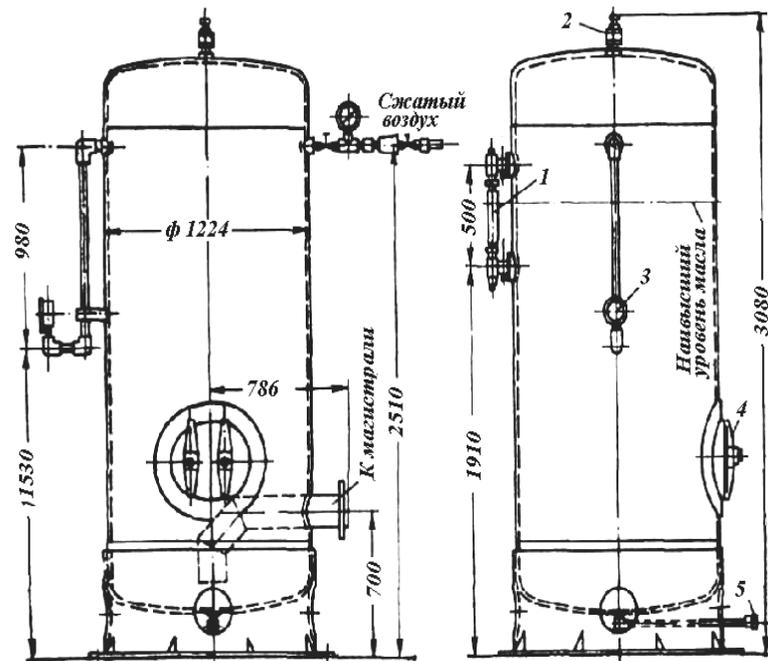


Рисунок 109. Пресс-бак емкостью  $3 \text{ м}^3$  (полезный объем  $2,2 \text{ м}^3$ )

#### Маслоохладители (теплообменники)

Маслоохладители состоят из корпуса и сердечника (рис. 110).

Сердечник имеет две решетки, в которых развальцованы концы латунных или ребристых алюминиевых трубок, размещенных в шахматном порядке, и ряд поперечных перегородок, расположенных по длине сердечника на равном расстоянии друг от друга.

Масло движется зигзагообразно в межтрубном пространстве, охлаждаясь на  $5\text{—}10 \text{ град}$ , а вода проходит по трубкам, причем по одной группе трубок — в одном направлении, а по другой — в обратном и нагревается на  $3\text{—}6 \text{ град}$ .

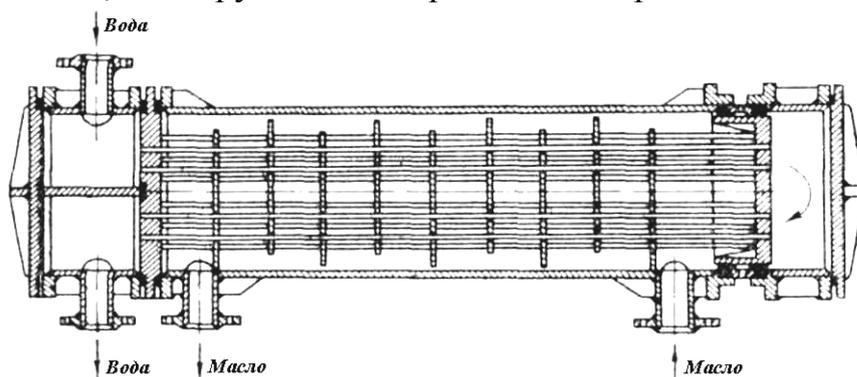


Рисунок 110. Схема маслоохладителя

Температура масла на выходе и воды на входе и выходе замеряется термометрами сопротивления. Температура охлаждающей воды не должна быть выше  $25^\circ\text{C}$ . Производительность маслоохладителя определяется поверхностью охлаждения. Согласно нормам Уралмашзавода, поверхности охлаждения приняты:  $3, 6, 12, 25, 50, 100, 200 \text{ м}^2$ . Расход воды составляет  $1,3\text{—}$

1,5 л на 1 л охлаждаемого масла. Давление воды должно быть несколько ниже давления масла.

#### *Резервуары – отстойники*

Резервуары для масла изготавливают прямоугольной формы с уклоном дна в сторону передней стенки и к центру не менее 3 – 5°.

По длинной стороне они разделены на два или три отсека. Отсек *I*, в который по сливной трубе *I* поступает масло, отделен от среднего отсека перегородкой с просветом 100 – 150 мм у дна или снабжен в верхней части сеткой, исключаяющей попадание пены. Емкость отсека *II* составляет около половины емкости резервуара; он предназначен для отстоя масла. Отсек *III* служит для забора отстоявшегося масла через всасывающую трубу с поплавком и отделен от отсека *II* перегородкой, в нижней части которой имеется отверстие, соединяющее отсеки.

На крышке резервуара расположены смотровые и монтажные люки, патрубок для сливной трубы и вентиляционный колпак. Параллельно дну резервуара уложен змеевик для подогрева масла. На передней стенке находятся лестница, фланцы для присоединения паропровода, указатель уровня масла, отверстий для размещения термометров сопротивления, патрубки маслозабора и спуска грязи. Полезный объем резервуара принимают 70 – 80 % от геометрического с учетом возможности слива масла в резервуар из всех емкостей системы, а минимально допустимый – 0,5 полезной емкости. Для контроля за уровнем масла на передней стенке устанавливают поплавковое реле 7 или сигнализатор уровня, которые подают сигналы при нарушении установленного уровня масла.

Резервуары изготавливают полезной емкостью 1; 3,15; 6,3; 10; 16; 25; 31,5; 40 и 50 м<sup>3</sup>. Полезную емкость резервуаров принимают равной 25 – 40 или 60 – минутной производительности всех постоянно работающих насосов в зависимости от назначения системы и вязкости масла.

В системах, обслуживающих нормальные узлы-трения, достаточна кратность, равная 25, в системах, предназначенных для подшипников жидкостного трения и маслах вязкостью 180 – 360 *сст* при 40°С (МС – 14, МС – 20), принимают кратность 40, а при маслах вязкостью 400 – 800 *сст* при 40° С (МС – 24, П – 28) увеличивают кратность до 60. Скорость нагрева масла в резервуарах составляет 5 – 7 град/ч, давление пара 0,5 МПа, наибольшая температура нагрева достигает 60°С. Слив масла от узлов трения целесообразно осуществлять через сетчатый фильтр и магнитный сепаратор с фильтрующей способностью 400, 625 и 1250 л/мин.

#### *Аппаратура*

Централизованные циркуляционные системы жидкой смазки в зависимости от назначения можно разделить на две группы:

а) обслуживающие нормальные узлы трения и зубчатые зацепления, для которых не требуется высокая степень очистки масла и строгое регулирование давления и температуры масла;

б) обслуживающие подшипники жидкостного трения, для которых необходимо обезвоживание масла, высокая степень очистки масла и строгое регулирование давления и температуры масла.

В системах первой группы устанавливают приборы, при помощи которых измеряют и регулируют:

1) давление масла у пресс – бака и после маслоохладителя – электроконтактными манометрами типа ЭКМ или самопишущими манометрами типа МСТМ – 610;

2) перепад давления в фильтрах – дифференциальным манометром МДФ для пластинчатых фильтров и дифференциальным реле давления типа ДРД для сетчатых фильтров;

3) перепад давления воды в маслоохладителе – дифференциальным манометром МДФ;

4) уровень масла в резервуарах отстойниках – поплавковыми реле уровня РП, сигнализаторами уровня типа ЭСУ;

5) температуру масла в резервуарах отстойниках, до и после маслоохладителя – термометрами сопротивления типа ТСМ, подключенными через многоточечный переключатель ПМТ к показывающему логометру ЛПр, или электроконтактными термометрами типа ЭКТ и регуляторами температуры прямого действия типа РПД.

В системах второй группы дополнительно устанавливают следующие приборы:

1) пневматические редуционные клапаны для снижения давления масла перед каждой рабочей клетью до 0,08 – 0,12 МПа.

2) линейные магнитные и сетчатые фильтры на напорном маслопроводе и отстойник для воды с указателем количества масла в воде на сливном маслопроводе для дополнительной очистки масла перед и за каждым смазываемым механизмом;

3) дифференциальное реле давления ДРД на каждую рабочую клеть, электроконтактные манометры ЭКМ по одному с каждой стороны рабочей клетки и визуальные указатели течения масла перед каждым подшипником для контроля поступления масла к подшипникам;

4) термометры сопротивления ТСМ совместно с центральным электронным многоточечным мостом ЭМР – для контроля температуры масла на выходе из каждого подшипника.

В системах жидкой смазки предусматривают, как минимум, следующие автоматически управляемые процессы:

1) включение и выключение резервного насоса при изменении давления в системе сверх установленного предела;

2) остановку насосов станции и всего обслуживаемого оборудования в случае падения давления в системе или уровня масла в резервуаре-отстойнике ниже установленного предела;

3) включение и выключение электродвигателей для очистки пластинчатых фильтров, которое осуществляется двумя способами:

– по увеличению перепада давления – дифференциальным манометром типа ДП;

– через заданные интервалы времени – электропневматическом прибором КЭП – 12У;

4) нагрев масла в резервуарах и охлаждение масла в теплообменниках, если его температура отклоняется от установленной нормы (обычно 38– 42°С);

5) автоматическое переключение, при наличии двух отстойников по мере обводнения масла в работающем отстойнике.

