



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**В.В. Гриценко**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ДИАГНОСТИКА, РЕМОНТ, МОНТАЖ,  
СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
ОБОРУДОВАНИЯ»**

Учебно-методическое пособие для студентов  
дневной и заочной форм обучения специальности  
260601.65 «Машины и аппараты пищевых производств»

Рубцовск 2013

Гриценко В.В. Конспект лекций по дисциплине «Диагностика, ремонт, монтаж, сервисное обслуживание оборудования»: Учебно-методическое пособие для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 260601.65 «Машины и аппараты пищевых производств» / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. – 111 с.

Учебно-методическое пособие разработано на основе образовательного стандарта ВПО РИИ АлтГТУ СТП 17.823.260601–2010 «Образовательный стандарт учебной дисциплины «Диагностика, ремонт, монтаж, сервисное обслуживание оборудования».

В пособии изложены основные сведения о монтаже, наладке, диагностике, ремонте и сервисе оборудования предприятий пищевой промышленности. Большое внимание уделено инструменту, специальной терминологии и определениям, соблюдению ГОСТов, анализу системы технологического обслуживания и ремонта техники, технологическим операциям при монтаже и капитальном ремонте оборудования.

Предназначено для студентов специальности 260601 «Машины и аппараты пищевых производств» направления подготовки дипломированных специалистов 260600 «Пищевая инженерия» всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено  
на заседании НМС РИИ.  
Протокол №3 от 25.04.13.

Рецензент:

к.т.н., доцент кафедры

«Наземные транспортные системы» РИИ АлтГТУ

Н.А. Чернецкая

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ	6
1.1 ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ	6
1.1.1 Этапы монтажных работ	6
1.1.2 Способы производства строительно-монтажных работ	7
1.1.3 Методы проведения монтажных работ	9
1.1.4 Техническая документация на строительно-монтажные работы	10
1.1.5 Графики монтажных работ	11
1.1.6 Основания и фундаменты	15
1.1.7 Готовность объекта к производству работ по наладке и пуску оборудования	17
1.2 МЕХАНИЗМЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОНТАЖНЫХ И СБОРОЧНЫХ РАБОТ	19
1.2.1 Механизмы, приспособления и инструменты для такелажных работ	20
1.2.2 Инструменты, приспособления и приборы для разметочных работ	28
1.2.3 Ручной электроинструмент	30
1.2.4 Ручные инструменты для сборки резьбовых соединений, демонтажа деталей, резки и гибки труб	38
1.2.4.1 Отвертки	39
1.2.4.2 Гаечные ключи	43
1.2.4.3 Съёмники	48
1.2.4.4 Труборезы и трубогибы	48
1.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ МОНТАЖЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	50
1.3.1 Подготовка монтажной площадки	50
1.3.2 Прием, хранение и расконсервация оборудования	50
1.3.3 Выверка оборудования на фундаменте	52
1.3.4 Крепление оборудования	53
1.3.5 Виброизоляция оборудования	55
1.3.6 Расчет фундаментной площадки	58
1.3.6.1 Статический расчет фундаментной площадки	58
1.3.6.2 Динамический расчет фундаментной площадки	59
1.3.6.3 Расчет параметров вынужденных вертикальных колебаний	60
1.3.6.4 Расчет параметров вынужденных горизонтальных колеба- ний	60
1.3.6.5 Проверка системы «фундамент – машина» на резонанс	61
1.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ МОНТАЖЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	62
1.4.1 Монтаж трубопроводов	62
1.4.2 Монтаж воздухопроводов	66
1.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ	

ПРИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТАХ	68
1.5.1 Монтаж электропроводки	68
1.5.2 Монтаж электрооборудования	70
1.5.3 Устройства защитного заземления, зануления и отключения	75
2 НАЛАДКА И ПУСК ОБОРУДОВАНИЯ	77
2.1 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО НАЛАДКЕ И ПУСКУ ОБОРУДОВАНИЯ	77
2.1.1 Проектно-техническая документация пускового комплекса	77
2.1.2 Надзор за качественным выполнением строительных и механомонтажных работ	78
2.1.3 Организационно-технические мероприятия при наладке и пуске оборудования	78
2.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ НАЛАДКЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТИПОВЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЗМОВ	80
2.2.1 Ревизия оборудования и запорно – регулирующей арматуры	80
2.2.2 Сборка деталей и узлов оборудования	80
2.2.3 Установка и ориентирование деталей резьбовых соединений при сборке	81
2.2.4 Основные направления развития сборочных процессов	82
2.2.5 Способы затяжки	83
2.2.6 Сборка соединений с подвижной, неподвижной и переходной посадками	83
2.2.7 Выверка взаиморасположения валов и муфт	85
2.2.8 Выверка зубчатых передач	86
2.2.9 Выверка ременных и цепных передач	87
2.2.10 Балансировка вращающихся деталей	88
2.2.11 Смазка оборудования	88
2.2.12 Обкатка оборудования на холостом ходу	88
2.2.13 Обкатка оборудования под нагрузкой	89
2.2.14 Правила безопасности при пусконаладочных работах	90
3 ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ	91
3.1 НАЗНАЧЕНИЕ И СУТЬ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	91
3.1.1 Обеспечение работоспособности машин в условиях эксплуатации	91
3.1.2 Задачи диагностики	93
3.1.3 Диагностические параметры	93
3.1.4 Датчики и приборы, применяемые при диагностировании	95
4 РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ	97
4.1 СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР) ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	97
4.1.1 Виды работ по техническому обслуживанию и ремонту	97
4.1.2 Структура и продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межсмотровых периодов	99