#### **4.6.5 Системы густой смазки**

##### **4.6.5.1 Характеристика, состав и принцип работы систем густой смазки**

Системы густой смазки делят на индивидуальные и централизованные.

В индивидуальных системах смазку подают в узлы трения с помощью ручных шприцев, лубрикаторов или методом распыления. Ручными шприцами можно подавать смазку через питатели с ручным переключением (ПРГ) на 2, 4, 6 или 8 отводов. Емкость дозирующих камер питателей составляет 0,5 – 2 см<sup>3</sup>. Лубрикаторы имеют 8 или 16 отводов и подают до 0,4 см<sup>3</sup> смазки за ход плунжера под давлением 10,0 МПа. В централизованных системах смазка подается насосом одновременно к значительному числу узлов трения через дозирующие питатели. Последние подобраны и отрегулированы для подачи определенного количества смазки к каждому узлу трения. Преимущества централизованных систем смазки:

а) регулярная подача смазки к большому числу узлов трения одновременно, в результате чего значительно сокращается число смазчиков;

б) периодическое полное обновление смазки в узле трения;

в) возможность дозировки количества смазки, подаваемой к узлам трения, и контроля за подачей каждой порции смазки;

г) герметичность системы, вследствие чего обеспечивается чистота смазки и узла трения.

Смазка подается по трубопроводам под начальным давлением 10,0 – 20,0 МПа, доходит до питателей и узлов трения, обеспечивая их смазку, после чего выдавливается наружу. В отличие от жидкой, густая смазка подается периодически, через определенные промежутки времени. В зависимости от количества магистральных мазепроводов и конструкции питателей различают двухлинейные и однолинейные системы густой смазки. В зависимости от способа разводки мазепроводов и способа переключения подачи смазки из одной магистрали в другую системы густой смазки разделяют на концевые и петлевые, а в зависимости от способа привода станций – на ручные,

электрические и пневматические. В чертежах, спецификациях и схемах ручные станции обозначали индексом СРГ, электрические концевые – СК и петлевые – СП, а пневматические – САГП. Цифры после назначения типа станции указывали на ее производительность в  $см^3/цикл$  для ручных станций и в  $см^3/мин$  для электрических. Согласно ГОСТ 11700 – 66, с 1968 г. введены новые цифровые обозначения станций с электрическим приводом, указанные в табл. 26. Конструкции и габариты этих станций будут несколько отличаться от станций СК и СП.

Таблица 13 – Характеристика станций густой смазки с электрическим и пневматическим приводом

Обозначение станции новое (старое)	Тип станции	Производительность, $дм^3>мин$	Рабочее давление, <i>МПа</i>	Емкость резервуара, $дм^3$	Мощность электродвигателей, <i>кВт</i>	Масса станции, <i>кг</i>
<i>Станции, предусмотренные ГОСТ 11700 – 66</i>						
0038 – 1– 1– 1	Петлевая	0,038	10,0	25	0,6	90
0075– 1– 1– 1 (СП – 75)	»	0,075	10,0	25	0,6	90
015– 1– 1– 1 (СП – 150)	»	0,15	10,0	63	0,6	150
030– 1– 1– 1 (СП – 300)	»	0 30	20,0	160	1,1	260
060 – 1– 1– 1 (СП – 500)	»	0,60	20,0	160	1,1	260
0075– 1– 1– 1 (СК – 75)	Концевая	0,075	10,0	25	0,6	100
015-II -1 -1 (СК-150)	»	0,15	20,0	63	0,6	100
030 – 1– 1– 1 (СК – 300)	»	0,30	20,0	160	1,1	265
060 – И– 1– 1 (СК – 500)	»	0,60	20,0	160	1,1	265
<i>Станции, не предусмотренные ГОСТом *</i>						
САГП–800 ПМ	Петлевая	0,8 – 0,1	10,0	35	–	220
САГП–800 КМ	Концевая	0,8 – 0,1	10,0	35	–	220
САГП-2000 П	Петлевая	2,0 – 0,3	10,0	150	–	370
ЗАП – 800	Заправоч.	0,8 – 0,1	10,0	35	–	210
ЗАП – 2000	»	2,0 – 0,3	10,0	150	–	360

\* Привод станций осуществляется от сети сжатого воздуха давлением 0,5 МПа.

В состав централизованной системы густой смазки входит следующее оборудование:

- 1) станция ручная или автоматическая;
- 3) питатели, устанавливаемые в непосредственной близости от узлов трения (не далее 5 м);
- 4) фильтры серии ФСГ, устанавливаемые на магистральных трубопроводах непосредственно за станцией;
- 5) клапаны давления КДГ только для систем концевой типа;
- 6) золотники с электромагнитным управлением для отключения или переключения трубопроводов;

7) аппаратура для автоматизации и контроля работы системы. Рассмотрим работу двухлинейной системы густой смазки. Смазка при помощи ручного или приводного насоса нагнетается через фильтр в одну из магистралей и заполняет все подключенные к ней питатели и узлы трения. Момент заполнения в ручных станциях определяют либо по показаниям манометра, измеряющего давление смазки на выходе из станции, либо по резко возросшему сопротивлению при качании ручного насоса. В системах с приводными станциями сигнал о прекращении работы станции подается: в станциях петлевого типа – гидравлическим четырехходовым распределителем, входящим в состав станции, а в станциях концевой типа – клапаном давления, установленным в самом удаленном от станции тупике магистрали, и электромагнитным четырехходовым распределителем, установленным на станции.

В продолжение рабочего цикла станции одна из магистралей находится под давлением, а другая является разгрузочной и отводит излишки смазки из нагнетательной магистрали в резервуар станции.

По окончании рабочего цикла станции золотниковый распределитель вручную или под действием возросшего давления смазки переключается в противоположное положение, при котором с возобновлением работы станции смазка подается по второй магистрали. Одновременно выключается электродвигатель насоса станции.

Паузы между циклами зависят от избранного режима смазки. Их устанавливают на основе эксплуатационных данных. Обычно принимают следующие режимы подачи густой смазки к узлам трения.

Для «холодных» механизмов: к подшипникам скольжения – через каждые 4 ч; к подшипникам качения – через каждые 6 ч.

Для «горячих» механизмов: к подшипникам скольжения и качения ответственных узлов – через каждые 15 – 30 мин к подшипникам скольжения и качения прочих узлов – через каждые 1–2 ч.

Объем порции смазки, подаваемой за один цикл по одному отводу, зависит от размера питателя и составляет 0,5 – 25 см<sup>3</sup>. Продолжительность цикла нагнетания смазки зависит от длины и диаметра трубопроводов, суммарной емкости трубопроводов и присоединенных питателей. Практически цикл работы станции не должен превышать 10 мин. При выборе производительности

станции учитывают, что 50 – 60 % смазки расходуется на компенсацию сжимаемости смазки в трубопроводах и только 50—40% поступает в узлы трения. При выборе производительности автоматической станции можно руководствоваться следующими данными:

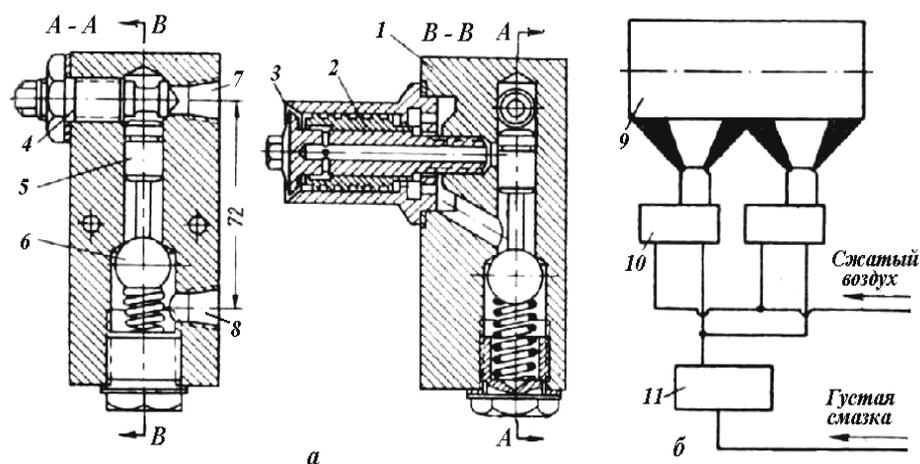
Число точек смазки	Производительность, $см^3/мин$	Число точек смазки	Производительность $см^3/мин$
До 50	38	300 – 450	300
50 – 100	75	500 – 700	500
100 – 250	150	500 – 800	600

Режим смазывания для автоматических станций устанавливают не менее 15 мин.

При смазке ручными станциями производительностью  $8 см^3/цикл$ , число точек смазки принимают не более 50, а режим смазывания не менее 4 ч.

Станции концевой типа преимущественно применяют в тех случаях, когда оборудование расположено линейно на участках большой протяженности. Современное металлургическое оборудование имеет большей частью именно такое расположение. Станции петлевого типа целесообразно применять при кучном расположении технологического оборудования или при обслуживании механизмов с очень частой подачей смазки (15 – 30 мин).

Станции с пневматическим приводом применяют главным образом при подаче в распыленном виде графитной смазки на открытые зубчатые передачи горнорудных машин или реечные передачи манипуляторов, сталкивателей и пр. (рис. 111).



- а* – форсунка Уралмашзавода; *б* – установка форсунки;  
 1 – корпус; 2 – вихритель; 3 – щель выхода распыленной смазки;  
 4 – дроссель, регулирующий подачу смазки; 5 – плунжер;  
 6 – шариковый воздушный клапан; 7 – отверстие для подвода смазки;  
 8 – отверстие для подвода воздуха; 9 – шестерня; 10 – форсунка;  
 11 – золотниковый распределитель

Рисунок 111. Схемы подачи графитной смазки на открытые зубчатые передачи

Основным преимуществом двухлинейных систем является высокая надежность в подаче смазки к узлам трения и возможность нагнетания смазки под большими давлениями. При давлении у станции  $20 \text{ МПа}$  длина магистралей диаметром  $2''$  в отапливаемых помещениях допускается до  $200 \text{ м}$  в одном направлении, а в неотапливаемых помещениях – до  $120 \text{ м}$ .

Длину магистральных трубопроводов определяют из расчета, что давление смазки у наиболее удаленного питателя должно быть не менее  $2,0 \text{ МПа}$ . Станции следует устанавливать в помещениях с температурой не ниже  $15^\circ \text{ С}$ .

Однолинейные системы густой смазки отличаются меньшей надежностью в перезарядке питателей и, следовательно, в подаче смазки к узлам трения. Их применяют для отдельных машин с небольшим числом смазываемых точек и расстоянием между станцией и наиболее удаленными питателями до  $50 \text{ м}$ . До 1969 г. станции и питатели однолинейных систем нашей промышленностью не изготавливались.

#### 4.6.5.2 Оборудование и аппаратура систем густой смазки

Промышленность выпускает ручные станции типа СРГ – 8. Станция (рис. 112) состоит из резервуара 2 с крышкой 3, в котором перемещается поршень 5 со штоком-указателем 4, одноплунжерного насоса 6, заключенного в корпусе 1, рычага 7 (на схеме не показан), связанного с плунжером насоса зубчатой рейкой.

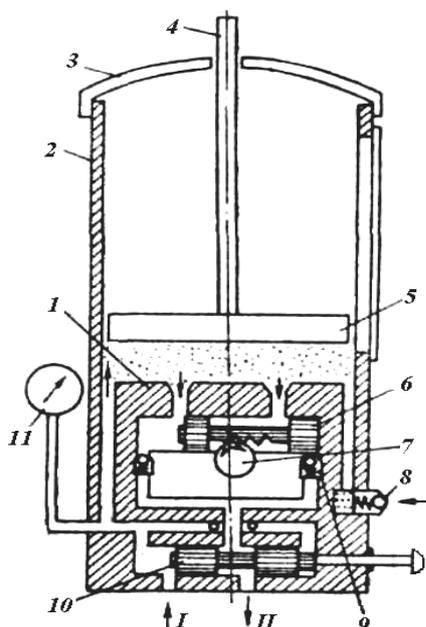


Рисунок 112. Схема ручной станции густой смазки типа СРГ

Резервуар заполняется смазкой через заправочный клапан 8, состоящий из фильтрующего патрона и шарикового затвора с пружиной. Смазка, поступающая по шлангу перекачного насоса, отжимает шарик затвора и

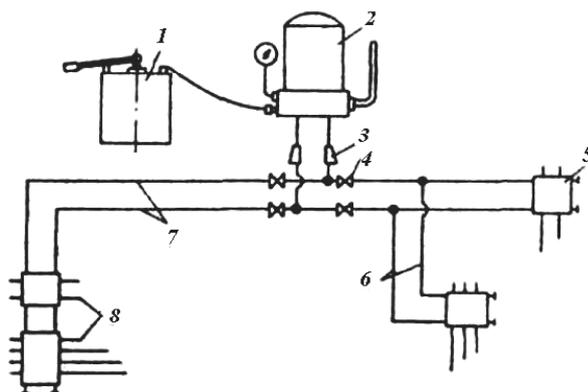
направляется в резервуар, поднимая поршень 5. Шток – указатель 4 позволяет определить момент заполнения резервуара. Обратный клапан 9 предотвращает проникновение нагнетаемой смазки в камеру насоса при всасывающем ходе плунжера. Реверсивное устройство, или золотниковая камера, служит для переключения вручную подачи смазки из магистрали I в магистраль II и наоборот. Станция работает следующим образом. Поршень своей массой выжимает смазку из резервуара в рабочую камеру насоса. При качании рычага 7 плунжер 6 насоса проталкивает смазку через обратный клапан 9 и золотниковую камеру в магистраль I, пока давление, измеряемое манометром II, не станет достаточным для срабатывания всех питателей, подключенных к станции, после чего золотник 10 реверсирует и рабочий цикл заканчивается.

Следующая порция смазки через установленный интервал подается по магистрали II, а после завершения цикла золотник 10 снова переключают в противоположное положение. Излишек смазки, образующейся в нерабочей части золотниковой камеры и в разгрузочной магистрали, по каналу направляется обратно в резервуар станции.

Характеристика ручных станций типа СРГ:

Производительность станции, $см^3/цикл$ .....	8(7,5)
Рабочее давление, МПа.....	10,0
Полезная емкость резервуара, л.....	3,5
Ход поршня резервуара, мм.....	340(300)
Ход конца рукоятки, мм.....	410(65°)
Усилие на рукоятке, Н.....	200
Масса станции без смазки, кг.....	14(11)

Схема смазочной системы с ручной станцией густой смазки показана на рис. 113.



1 – заправочный насос; 2 – станция; 3 – фильтры; 4 – вентили;  
5 – питатели; 6 – отводящие трубопроводы; 7 – магистральные  
трубопроводы; 8 – трубопроводы к узлам трения

Рисунок 113. Схема централизованной системы густой смазки с ручной станцией типа СРГ

Автоматические станции типа СК и СП производительностью 75, 150, 300, 500 и 1000  $см^3/мин$  с электрическим приводом и типа САГП 800 КМ, САГП 800 ПМ и САГП 2000 П производительностью 800 и 2000  $см^3/мин$  с пневматическим приводом изготавливают на Елгавском машиностроительном заводе. Станции предусмотрены для концевой и петлевой схем смазочных систем. Рабочее давление станций с электрическим приводом 15,0 МПа, а с пневматическим – 10,0 МПа. Срок службы станции должен составлять не менее 5000, а плунжерных пар не менее 2000 рабочих часов.

Схема системы со станцией СП петлевого типа представлена на рис. 114. Станция 1 состоит из резервуара, одноплунжерного насоса, червячного редуктора, электродвигателя и гидравлического золотникового распределителя 3 с конечным выключателем.

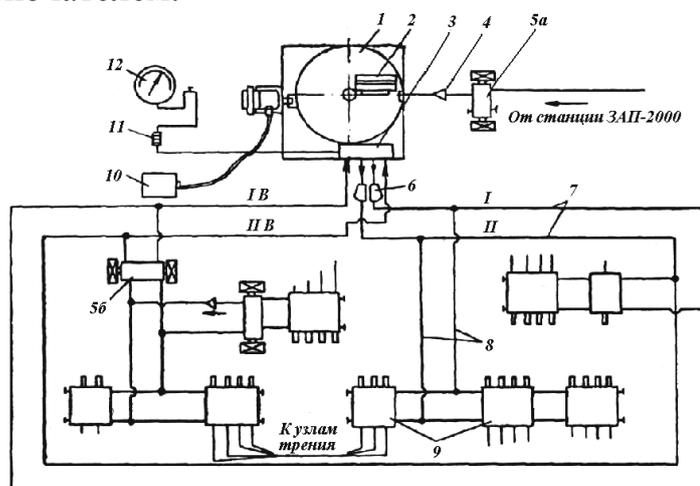


Рисунок 114. Схема автоматической системы густой смазки со станцией СП петлевого типа

От гидравлического золотникового распределителя отходят четыре магистральных мазепровода 7, образующих две замкнутые петли к мазепроводам через отводные трубопроводы 8 подключены питатели 9, подающие смазку к узлам трения. Каждая петля состоит из исходного (магистрали I и II) и возвратного (магистрали Ia и IIв) участков. На распределителе установлены манометры, показывающие давление в напорных и возвратных магистралях.