4.1.3 Категории сложности ремонта, трудоемкость ремонтных работ	100
4.1.4 Расчет потребности в рабочей силе	100
4.1.5 Простой оборудования в работе	101
4.1.6 Планирование ремонтных работ	102
4.1.7 Организация производства ремонтных работ	102
4.2 ИЗНОС И НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ	103
4.2.1 Износ оборудования	103
4.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ	105
4.3.1 Разборочно-мочные работы	105
4.3.2 Контроль и сортировка деталей	106
4.3.3 Восстановление деталей способом ремонтных размеров и дополнительных деталей	106
4.3.4 Восстановление деталей пластической деформацией	107
4.3.5 Восстановление деталей сваркой, наплавкой и пайкой	107
4.3.6 Восстановление деталей металлизацией и электромеханическими методами	108
4.3.7 Восстановление деталей электролитическими покрытиями и химическим осаждением металлов	108
4.3.8 Восстановление деталей полимерными материалами	109
4.3.9 Ремонт разъемных и неразъемных соединений	109
4.3.10 Выбор рационального способа восстановления изношенных деталей	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	111

## **ВВЕДЕНИЕ**

От качества работ по монтажу, наладке, диагностике, ремонту и сервиса технологического оборудования в значительной мере зависит быстрейшее освоение проектных мощностей, эксплуатационная надежность оборудования, а в конечном итоге качество выпускаемой продукции и экономические показатели как отдельных предприятий, так и отрасли в целом.

Специфика условий эксплуатации машин и аппаратов в пищевой промышленности (повышенная влажность, широкий интервал положительных, отрицательных температур, агрессивные среды и инфекционная опасность) создает дополнительные трудности и предъявляет повышенные требования к надежности оборудования. Эти требования необходимо постоянно учитывать при выполнении монтажных, наладочных и ремонтных работ.

Монтаж, наладку, диагностику и ремонт оборудования на предприятиях пищевой промышленности выполняют техники – механики, слесари-ремонтники, наладчики и другие специалисты. Каждый работник должен в совершенстве знать конструкцию, принцип действия, правила и особенности монтажа, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта основных видов машин и аппаратов.

## **1 МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **1.1 ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ**

#### **1.1.1 Этапы монтажных работ [1, 2]**

*Монтажом* называют процесс сборки и установки сооружений, конструкций, технологического оборудования, агрегатов, машин, приборов и их узлов из готовых деталей.

Организация монтажных работ на новостроящемся пищевом предприятии начинается с составления штатного расписания. Современные новостроящиеся предприятия имеют следующую типовую схему штатного расписания: директор, главный механик, инженер по техническому надзору за строительством, секретарь.

В их обязанности входит заключение договоров со специализированными организациями для выполнения строительных и монтажных работ, контроль за выполнением договорных обязательств, взаимосвязь между всеми организациями, участвующими в строительном-монтажных работах.

Монтажные работы условно можно разделить на два периода – *организационный* и *монтажный*.

В *организационном* периоде выполняют следующие работы: получение и изучение проектной документации; укомплектование монтажной оснастки, монтажных материалов и монтажного персонала; проверку заказа на оборудование и изготовление нестандартизированного оборудования подрядными организациями.

*Монтажные работы* выполняют по трем этапам:

- этап подготовительных работ (сортировка и укрупнительная сборка оборудования, расстановка и подготовка монтажной оснастки, проверка и приемка строительных объектов под монтаж, разметочные работы, подготовка отверстий в фундаментах под монтажные болты);
- этап основных монтажных работ (такелажные работы, установка и крепление основного оборудования, укомплектование вспомогательного оборудования, очистка и окончательная сборка оборудования, установка привода и ограждений, индивидуальный пуск оборудования);
- этап заключительных работ (отделочные работы).