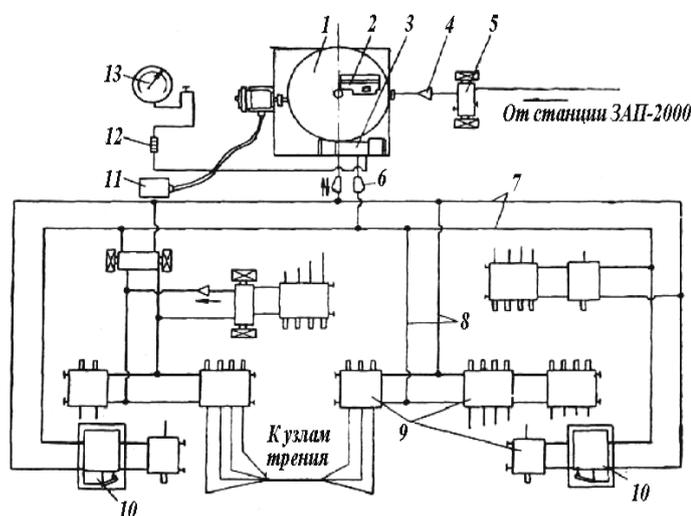
Система работает следующим образом. Насос нагнетает смазку через золотниковый распределитель 3 и фильтр 6 в магистральный мазепровод I-1в. В это время магистраль IIв является разгрузочной: излишки смазки, образующиеся в питателях 9, направляются по магистрали IIв в золотниковый распределитель и возвращаются в резервуар.

После срабатывания всех питателей давление в возвратной магистрали Iв будет возрастать до тех пор, пока не преодолеет сопротивление пружины перепускного клапана. В результате реверсируются распределительный, а затем

рабочий золотники, произойдет переключение магистралей и выключится электродвигатель насоса.

Последующий запуск станции осуществляется автоматически командным электропневматическим прибором КЭП – 12У (10) или вручную, и цикл повторяется; при этом напорными являются магистрали II, IIв, а разгрузочной – магистраль Iв. Для узлов трения, требующих более редкой подачи смазки, время между двумя очередными подачами удлиняют при помощи золотников с электромагнитным управлением 5б, которые отключают питатели от магистрали. Если смазки нужно больше, чем вмещает питатель, в трубопровод включается четырехходовой кран с ручным или электромагнитным управлением, позволяющий несколько раз переключать питатель за один цикл работы станции.

Контроль за работой станции осуществляет самопишущий манометр 12, подключенный к распределителю через демпфер 1). Конечный выключатель 2 и золотник 5а с обратным клапаном 4 управляют автоматической заправкой резервуара смазкой от центральной заправочной станции. Схема системы со станций СК концевое типа представлена на рис. 115. Станция состоит из резервуара, одноплунжерного насоса, приводимого от электродвигателя через червячный редуктор, и золотникового электромагнитного реверсивного клапана 3, снабженного манометром 13. От реверсивного клапана отходят две магистрали 7, расходящиеся тупиковыми линиями к обслуживаемому оборудованию. В конце каждого магистрального тупика установлен клапан давления 10, который срабатывает при давлении смазки от 2,0 – 7,0 МПа.

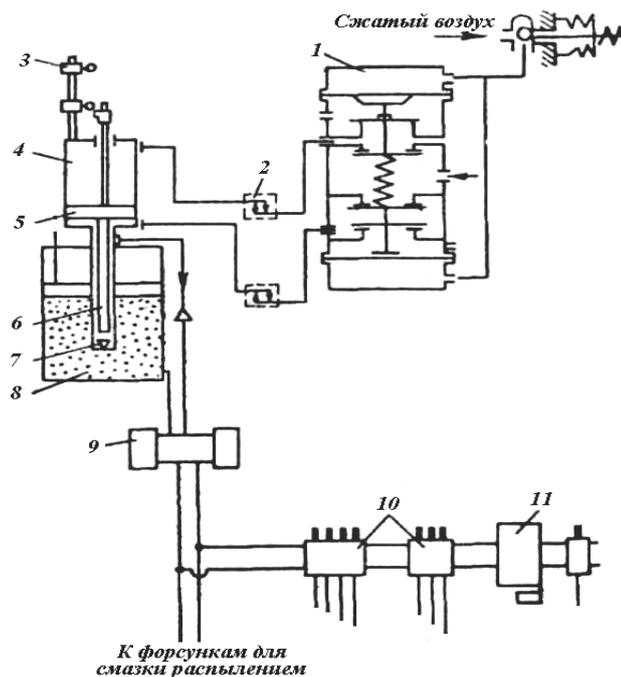


1 – станция; 2 – конечный выключатель; 3 – золотниковый электромагнитный реверсивный клапан; 4 – обратный клапан; 5 – золотник ЗЭГ; 6 – фильтр; 7 – магистральные трубопроводы; 8 – отводные трубопроводы; 9 – питатели; 10 – клапан давления КДГ; 11 – прибор КЭП - 12У; 12 – демпфер; 13 – манометр самопишущий МСТМ – 610

Рисунок 115. Схема автоматической системы густой смазки со станцией СК концевое типа

Станция работает следующим образом. Насос нагнетает смазку через реверсивный клапан в одну из двух магистралей. После срабатывания всех питателей клапан давления КДГ, воздействуя на конечный выключатель 2, выключает электродвигатель станции и замыкает цепь одного из электромагнитов реверсивного клапана, переключающего подачу смазки из одной магистрали в другую. На реверсивном клапане предусмотрены манометр и регулятор давления, установленный на 22,0 МПа; при превышении этого давления смазка отжимает шариковый затвор и не поступая в магистраль, возвращается обратно в резервуар. При следующем пуске станции от руки или автоматически командным электропневматическим прибором КЭП– 12У насос нагнетает смазку по другой магистрали. Для обновления смазки в корпусе клапана давления КДГ после него устанавливается дозирующий питатель ПД.

Кроме станций с электрическим приводом, промышленность изготавливает станции типов САГП – 800 КМ, САГП – 800 ПМ и САГП – 2000 П максимальной производительностью соответственно 800 и 2000 см<sup>3</sup>/мин, при рабочем давлении 10,0 МПа, с пневматическим приводом от цеховой воздушной сети давлением 0,4 – 0,6 МПа. Схема системы со станцией САГП – 800 К дана на рис. 116.



- 1 – клапан пневматический мембранный с электромагнитным управлением;  
 2 – дроссель для снижения давления воздуха; 3 – конечный выключатель;  
 4 – пневматический цилиндр; 5 – шток-указатель; 6 – насос густой смазки;  
 7 – обратный клапан; 8 – резервуар со смазкой и поршнем;  
 9 – золотник с электромагнитным управлением; 10 – питатели;  
 11 – клапан давления

Рисунок 116. Схема станции густой смазки с пневматическим приводом

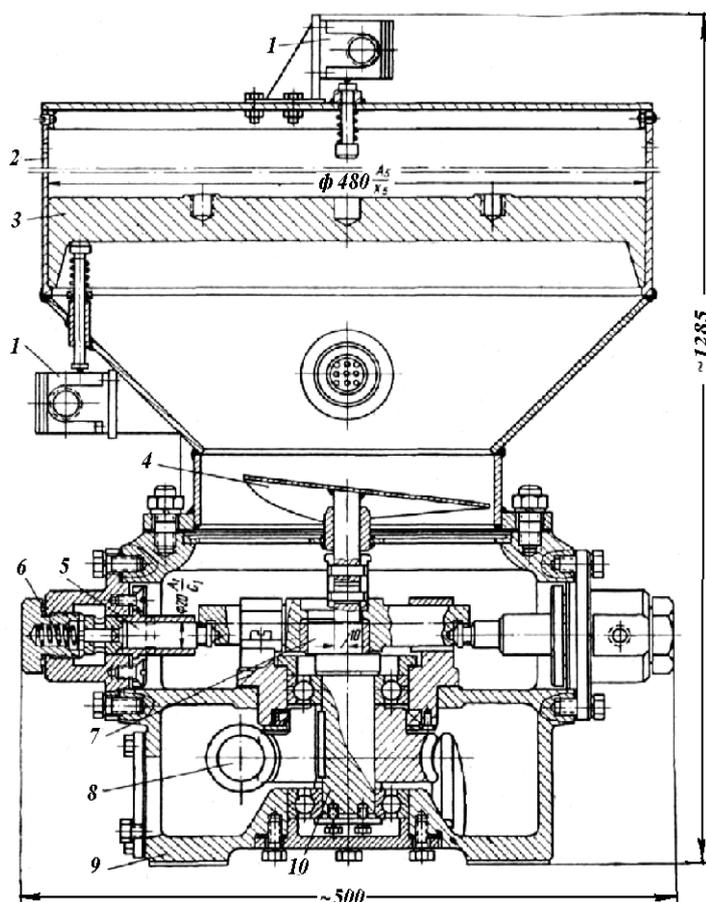
ВНИИМЕТМАШ разработал конструкцию станций с электрическим приводом, отличающихся от станций СК и СП Елгавского машиностроительного завода следующим:

а) станции оборудованы двухплунжерными насосами, приводимыми от ползуна через эксцентриковый вал и червячную передачу;

б) в нижней части резервуаров предусмотрено устройство в виде наклонного диска для перемешивания смазки, приводимое от той же червячной передачи;

в) в состав станций входят улучшенные двухлинейные распределители с электрическим управлением для концевых и гидравлическим управлением для петлевых систем;

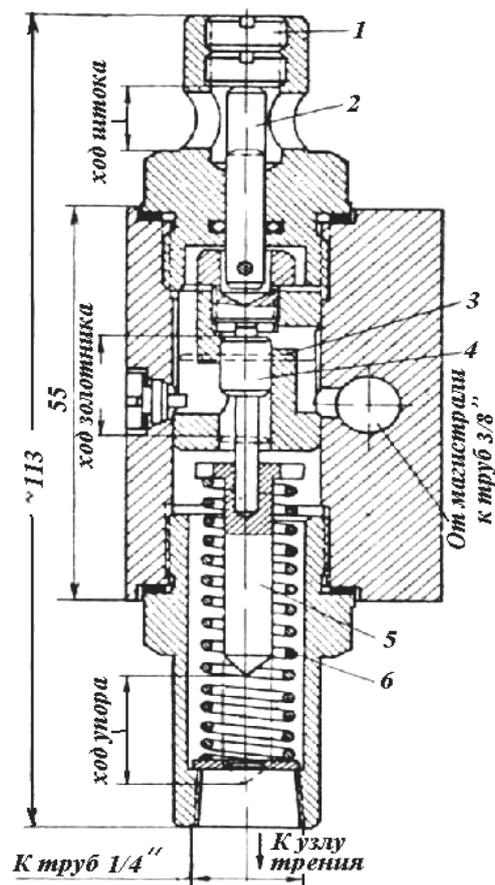
г) станции комплектуются конечными выключателями для автоматического контроля верхнего и нижнего уровня смазки в резервуаре. Разрез по станции типа 060 – 11–1 – 1 дан на рис. 117.



- 1 – конечный выключатель; 2 – резервуар; 3 – поршень; 4 – диск для перемешивания смазки; 5 – плунжер; 6 – пружина плунжера;  
7 – эксцентрик; 8 – червячный редуктор; 9 – корпус редуктора;  
10 – эксцентриковый вал

Рисунок 117. Разрез по станции густой смазки типа 060 – 11– 1– 1 конструкции ВНИИМЕТМАШ

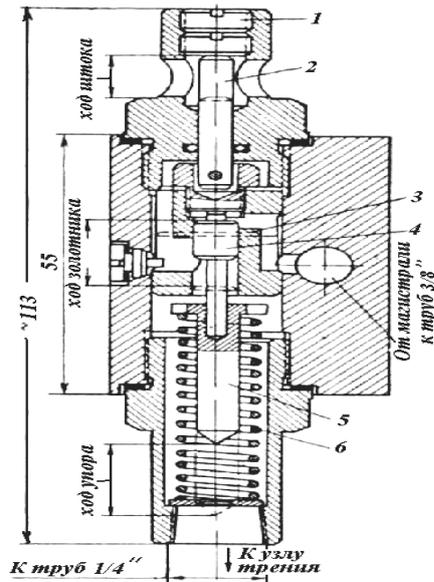
Питатели служат для отмера, подачи смазки и контроля за подачей смазки в узлы трения. Питатели двухлинейных систем серии ПД срабатывают при давлении не менее 1,5 МПа. Питатели изготовляют с конической трубной резьбой (исполнение К) и безрезьбовые (исполнение М) для присоединения тонкостенных труб с помощью металлических уплотнителей и зажимных гаек. По количеству присоединяемых узлов трения различают питатели одно-, двух-, трех- и четырехотводные (ГОСТ 6911–57). Питатель серии ПД (рис. 118) состоит из стального корпуса 11, в котором для каждой смазываемой точки предусмотрены две камеры – дозирующая и золотниковая, соединенные каналами 10 и 2. Дозирующая камера отмеривает порцию смазки, размер которой может быть отрегулирован в определенных пределах, а золотниковая проталкивает смазку к узлу трения. К золотниковой камере присоединены магистральные мазепроводы I и II (коническая резьба диаметром  $\frac{3}{8}$ " ).



*a* – схема нагнетания смазки по магистрали I; *б* – схема нагнетания смазки по магистрали II; *в* – общий вид питателя серии ПД 41– К  
Рисунок 118. Питатель серии ПД

Поршень дозирующей камеры соединен со штоком-указателем 8, перемещающимся в корпусе 7; для наблюдения за положением штока предусмотрены смотровые прорезы. В верхнюю часть корпуса ввернуты два винта 9, при помощи которых регулируют величину хода дозирующего

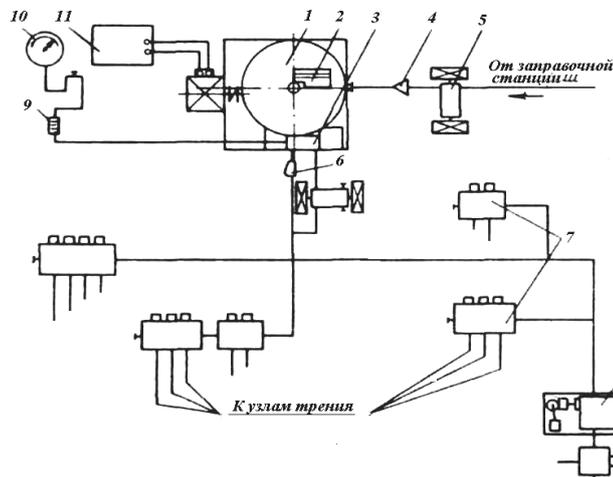
поршня. Питатель работает по следующему принципу. При нагнетании смазки в магистраль *I* (рис. 118, *a*) золотник *13* под давлением смазки опускается до упора в пробку *14*, открывая канал *10*, по которому смазка проходит в надпоршневую область дозирующей камеры, перемещая поршень *5* до упора в пробку *3*. Порция смазки, оставшаяся от предыдущего цикла, выталкивается через канал *2* в пространство *12* золотниковой камеры и оттуда по каналам *4* и *1* к узлу трения; остаток смазки, находившийся под поршнем золотника *13*, выталкивается в магистраль *II*, в данном цикле являющуюся разгрузочной, и далее в резервуар станции. При следующем цикле (рис. 118, *б*) смазка нагнетается по магистрали *II*, и золотник *13* поднимается до упора, открывая канал *2*, по которому смазка поступает в подпоршневую область дозирующей камеры и заставляет поршень *5* переместиться вверх до упора в регулировочный винт *6* указателя. При этом порция смазки, оставшаяся от предыдущего цикла над поршнем *5*, выталкивается через канал *10*, золотниковое пространство *12*, каналы *4* и *1* к смазываемой точке, а остаток смазки, находившийся над поршнем золотника *13*, проталкивается в магистраль *I* и направляется в резервуар станции. Объем подаваемой порции смазки регулируют изменением хода поршня *5*, устанавливая регулировочные винты *9*, в которые упирается шток-указатель *5*; последний также показывает исправность питателя. Поэтому при установке и включении питателей следует располагать их так, чтобы все штоки-указатели занимали одинаковое положение. Тогда легко обнаружить неисправный питатель. Поршни золотниковой и дозирующей камер передвигаются под влиянием разности давлений между напорной и разгрузочной магистралями. Согласно ГОСТ 10614 – 63, предусмотрено изготовление двух типов одно-линейных питателей для густой смазки: тип *I* периодического действия и тип *II* непрерывного действия. Питатели типа *I* с конической или метрической резьбой рассчитаны на один, два, три или четыре отвода с регулируемой подачей по одному отводу в пределах  $0,5 - 25 \text{ см}^3$ . Разрез по такому питателю представлен на рис. 119.



- 1 – винт-пробка; 2 – шток-указатель; 3 – поршень;  
4 – золотник; 5 – упор; 6 – пружина

Рисунок 119. Разрез по однолинейному питателю ПО

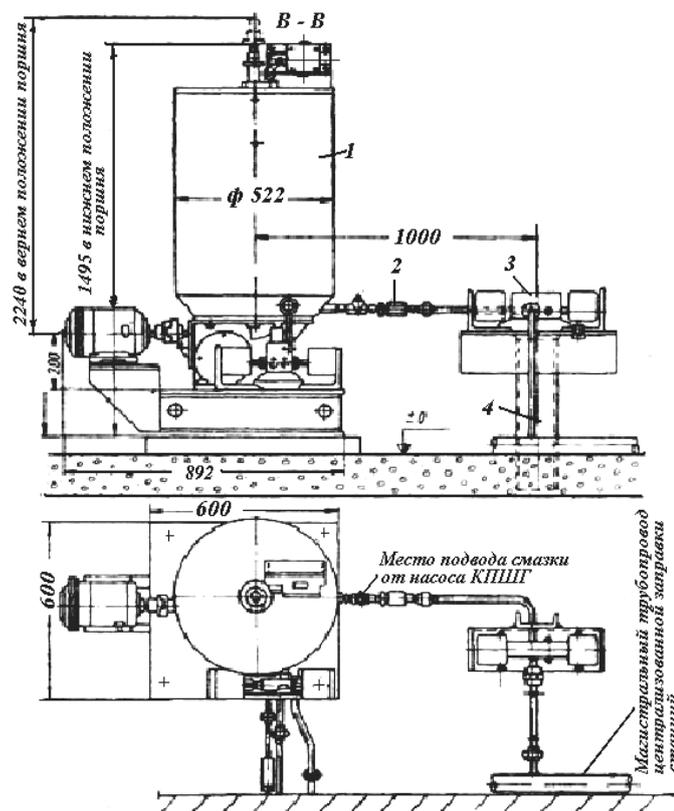
Питатели типа II с конической или метрической резьбой рассчитаны на 4, 6, 8 или 10 отводов с нерегулируемой подачей за один ход по одному отводу от 0,16 до 2,5 см<sup>3</sup>. Эти питатели могут найти применение, например, для смазки кристаллизаторов установок непрерывной разливки стали. Схема однолинейной автоматической системы смазки концевое типа периодического действия представлена на рис. 120.