### **1.1.2 Способы производства строительного-монтажных работ [1, 2]**

Строительно-монтажные работы включают *строительные, специальные строительные и монтажные* работы. К строительным относятся работы по возведению зданий и сооружений. К специальным строительным относятся работы по вентиляции, сантехнике и нанесению изоляционных покрытий. К монтажным относятся работы по монтажу оборудования, металлоконструкций, трубопроводов, КИП, энергетического оборудования и подъемно-транспортного оборудования.

Существуют три способа выполнения строительного-монтажных работ: *подрядный, хозяйственный и смешанный*.

Способ, предусматривающий привлечение к выполнению строительного-монтажных работ специализированных организаций, называют *подрядным*.

Способ, предусматривающий выполнение строительного-монтажных работ только штатными сотрудниками предприятий без привлечения посторонних организаций, называют *хозяйственным*.

Способ, предусматривающий выполнение строительного-монтажных работ при совместном участии штатных сотрудников предприятий и специализированных организаций, называют *смешанным*.

Современные новостроящиеся предприятия и реконструируемые действующие используют преимущественно подрядный способ (рисунок 1.1). Такой способ обеспечивает выполнение работ по заключенному договору в заданные сроки и специалистами высокой квалификации. При подрядном способе в процессе строительного-монтажных работ участвуют следующие организации: *заказчик, генподрядчик* (генеральный подрядчик), *субподрядчики*. *Заказчиком* называют дирекцию строящегося предприятия, *генподрядчиком* – дирекцию строительной организации, *субподрядчиком* – дирекцию специализированной монтажной организации (одной или нескольких).

При выполнении строительного-монтажных работ только одной специализированной организацией ее называют *подрядной*. В этом случае работы проводят по прямому подрядному договору между заказчиком и подрядчиком.

Более сложной является форма производственных отношений между заказчиком, генподрядчиком и субподрядчиками. При этом заказчик передает по подрядному договору сооружение и монтаж нового предприятия генподряд-



Рисунок 1.1 – Схема взаимосвязи заказчика и подрядчиков при организации строительных, монтажных и специальных работ подрядным способом

чику, который в свою очередь часть специальных монтажных работ передает по субподрядному договору субподрядчикам (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Схема технологических операций, выполняемых субподрядчиками



Условия проведения монтажных работ определяются типовыми подрядными или субподрядными договорами и «Особыми условиями на производство строительно-монтажных работ», прилагаемыми к этим договорам.

*Основные обязательства заказчика:* передача подрядчику (генподрядчику) в установленные сроки проектно-сметной документации, земельного участка для возведения объектов строительства, имеющихся сооружений для использования их на время строительства; пожарно-сторожевая охрана строительно-монтажных работ на территории действующих предприятий; финансирование строительно-монтажных работ в соответствии с генеральной сметой; обеспечение поставки оборудования для строящихся объектов; технический надзор на площадках строительно-монтажных работ.

При прямых договорах заказчик обеспечивает подрядчика монтажными материалами.

*Основные обязательства подрядчика:* осуществление монтажных работ в сроки, установленные договором; обеспечение специалистами-рабочими и техническими руководителями; снабжение монтажными материалами и комплектующими изделиями по особому перечню, а для генподрядчика – выделение субподрядчику определенных материалов.

### **1.1.3 Методы проведения монтажных работ [1, 2]**

Существуют следующие методы проведения монтажных работ: *последовательный, совмещенный, крупноблочный и поточный.*

Метод монтажа, при котором сборка и установка одной машины следует за другой в заданной очередности, называют *последовательным*. Оборудование монтируют при законченном строительстве здания. Метод применяют при незначительном объеме работ в процессе реконструкции цехов.

Метод монтажа, при котором строительные и монтажные работы совмещают и выполняют строго по заданному графику, согласованному со строительными и монтажными организациями, называют *совмещенным*. Этот метод наиболее прогрессивный и экономичный, но требует тщательной инженерной подготовки. Его применяют при большом объеме строительно-монтажных работ на строящихся предприятиях.

Метод монтажа, при котором оборудование монтируют в виде крупных комплектных блоков, называют *крупноблочным*. Укрупненную сборку осуществляют преимущественно на заводе-изготовителе или предварительно на монтажной площадке. Метод обеспечивает резкую интенсификацию процесса монтажа.

Метод монтажа, при котором оборудование поступает с заводов – изготовителей с низкой степенью готовности (россыпью), называют *поточным*. Метод удобен в отношении транспортировки оборудования, но существенно увеличивает объем монтажных работ на месте монтажа.

### 1.1.4 Техническая документация на строительные-монтажные работы [1, 2]

Техническая документация на строительные-монтажные работы включает в себя *проектно-техническую, монтажно-технологическую* и *сметную* документации.