- 1 – станция однолинейная СОГ; 2 – конечный выключатель;  
3 – предохранительный клапан; 4 – обратный клапан;  
5 – распределитель двухходовой с электрическим управлением;  
6 – фильтр; 7 – питатель ПО; 8 – клапан давления однолинейный;  
9 – демпфер; 10 – манометр самопишущий; 11 – пусковой прибор КЭП – 12У

Рисунок 120. Схема централизованной автоматической однолинейной системы густой смазки концевое типа

Заправка резервуаров всех типов станций густой смазкой осуществляется двумя способами: вручную с помощью перекачных насосов и централизованно с помощью заправочных агрегатов. При ручной заправке из бочек применяют перекачные насосы типа НПШГ– 200, производительностью 200 кг/ч с приводом от электродвигателя мощностью 1,1 кВт. Насос развивает давление 1,5 МПа. При централизованной заправке применяют заправочные агрегаты ЗАП-800 и ЗАП – 2000 с пневматическим приводом от сети сжатого воздуха давлением 0,4 – 0,6 МПа. ВНИИМЕТМАШ разработал конструкцию станций централизованной заправки большей производительности: СЦЗ–2500 с электрическим приводом, производительностью 2500 см<sup>3</sup>/мин при давлении до 50 МПа и емкостью резервуара 500 л и СЦЗ – 5000 с электрогидравлическим приводом, производительностью 5000 см<sup>3</sup>/мин при давлении до 32 МПа и емкостью резервуара 850 л. Автоматизация и контроль за работой систем густой смазки обеспечиваются с помощью следующей аппаратуры: приборов КЭП – 12У, манометров самопишущих МСТМ – 610 или МСТМ – 618, конечных выключателей ВК– 311А, обратных клапанов КОГ– 15 и золотников с электромагнитным управлением ЗЭГ– 1/2"тр. Узел установки автоматической станции типа СК дан на рис. 121.



1 – станция; 2 – обратный клапан; 3 – золотник с электромагнитным управлением; 4 – стойка; 5 – фильтр ФСГ; 6 – демпфер для манометра; 7 – стойка под манометр; 8 – манометр самопишущий МСТ610  
 Рисунок 121. Узел установки автоматической станции густой смазки типа СК

Командный электропневматический прибор КЭП – 12У служит для автоматического включения электродвигателя станции через установленный интервал времени. Пределы изменения интервала допускаются от 3 *мин* до 18 ч. Основными узлами прибора являются синхронный электродвигатель и четырехступенчатая коробка скоростей.

Манометр самопишущий МСТМ – 610 с приводом от синхронного электродвигателя, время одного оборота диаграммы которого составляет 24 ч, регистрирует давление и продолжительность рабочих циклов. Пределы давления 0 – 25 *МПа*. Манометр типа МСТМ – 618 снабжен сигнальным устройством.

Конечные выключатели ВК – 311А устанавливаются на резервуаре станции для автоматического включения и выключения заправочных агрегатов.

Обратный клапан КОГ – 15 служит для пропуска смазки только в одном направлении.

## **4.7 Организация смазочного хозяйства на металлургических заводах**

### **4.7.1 Схема организации смазочного хозяйства**

Оборудование современных металлургических предприятий производительностью 6 – 8 *млн. т/г*, особенно с листовым профилем, насчитывает 60 – 100 тыс. узлов трения, работающих в тяжелых внешних условиях. Для смазывания такого количества узлов трения каждый металлургический завод расходует ежегодно от 2 до 7 тыс. т смазывающих материалов 30– 50 наименований.

Смазочное хозяйство металлургических заводов состоит из индивидуальных и централизованных смазочных систем, цехового инвентаря, цеховых и центрального складов масел, регенерационной станции, насосной станции, лаборатории смазочных материалов и маслопроводов для подачи основных сортов масел из центрального склада в цеховые системы и обратно.

Руководство смазочным хозяйством металлургического предприятия осуществляется группой смазки отдела главного механика (на комбинатах—отделом смазки управления главного механика). Группу возглавляет старший инженер по смазке, которому подчинены:

- в отделе главного механика – группа по смазке, цеховые инспекторы и обслуживающий персонал станции регенерации масел;

- в цехах – механики цехов или помощники начальников цехов по оборудованию (только по вопросам смазки).

Инженеры и техники группы по смазке разрабатывают паспорта по смазке оборудования, инструкции по эксплуатации смазочных систем, уточняют нормы расхода смазочных материалов для отдельных механизмов и

занимаются усовершенствованием смазочных систем, в частности охватом централизованными системами возможно большего числа узлов трения.

Цеховые инспекторы обеспечивают контроль за ведением смазочного хозяйства в цехах завода.

Механики цехов обеспечивают организацию и ведение смазочного хозяйства в цехах и руководят цеховыми мастерами по смазке, машинистами смазочных систем и смазчиками.

Старший инженер по смазке на основе цеховых графиков составляет сводный годовой график смены масла в емкостных системах завода, контролирует расход смазочных материалов цехами, утверждает замену основных сортов смазочных материалов и составляет заявки на смазочные, промывочные и обтирочные материалы.

Число смазчиков, обслуживающих оборудование цеха, определяется составом, количеством и расположением оборудования в цехе, режимом работы оборудования и наличием централизованных систем.

Масляные подвалы с централизованными системами жидкой смазки обслуживают два человека (машинист и его помощник) в смену на каждый подвал, а при автоматическом управлении маслосистемами и наличии центрального пульта управления — два человека в смену на цех.

Централизованные системы густой смазки обслуживает один человек в смену на 500 питателей серии ПД; для заполнения резервуаров станций густой смазки ручными насосами — один заправщик, в смену на 8 — 10 станций. При централизованном заполнении резервуаров достаточно двух заправщиков в смену на цех.

Как правило, все подъемно — транспортное оборудование смазывает обслуживающий персонал. Однако контроль за работой смазочной аппаратуры осуществляют смазчики. Подвижной состав внутризаводского транспорта обслуживается смазчиками.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации централизованных смазочных систем, разработанных ВНИИОЧЕРМЕТ, оборудование этих систем надлежит осматривать:

- помощникам начальников цехов по оборудованию — не реже одного раза в месяц;
- механикам цехов — не реже двух раз в месяц;
- мастерам по смазке — не реже двух раз в неделю.

Ревизии и ремонты оборудования выполняют согласно графикам и при замене масла в системах.

В крупных прокатных цехах за централизованными смазочными системами не закрепляют постоянный обслуживающий персонал — они управляются дистанционно из центрального пульта смазки, расположенного в главном маслоподвале, или из главного поста управления станом.

За каждым смазчиком закрепляется определенное число механизмов и агрегатов. Все смазчики обязаны изучить правила технической эксплуатации смазочных систем и ежегодно сдавать экзамены.

Смазчикам выдают инвентарь, паспорта смазки, инструкции по эксплуатации централизованных систем и графики смазки оборудования. В процессе приемки смен машинисты маслоподвалов осматривают оборудование и делают соответствующие записи в журналах.

#### **4.7.2 Техническое обслуживание смазочных установок**

Индивидуальную смазку узлов трения и заправку ручных станций, густой смазки осуществляют с помощью смазочного инвентаря. Инвентарь служит для доставки, хранения и замера смазочных материалов, для задачи смазки в узлы трения, для сбора, хранения и транспортирования отработавших смазочных материалов.

В цеховых кладовых смазочные масла хранят в баках емкостью 100, 250, 500 и 1000 кг снабженных фильтрами, отстойниками и раздаточными кранами. Масла целесообразно доставлять в автоконтейнерах. Консистентную смазку доставляют и хранят в бочках. Масло из баков выдается только через расходные краны, а густая смазка из бочек – при помощи перекачных насосов.

Заполнение и долив картеров малой емкости производят из раздаточных бачков емкостью 150, 300 и 500 л, доставляемых на электрокарах. Бачки снабжены мерными насосами и счетчиками.

Индивидуальную смазку осуществляют с помощью ручных масленок или ручных шприцев. Каждую ручную масленку употребляют только для масла определенного сорта и марки.

Смазку, вытекающую из узлов трения, собирают в поддоны а затем переливают в бидоны для отправки на регенерацию. Небольшое количество масла, оставшееся на дне картера или ванны после слива масла, вычерпывают шприц-насосом.

В централизованных системах жидкой смазки большой емкости (10 т и выше) масло перекачивают в резервуары систем из центрального склада насосами, а в системы меньшей емкости доставляют в небольших цистернах автотранспортом.

Опорожнение резервуаров большой емкости производят при помощи рабочих нагнетательных насосов, переключаемых для подачи масла в трубопровод, связывающий систему с центральным складом масел. При наличии крупных прокатных цехов (например, горячей и холодной прокатки листа) целесообразно организовать кустовой склад масел, обслуживающий все прокатные цехи.

#### **4.8 Организация хранения смазочных материалов на металлургических предприятиях**

Центральный заводской склад смазочных материалов осуществляет прием и хранение всех маслопродуктов, прибывающих на завод, а также раздачу этих материалов во все цехи и хозяйства завода.

На огороженной территории центрального склада находится здание надземного склада с подвалом или полуподвальным помещением. На территорию склада должен быть подведен железнодорожный путь для подачи цистерн с нефтепродуктами, сливаемыми в подземные резервуары, и вагонов со смазочными материалами в бочковой таре для разгрузки их на надземный склад. Кроме того, предусматривают автовъезд для вывоза контейнеров, заполняемых в раздаточном отделении, бочек с густой смазкой и пр.

В надземной части здания склада располагаются: насосная станция, отделение для хранения тарных нефтепродуктов, раздаточное отделение, станция регенерации масел, лаборатория, помещение для хранения и промывки порожней тары, отделение обтирочных материалов, мастерская по ремонту смазочной аппаратуры, бытовые помещения и контора склада.

В подвальной или заглубленной части здания находятся: резервуары-цистерны емкостью по 50, 25 и 10 для хранения свежих, отработавших и регенерированных масел, маслоловушка и насосное отделение для перекачки масел из складских емкостей в резервуары централизованных систем жидкой смазки. Схема трубопроводов маслосклада предусматривает прием, хранение и выдачу пяти-шести групп близких по вязкости масел и эмульсий. Каждая группа обслуживается самостоятельными резервуарами, насосами, фильтрами, задвижками, раздаточными бачками и трубопроводами. Для периодической промывки емкостей предусмотрены специальный насос и резервуары. В раздаточном отделении устанавливают двух- и пятисекционные баки, емкостью каждой секции 3 и 0,5 м<sup>3</sup>. Смазочные материалы, поступающие на склад, проходят лабораторные испытания в соответствии с действующими ГОСТами.

Запасы смазочных материалов в центральном складе составляют в среднем 2 – 3 месячную потребность завода.

Цеховые кладовые смазочных материалов служат для хранения двухнедельных или месячных запасов смазочных, промывочных и обтирочных материалов, а также запасного смазочного инвентаря. Цеховые кладовые получают материалы из центрального склада, заполняют ими мелкие централизованные системы и выдают их смазчикам в соответствии с установленными нормами расхода и возвращают в центральный склад отработавшие смазочные и обтирочные материалы для регенерации и извлечения масел. Цеховые кладовые располагают внутри цехов в удобных для подъезда автотранспорта и безопасных в пожарном отношении местах и оборудуют раздаточными баками для масел, стеллажами для инвентаря и мелкой тары и ящиками для обтирочных материалов.

## 4.9 Регенерация отработанных масел

В процессе эксплуатации масел в них накапливаются продукты окисления, загрязнения и другие примеси, которые резко снижают качество масел. Масла, содержащие загрязняющие примеси, неспособны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям и должны быть заменены свежими маслами.

Отработанные масла собирают и подвергают регенерации с целью сохранения ценного сырья, что является экономически выгодным. За год на территории бывшего Советского Союза собирается около 1,7 млн. тонн масел, перерабатывается до 0,25 млн. тонн, т. е. 15 %.

Переработать отработанные моторные масла совместно с нефтью на НПЗ нельзя, т. к. присадки, содержащиеся в маслах, нарушают работу нефтеперерабатывающего оборудования. В зависимости от процесса регенерации получают 2 – 3 фракции базовых масел, из которых компаундированием и введением присадок могут быть приготовлены товарные масла (моторные, трансмиссионные, гидравлические, СОЖ, пластичные смазки). Средний выход регенерированного масла из отработанного, содержащего около 2 – 4 % твердых загрязняющих примесей и воду, до 10 % топлива, составляет 70 – 85 % в зависимости от применяемого способа регенерации. Для восстановления отработанных масел применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических, физико-химических и химических процессах и заключаются в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнения. В качестве технологических процессов обычно соблюдается следующая последовательность методов: механический, для удаления из масла свободной воды и твердых загрязнений; теплофизический (выпаривание, вакуумная перегонка); физико – химический (коагуляция, адсорбция). Если их недостаточно, используются химические способы регенерации масел, связанные с применением более сложного оборудования и большими затратами.

### *Физические методы*

Физические методы позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и частично смолистые и коксообразные вещества, а с помощью выпаривания – легкокипящие примеси. Масла обрабатываются в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных и реже электрических, магнитных и вибрационных сил, а также фильтрование, водная промывка, выпаривание и вакуумная дистилляция. К физическим методам очистки отработанных масел относятся также различные массо- и теплообменные процессы, которые применяются для удаления из масла продуктов окисления углеводородов, воды и легкокипящих фракций.

### *Отстаивание*

Отстаивание является наиболее простым методом, он основан на процессе естественного осаждения механических частиц и воды под действием гравитационных сил. В зависимости от степени загрязнения топлива или масла

и времени, отведенного на очистку, отстаивание применяется либо как самостоятельно, либо как предварительный метод, предшествующий фильтрации или центробежной очистке. Основным недостатком этого метода является большая продолжительность процесса оседания частиц до полной очистки, удаление только наиболее крупных частиц размером 50 – 100 мкм.

#### *Фильтрация*

Фильтрация – процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров. В качестве фильтрационных материалов используют металлические и пластмассовые сетки, войлок, ткани, бумагу, композиционные материалы и керамику. Во многих организациях эксплуатирующих СДМ реализован следующий метод повышения качества очистки моторных масел – увеличивается количество фильтров грубой очистки и вводится в технологический процесс вторая ступень – тонкая очистка масла.

#### *Центробежная очистка*

Центробежная очистка осуществляется с помощью центрифуг и является наиболее эффективным и высокопроизводительным методом удаления механических примесей и воды. Этот метод основан на разделении различных фракций неоднородных смесей под действием центробежной силы. Применение центрифуг обеспечивает очистку масел от механических примесей до 0,005 % по массе, что соответствует 13 классу чистоты по ГОСТ 17216 – 71 и обезвоживание до 0,6 % по массе.

#### *Физико - химические методы*

Физико – химические методы нашли широкое применение, к ним относятся коагуляция, адсорбция и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений, разновидностью адсорбционной очистки является ионно-обменная очистка.

#### *Коагуляция*

Коагуляция т. е укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ – коагулятов, к которым относятся электролиты неорганического и органического происхождения, поверхностно активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения. Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т.д. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило 20 – 30 мин., после чего можно проводить очистку масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

#### *Адсорбционная очистка*

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие

масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты).

Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом – масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным методом – очищаемое масло пропускается через адсорбент, методом противотока – масло и адсорбент движутся навстречу друг другу. К недостаткам контактной очистки следует отнести необходимость утилизации большого количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента чаще всего применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, при котором процесс протекает непрерывно, без остановки для периодической замены, регенерации или отфильтрования адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение.

#### *Ионно-обменная очистка*

Ионно-обменная очистка основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые путем полимеризации и поликонденсации органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Процесс очистки можно осуществить контактным методом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3 – 2,0 мм или перколяционным методом при пропускании масла через заполненную ионитом колонну. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Восстановление свойств ионитов осуществляется путем их промывки растворителем, сушки и активации 5%-ным раствором едкого натра. Ионно-обменная очистка позволяет удалять из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

#### *Селективная очистка*

Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также при необходимости полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел. В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа "смеситель – отстойник" в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах экстракционной для удаления из масла загрязнений и ректификации-

онной для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Вторым способом экономичнее и получил более широкое применение. Разновидностью селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном, при которой углеводороды масла растворяются в пропане, а асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

#### *Химические методы*

Химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. При этом в результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим методам очистки относятся кислотная и щелочная очистки, окисление кислородом, гидрогенизация, а также осушка и очистка от загрязнений с помощью окислов, карбидов и гидридов металлов. Наиболее часто используются:

#### *Серноокислотная очистка*

По числу установок и объему перерабатываемого сырья на первом месте в мире находятся процессы с применением серной кислоты. В результате серноокислотной очистки образуется большое количество кислого гудрона - трудно утилизируемого и экологически опасного отхода. Кроме того, серноокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора.

#### *Гидроочистка*

Гидрогенизационные процессы все шире применяются при переработке отработанных масел. Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел, увеличения их выхода, так и с большой экологической чистотой этого процесса по сравнению с серноокислотной и адсорбционной очистками. Недостатки процесса гидроочистки – потребность в больших количествах водорода, а порог экономически целесообразной производительности (по зарубежным данным) составляет 30 – 50 тыс. т/год.

Установка с использованием гидроочистки масел, как правило, блокируется с соответствующим нефтеперерабатывающим производством, имеющим избыток водорода и возможность его рециркуляции.