*Проектно-техническая* документация состоит из следующих документов: заглавного листа с перечнем чертежей; чертежа генерального плана с запроектированными зданиями и сооружениями, нанесенными на нем подземными и надземными коммуникациями, транспортными путями; проекта организации строительства; проекта технологической, холодильной и теплотехнической частей, содержащего планы и разрезы цехов и отделений, схемы продуктопроводов, паро- и конденсатопроводов, аммиачных или фреоновых, рассольных, водяных трубопроводов; пояснительной записки с расчетами и обоснованием выбора технологического оборудования; чертежей общих видов и сборочных единиц нетиповых металлоконструкций, элементов технологических трубопроводов, а также нестандартизированного оборудования для разработки детализированных чертежей на изготовление металлоконструкций и элементов, блоков и секций трубопроводов; перечней примененных стандартов, нормалей и чертежей типовых конструкций, сборочных единиц и деталей; технической документации заводов-изготовителей технологического оборудования.

*Монтажно-технологическая* документация состоит из проекта производства работ; технологических карт на изготовление нестандартизированного оборудования и на монтаж оборудования, поступающего в разобранном виде.

*Сметная* документация состоит из сводной сметы, определяющей общую стоимость строительства предприятия; смет на отдельные объекты, входящих в комплекс строящегося предприятия; смет, определяющих размер затрат на приобретение оборудования для каждого объекта и стоимость работ по его монтажу; расценок на строительные и монтажные работы; смет на проектные и изыскательские работы.

Затраты на строительство и оборудование новых предприятий пищевой промышленности, а также на реконструкцию, расширение и техническое переоборудование действующих предприятий называют *капитальными вложениями*. Они слагаются из затрат на приобретение оборудования, инструмента и инвентаря (удельный вес в промышленном строительстве 30-33%), на выполнение строительного-монтажных работ (удельный вес в промышленном строительстве 60-65%) и прочих капитальных вложений (удельный вес в промышленном строительстве 6-7%). Монтаж технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций включают в строительные-монтажные работы. Он составляет 7-17% общей суммы капитальных вложений.

Выполнение строительного-монтажных работ в зимних условиях усложняет технологию процесса механомонтажных работ и в соответствии со СНиП увеличивает накладные расходы до 30% в зависимости от вида работ и географических особенностей месторасположения строящегося объекта (широта, долгота).

### 1.1.5 Графики монтажных работ [1, 2]

Для планомерного и ритмичного выполнения заданных объемов работ в установленные сроки разрабатывают графики монтажа. Они служат основой организации и общей технологии монтажа. В этих графиках устанавливают продолжительность как отдельных процессов по монтажу единиц и групп оборудования, так и монтажа в целом по цехам и видам работ (механомонтаж, сантехмонтаж, электромонтаж).

Календарные графики строительно-монтажных работ в зависимости от продолжительности разделяют на *сводный общестроительный, квартальный, месячный и недельно-суточный*.

В *сводном общестроительном* графике приводят все работы, начиная с подготовительных и кончая сдачей объекта (предприятия) в эксплуатацию, а также их объемы, сроки и трудоемкость, состав бригад и квалификацию (разряд) рабочих, последовательность выполнения работ.

*Квартальный, месячный* графики составляют для строительно-монтажных организаций и их подразделений.

*Недельно-суточные* графики необходимы комплексным бригадам для оперативного планирования и контроля за выполнением работ.

График составляет механик завода, а утверждает главный инженер.

Основанием для построения графиков служат заданные сроки работ и их трудоемкость.

Применяют два типа графиков выполнения строительно-монтажных работ – *линейный и сетевой*.

*Линейные* графики не отражают взаимозависимости монтажных работ, и при изменении по ходу монтажных условий строительства (сроков поставки оборудования, готовности строительных объектов под монтаж, числа рабочих) линейные графики необходимо каждый раз полностью перестраивать. Кроме того, в линейных графиках не выделены основные работы, определяющие срок строительства (монтажа), в результате чего на этих работах нельзя сосредоточить основное внимание.

*Сетевые* графики и, соответственно, сетевое планирование не имеют этих недостатков, и применение их на практике доказало возможность значительно-го ускорения сроков строительства.

Продолжительность монтажа технологического оборудования предприятий пищевой промышленности (в том числе технологических трубопроводов и металлоконструкций) определяется санитарными нормами и правилами (СНиП) – раздел «Нормы продолжительности строительства предприятий, очередей, пусковых комплексов, цехов, производств, установок, зданий и сооружений». СНиП – это основной документ, которым руководствуются при проектировании и реконструкции предприятий. Продолжительность монтажа оборудования определяется с учетом следующих условий. Подготовительные работы, предшествующие монтажу, необходимо выполнять в полном объеме до начала монтажа. Готовность строительных работ в целом или их части к началу производ-

ства монтажных работ должна быть полной и соответствовать требованиям СНиП.