#### *Процессы с применением натрия и его соединений*

Для очистки отработанных масел от полициклических соединений (смола), высокотоксичных соединений хлора, продуктов окисления и присадок применяются процессы с использованием металлического натрия. При этом образуются полимеры и соли натрия с высокой температурой кипения, что позволяет отогнать масло. Выход очищенного масла превышает 80 %. Процесс не требует давления и катализаторов, не связан с выделением хлоро- и сероводорода. Несколько таких установок работают во Франции и Германии. Среди промышленных процессов с использованием суспензии металлического натрия в нефтяном масле наиболее широко известен процесс Resyclon (Швейцария). Процесс Lubrex с использованием гидроксида и бикарбоната натрия (Швейцария) позволяет перерабатывать любые отработанные масла с

выходом целевого продукта до 95 %. Для регенерации отработанных масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, как правило, на использовании сочетания методов (физических, физико – химических и химических), что дает возможность регенерировать отработанные масла разных марок и с различной степенью снижения показателей качества. Необходимо отметить, что при регенерации масел возможно получать базовые масла, по качеству идентичные свежим, причем выход масла в зависимости от качества сырья составляет 80 – 90 %, таким образом, базовые масла можно регенерировать еще по крайней мере два раза., но это возможно реализовать при условии применения современных технологических процессов. Одной из проблем, резко снижающей экономическую эффективность утилизации отработанных моторных масел, являются большие расходы, связанные с их сбором, хранением и транспортировкой к месту переработки.

Организация мини-комплексов по регенерации масел для удовлетворения потребностей небольших территорий (края, области или города с населением 1 – 1,5 млн. человек) позволит снизить транспортные расходы, а получение высококачественных конечных продуктов – моторных масел и консистентных смазок, приближает такие мини-комплексы по экономической эффективности к производствам этих продуктов из нефти.

### **Контрольные вопросы.**

1. Основное назначение смазки?
2. Какой вид смазки является основным для снижения трения, уменьшения износа и охлаждения трущихся поверхностей?
3. Перечислите основные показатели масел?
4. В каких случаях применяют консистентную смазку?
5. Какое оборудование современных централизованных смазочных систем считается основным?
6. Под каким начальным давлением смазка подается по трубопроводам?
7. В каких случаях преимущественно применяют станции смазки концевое типа?
8. Для чего служат питатели для подачи смазок?
9. Какие технологические операции применяют для восстановления отработанных масел?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Касаткин Н.Л.* Ремонт и монтаж металлургического оборудования. - М.: Металлургия, 1971.
2. *Крылов В.А.* Монтаж металлургического оборудования. - М.: Металлургия, 1971.
3. *Рудин С.Н.* Справочник монтажника механического оборудования металлургических предприятий. - М.: Металлургия, 1970.
4. *Никифоров А.С.* Монтаж и наладка механического оборудования прокатных станов. - М. Металлургия, 1975.
5. *Хинкис Л.М., Нечай А.П.* Единое руководство по эксплуатации, ревизии и сборке опор валков прокатных станов на подшипниках качения. - М.: Металлургия, 1965.
6. *Ермаков В.И., Шеин В.С.* Ремонт и монтаж химического оборудования. - Л.: Химия 1981.
7. *Алексеев П. П. и др.* Справочник слесаря-монтажника технологического оборудования. - М.: Машиностроение, 2002.
8. *Акимова Н.А.* Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. - М.: Издательский центр «Академия», 2002.
9. *Ящура А.И.* Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник. - М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2006.
10. *Демина В.С., Алексеев П.П.* Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. В 2 томах. - М.: Машиностроение. 1983.
11. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя. - М.: Машиностроение.
12. *Фарамазов С.А.* Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. - М. : Химия, 2005.
13. *Цуркан И.Г.* Смазочные и защитные материалы. - М.: Транспорт, 2008
14. *Крагельский И.В. Алисин В.В.* Трение, изнашивание, смазка: справочник. - М.: Машиностроение, 2009
15. *Костецкий Б.И.* Трение, смазка и износ в машинах. - Киев, 2000.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 СИСТЕМЫ МОНТАЖА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	4
1.1 Особые условия эксплуатации металлургических машин.....	4
1.2 Технология монтажных работ.....	4
1.2.1 Проектная и техническая документация, используемая при монтажных работах.....	4
1.2.2 Фундаменты.....	9
1.2.3 Геодезическое обоснование монтажа оборудования.....	15
1.2.4 Приемка фундаментов.....	17
1.2.5 Подготовка фундамента к монтажу.....	20
1.2.6 Установка машин на рабочее место.....	21
1.3 Грузоподъемные устройства.....	24
1.3.1 Назначение грузоподъемных устройств. Такелажная оснастка.....	24
1.3.2 Типовые грузоподъемные устройства.....	26
1.4 Сборка. Сборочные операции.....	31
1.4.1 Технологическая документация на сборку.....	31
1.4.2 Прессовые соединения и их сборка.....	34
1.4.3 Сборка резьбовых соединений.....	38
1.4.4 Обеспечение требуемой затяжки .....	41
1.4.5 Сборка шпоночных и шлицевых соединений.....	44
1.4.6 Штифтовые соединения и их сборка.....	45
1.4.7 Сборка цилиндрической зубчатой передачи.....	46
1.4.8 Сборка конических зубчатых передач.....	50
1.4.9 Сборка червячных передач.....	53
1.4.10 Сборка подшипников скольжения.....	57
1.4.11 Сборка узлов с подшипниками качения.....	61
1.5 Центровка валов, осей.....	65
1.6 Балансировка вращающихся деталей и узлов.....	68
1.7 Трубопроводные системы и их сборка.....	76
1.8 Монтаж технологического оборудования.....	79
1.8.1 Монтаж ленточных конвейеров и питателей.....	79
1.8.2 Монтаж дробильно-размольного оборудования.....	85
1.8.2.1 Щековые дробилки.....	85
1.8.2.2 Валковые камнедробилки.....	89
1.8.2.3 Ударные дробилки.....	90
1.8.2.4 Конусные дробилки.....	91
1.8.2.5 Грохоты.....	94
1.8.2.6 Барабанные окомкователи.....	94
1.8.2.7 Монтаж размольного оборудования.....	95
1.8.2.8 Магнитные барабанные сепараторы.....	97
1.8.2.9 Агломерационные машины.....	98

1.3 Испытание смонтированного оборудования, приемка работ.....	102
2 СИСТЕМЫ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН .....	105
2.1 Эксплуатационные свойства технологических машин.....	105
2.2 Эксплуатационные свойства элементов технологических машин подверженных температурному, коррозионному воздействию...	105
2.3 Системы организации технического обслуживания.....	109
2.4 Особые условия эксплуатации технологических машин.....	111
2.5 Эффективность эксплуатации технологических машин.....	111
2.6 Системы эксплуатации.....	113
2.7 Подготовка технологического оборудования к эксплуатации.....	115
2.8 Виды технического обслуживания технологических машин и электромеханического оборудования.....	117
2.9 Организация работ при ремонте и ТО технологических машин.....	118
3 ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	123
3.1 Основные направления технической диагностики.....	123
3.2 Постановка задач технической диагностики.....	126
3.3 Прикладные вопросы технической диагностики.....	128
3.3.1 Контролеспособность и получение диагностической информации.....	129
3.3.2 Основные виды диагностической информации.....	129
3.4 Особенности проявления и выявления поломок металлургических машин.....	135
3.5 Безопасность эксплуатации и технического обслуживания технологических машин .....	137
4 СМАЗКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	141
4.1 Смазочные материалы, их свойства и выбор.....	141
4.2 Эксплуатационные свойства масел и смазок.....	143
4.3 Сорты и области применения минеральных масел.....	148
4.4 Сорты и области применения консистентных смазок.....	152
4.5 Методы определения расхода и способы подвода смазочных материалов.....	155
4.6 Системы жидкой смазки.....	159
4.6.1 Классификация и виды смазочных систем .....	159
4.6.2 Проточные системы смазки.....	161
4.6.3 Циркуляционные системы смазки.....	164
4.6.4 Оборудование и аппаратура смазочных систем.....	168
4.6.5 Системы густой смазки.....	181
4.6.5.1 Характеристика, состав и принцип работы систем густой смазки.....	181
4.6.5.2 Оборудование и аппаратура систем густой смазки.....	185
4.7 Организация смазочного хозяйства на металлургических	

заводах.....	195
4.7.1 Схема организации смазочного хозяйства.....	195
4.7.2 Техническое обслуживание смазочных установок.....	197
4.8 Организация хранения смазочных материалов на металлургических предприятиях.....	198
4.9 Регенерация отработанных масел.....	199
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	204
СОДЕРЖАНИЕ.....	205

Учебное издание

Бауржан Саккоулы Бейсенов  
Мурат Базарбаевич Курманалиев

## **МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

Учебное пособие

Нач. РО НТИЦ  
Редактор  
Компьютерный набор  
и верстка

*З.А. Губайдулина*  
*Ш.Т. Касымбекова*  
*А.Н. Оразалиева*

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2015 г.  
Тираж \_\_\_\_\_ экз. Формат 60x84 1/16. Бумага типографская №1  
Объем 14,0 п.л. Заказ № . Цена договорная

Издание Казахского национального технического университета  
имени К.И. Сатпаева  
Научно-информационный издательский центр КазНТУ  
г. Алматы, ул. К.И. Сатпаева, 22