Для правильного решения вопросов, возникающих по организации и управлению строительством, строят сетевые графики, представляющие графическую модель производственного процесса, на которой отображают технологическую последовательность выполнения всех строительных, монтажных и специальных работ. Элементами сетевого графика являются понятия *работа* и *событие*.

*Работа* – это производственный процесс, требующий определенных затрат труда (например, монтаж технологического оборудования и аппаратов).

*Событие* – это факт окончания одной или нескольких работ, необходимый и достаточный для начала последующих работ (например, укрупнительная сборка закончена, технологическое оборудование смонтировано); на сетевом графике представлен кружком. Начальным событием называется в том случае, если оно не имеет предшествующих работ, конечным – если не имеет последующих работ. В сетевом графике может быть одно начальное (например, доставка технологического оборудования завершена) и одно конечное событие, определяющее готовность объекта к сдаче в эксплуатацию.

Непрерывная последовательность работ в сетевом графике называется *путем*.

Длина пути определяется продолжительностью входящих в него работ. Путь наибольшей длины между начальным и конечным событием называется *критическим*. Его величина (в днях) определяет срок окончания монтажных работ (строительства в целом). Критический путь позволяет заранее установить те работы, от которых зависит срок сооружения объектов, и сосредоточить внимание на их своевременном выполнении. Установлена единая характеристика элементов сетевого графика и методика их изображения.

Датой начала работ считается календарный срок, соответствующий началу события сетевого графика, а датой окончания – календарный срок, соответствующий конечному событию.

Продолжительность работы может быть *минимальной* и *нормальной*. В первом случае продолжительность характеризуется максимально возможным применением машин и механизмов по всему фронту работ, использованием их в две-три смены с привлечением предельного, технологически допустимого числа рабочих; во втором случае работу ведут в одну смену (на некоторых участках – в две), а количественный и квалификационный состав рабочих на том или ином объекте определяется возможностями монтажного участка. Продолжительность работ (в днях) называется *временной оценкой*.

Некоторые работы имеют определенный резерв времени, т.е. какое-то количество дополнительных дней, в течение которых можно еще выполнять данную работу без задержки остальных работ. При этом различают два понятия резерва времени – *полный* и *свободный*. *Полный резерв времени* для работы – это время, в пределах которого можно увеличивать продолжительность работы без изменения общего срока строительства (при этом допускается смещение срока начала некоторых событий). *Свободный резерв времени* для работы – это время,

в пределах которого можно увеличивать продолжительность работы без изменения раннего начала последующих работ. Работы, находящиеся на критическом пути, не имеют запаса времени.

Направление стрелок в сетевом графике принято слева направо. Нумерация событий возрастает по мере удаления их вправо. При выполнении параллельных работ, когда одно событие служит началом двух и более работ, заканчивающихся другим событием, вводится два понятия: *зависимость* и *дополнительное событие*.

*Зависимость* – это процесс, требующий только затрат времени (например, выдержка технологических аппаратов при гидравлическом испытании); на сетевом графике изображают пунктирной стрелкой.

Сетевой график строят по определенным правилам. При этом по каждой работе основное внимание уделяется решению следующих вопросов: какие работы должны быть завершены, прежде чем начнется данная работа, какие работы могут быть начаты после завершения данной работы и какие другие работы должны выполняться одновременно с выполнением данной работы.

Систему сетевого планирования и управления применяют также при капитальном ремонте сложного оборудования; например, линий розлива молока, вакуум-выпарных установок и паровых котлов.

«Работы» разделяют на три вида:

- «действительная работа» – трудовой процесс, связанный с затратами времени и средств, например рытье котлована под фундамент, заливка фундамента;

- «ожидание» – работа, на которую расходуется только время без затрат труда, например затвердевание бетона фундамента;

- «фиктивная работа» или «зависимость» – логическая связь между событиями, не требующая затрат времени и труда, но указывающая на то, что новая работа не может быть начата до окончания предыдущей, например до окончания монтажа и испытаний трубопроводов нельзя начинать их изоляцию.

Действительную работу и ожидание на графике изображают сплошной стрелкой, фиктивную – пунктирной.

Кружком (рисунок 1.3) изображают «событие», т.е. конечный результат работы. Кружок делят на 4 сектора: в верхнем секторе указывают номер события: 01, 02, 03 и т.д.; в левом секторе – минимальный срок свершения события 02 (38 дней), в правом – максимальный срок свершения события 02 (40 дней), в нижнем секторе события 02 записывают резерв времени (в данном случае:  $40 - 38 = 2$  чел.-дня).

Над сплошными стрелками, между соседними событиями, указывают номер (шифр) работы: 1, 2, 3 и т.д. или пишут ее полное название. Под стрелками указывают продолжительность (трудоемкость) работы в человеко-днях (80) или человеко-часах, римской цифрой – число смен работы в сутки (I) и количество человек в бригаде или звене (2), работающих в смену. Здесь же часто указывают сметную стоимость работы.

Наиболее длинный по времени путь называют *критическим* и отмечают его на графике толстой линией (часто красного цвета). Пример фрагмента сетевого графика монтажа компрессора приведен на рисунке 1.3, б. На данном фрагменте графика критический путь проходит через события: 0 - 02 - 03 - 04 -

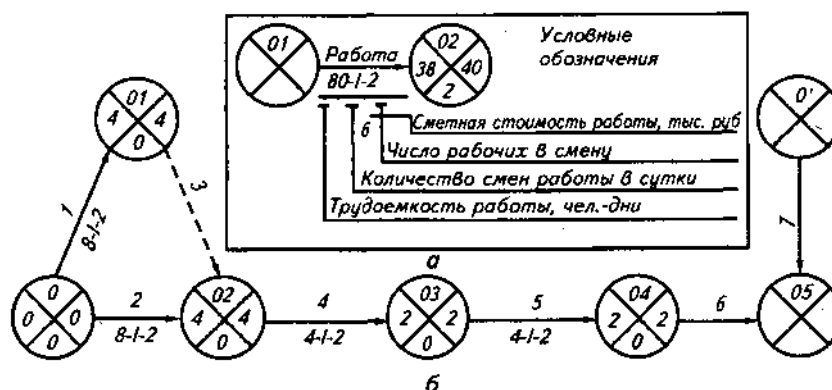


Рисунок 1.3 – Сетевой график:

*a* – пример условных обозначений на сетевых графиках: 01 и 02 – начальное и конечное событие; 38 и 40 – минимальный и максимальный сроки свершения события 02; 2 – резерв времени; б – фрагмент сетевого графика монтажа компрессора

05.

К каждому сетевому графику составляют приложение, форма которого приведена в таблице 1.1; расшифровка дана применительно к рисунку 1.3, б.

Таблица 1.1

Событие	Номер (шифр) работы)	Наименование работы	Трудоемкость (объем) работ, чел-ч	Число смен работы в сутки	Число раб. в смене человек
0	-	-	-	-	-
0-01	1	Подготовка котлована под фундамент	8	1	2
0-02	2	Изготовление опалубки	8	1	2
01-02	3	Фиктивная работа	-	-	-
02-03	4	Установка опалубки в котловане	4	1	2
04-05	6	Затвердевание бетона	-	-	-
0-05	7	Получение компрессора	-	-	-

Система сетевого планирования и управления позволяет своевременно корректировать сетевой график, выявлять отстающие участки, прогнозировать срыв сроков выполнения отдельных видов работ и принимать меры к ликвидации отставания. Кроме того, информацию в процессе планирования и контроля в данном случае можно подвергать машинной обработке.

### 1.1.6 Основания и фундаменты [1]

*Основанием* называют толщу грунтов или элементы конструкций междуэтажных перекрытий, непосредственно воспринимающих нагрузку от действия силы тяжести оборудования и фундамента, и дополнительные усилия, возникающие при работе оборудования. Основания считают *естественными*, если грунты при строительстве на них сооружений и фундаментов не нуждаются в каком-либо предварительном улучшении или укреплении. Если же необходимо предварительное закрепление или замена грунтов, то основание называют *искусственным*.

Грунты, богатые содержанием различных растительных веществ и их остатков в виде перегной или торфа, не могут служить основанием и подлежат замене или упрочнению. Существует много способов упрочнения грунтов. Основными из них являются *цементация, химическое и электрохимическое* воздействие.

*Фундаментом* называют конструкцию опорного сооружения, предназначенного для передачи нагрузки от оборудования основанию.

Основные *геометрические параметры фундамента* – глубина его заложения и ширина подошвы (рисунок 1.4).

*Подошвой* фундамента называется его нижняя поверхность, совмещенная с

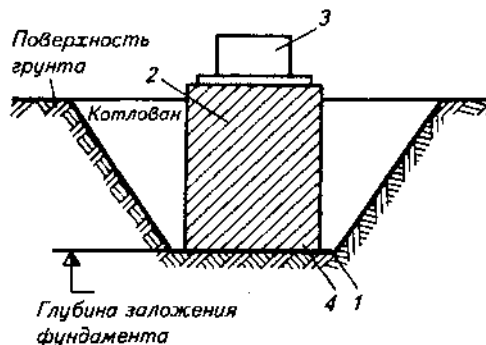


Рисунок 1.4 – Схема устройства фундаментов:  
1 – основание; 2 – фундамент; 3 – машина;  
4 – подошва фундамента

поверхностью основания. Расстояние от планировочной поверхности земли до подошвы называется *глубиной заложения фундамента*.

Строительство фундамента предусматривает изготовление опалубки. Опалубкой называют совокупность элементов и деталей, предназначенных для образования формы монолитных бетонных или железобетонных конструкций и сооружений, возводимых на строительной площадке. Ее изготавливают из дерева, металла, фанеры и других материалов.

После затвердевания фундамента и снятия опалубки монтажная организация принимает фундамент: проверяют все размеры фундаментов в плане и по высоте, расположение фундаментах болтов, их размеры, состояние и геодезическое обоснование, т.е. правильность расположения скоб, фиксирующих продольные и поперечные оси оборудования, и *реперов*, указывающих высотные

отметки площадок фундаментов. Отклонения размеров фундаментов от проектных должны находиться в допустимых пределах.

О прочности бетона фундаментов ориентировочно судят по звуку при ударе его молотком или зубилом (таблица 1.2).

Таблица 1.2

Марка бетона	Звук при ударе	Результат удара по поверхности бетона фундамента	
		молотком	острым зубилом
11-14	Звонкий	Почти не остается следов	При легкой насечке остается слабый
6-9	Глухой	Остаются вмятины	Насекается на глубину 1-1,5 мм
3-5	Мягкий	Получаются вмятины с осыпающимися краями	Режется и осыпается

Фундаменты не должны иметь раковин, каверн, поверхностных трещин и других дефектов. Прочность бетона проверяют, испытывая образцы, залитые одновременно с заполнением фундамента, через 28 суток.

Резьба выступающих концов глухих болтов должна быть чистой и покрыта антикоррозийной смазкой. Болты, выступающие из фундамента ниже установленной отметки, наращивают сваркой. Отклонение от вертикального положения болтов допускается до 5 мм/м.

Закрепленные на фундаменте оси оборудования должны быть выверены по отношению к осям колонн здания цеха, а высотные отметки – по отношению к уровню чистого пола цеха.

При приемке фундамента обращают внимание на состояние поверхностей, соприкасающихся с оборудованием. Готовый фундамент должен быть правильно расположен по отношению к колоннам здания и к фундаментам других машин и иметь строго горизонтальную верхнюю поверхность.

Непосредственно на фундамент без подливки устанавливают небольшие машины. Тяжелые машины, работающие с ударными нагрузками, непосредственно на фундамент не устанавливают, так как трудно выполнить довольно ровной опорную поверхность большого фундамента. В связи с этим отметка верха фундамента должна быть на 25-40 мм ниже проектной отметки, чтобы между фундаментом и рамой машины можно было установить подкладки и сделать подливку цементным раствором.

Расположение и размеры колодцев для фундаментных болтов должны допускать возможность смещения фундаментной плиты машины на 10-12 мм в любую сторону.

Готовность фундаментов под монтаж оборудования оформляют актом, который подписывают *подрядчики* (представители строительной и монтажной организаций) и *заказчик*.



### 1.1.7 Готовность объекта к производству работ по наладке и пуску оборудования [1, 2]

Для производства пусконаладочных работ необходимы выполнение всех монтажных работ по предприятию в целом или отдельным цехам и отделениям; устранение всех дефектов и ошибок проекта, а также дефектов монтажа под контролем и при участии специалистов по пуску и наладке; обкатка монтажной организацией простейших видов оборудования на холостом ходу; готовность полов; покраска и побелка помещений; обеспечение подачи необходимых для испытания оборудования электроэнергии, воды, пара и готовность канализации.

Важное значение имеет качественное выполнение гидроизоляции полов и так называемой их «конвертовки» (рисунок 1.5).

На стадии окончания строительных работ тщательно проводят испытания

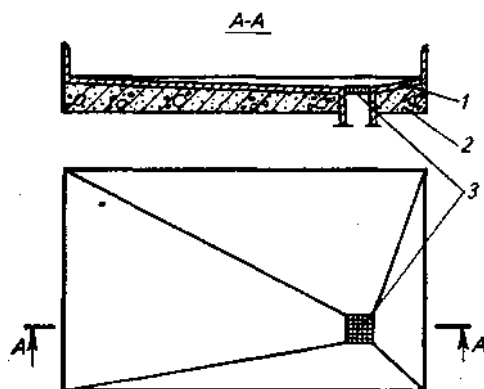


Рисунок 1.5 – Схема «конвертовки»  
и герметизации полов:

1 – гидроизоляция; 2 – железобетонное перекрытие;  
3 – трап

гидроизоляции полов и свободного стока воды с поверхности полов по уклонам «конверта» в трапы. Для этого герметизируют трапы, заливают полы водой с допустимой высотой слоя и выдерживают 30-40 ч, постоянно наблюдая за состоянием потолков нижерасположенных помещений. Если за время испытаний на потолках не наблюдается потеков, считают, что гидроизоляция прошла успешное испытание. Затем открывают (разгерметизируют) трапы и осуществляют свободный сток воды в них. Если застойной воды на поверхности пола не осталось, то «конвертовка» также прошла успешные испытания. Результаты испытаний документально оформляют представители строительно-монтажной (генподрядчика), пусконаладочной организаций и заказчика.

Оборудование принимает от монтажной организации рабочая комиссия, в состав которой включают представителя, участвовавшего в техническом надзоре при строительно-монтажных работах. Приемка должна быть тщательной, так как после нее трудно предъявлять претензии монтажной организации на скрытые дефекты, а также на дефекты, не исправленные в процессе монтажных ра-

бот. Поэтому до приемки оборудования предварительно еще раз проверяют наиболее ответственные участки во всем комплексе смонтированного оборудования. Дефекты монтажа, которые не носили скрытого характера и выявлены при наладке, устраняет пусконаладочная организация без дополнительной оплаты, если монтажная организация отказывается это сделать своими силами.

Руководители монтажных бригад подрядных организаций на строящихся предприятиях, часто не сведущие в специфике монтажа предприятий пищевой промышленности, при производстве монтажных работ допускают ошибки. Для исправления монтажных дефектов наладчики должны в самый ответственный период завершения монтажа объекта оказывать помощь и содействие монтажникам. Это повысит качество монтажа, ускорит производство работ и создаст благоприятные условия для выполнения пусконаладочных работ. Допускается производство пусконаладочных работ по совмещенному графику совместно с производством строительно-монтажных работ.

Начало и окончание, сроки поэтапного выполнения пусковых и наладочных работ по объектам определяют календарным планом работ, составленным наладочной организацией в соответствии с графиком завершения строительно-монтажных работ и согласованным с заказчиком. В период производства пусковых и наладочных работ эксплуатационный персонал заказчика подчиняется специалистам наладочной организации.

## 1.2 МЕХАНИЗМЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ МОНТАЖНЫХ И СБОРОЧНЫХ РАБОТ

Организация труда монтажных бригад улучшается благодаря комплексному обеспечению их необходимым инструментом и приспособлениями непосредственно на рабочем месте специальными передвижными постами. Пост представляет собой металлическую конструкцию, предназначенную для хранения различного рода инструментов, приспособлений, технической документации, медицинской аптечки и других предметов, необходимых для производственного процесса, а также для кратковременного отдыха членов бригады и их обогрева при низкой температуре воздуха. Снаружи поста находится ящик для хранения шлангов для газовой резки и сварки.

Технический уровень монтажных работ и производительность труда монтажников повышаются благодаря широкому внедрению в практику средств малой механизации – инструментов и приспособлений.

Большое значение в комплексе средств малой механизации отводится ручным машинам. В зависимости от вида энергии, подводимой к двигателю, ручные машины, применяемые при монтаже технологического оборудования, подразделяют на три группы: *электрифицированные, пневматические и гидравлические*.

По характеру движения основного рабочего органа (шпинделя) ручные машины независимо от вида потребляемой энергии можно разделить на четыре группы: с вращательным и круговым движением рабочего органа (сверлильные и шлифовальные машины, гайковерты, дисковые и цепные пилы); ударно-вращательного действия (некоторые типы гайковертов); с возвратным движением основного рабочего органа, которые в свою очередь подразделяются на инструменты ударного действия (молотки), инструменты с возвратно-поступательным движением (ножницы, напильники) и инструменты давящего действия (пресс-клещи, пресс-скобы); со сложным движением главного рабочего органа (некоторые типы полировочного инструмента).

В зависимости от типа ручной машины производительность труда возрастает в среднем в 5 раз по сравнению с бесприводным инструментом.

К ручным машинам, предназначенным для монтажных работ, предъявляются следующие требования: минимальная масса и достаточная мощность, надежность в работе, безопасность, удобство и универсальность (быстрая замена насадок и рабочего инструмента).

Чаще всего при монтаже технологического оборудования применяют пневматические и электрифицированные ручные машины. При выборе инструмента в ряде случаев, например при работе во взрывоопасных помещениях, следует отдавать предпочтение пневматическому. Отличительные особенности пневмоинструмента по сравнению с машинами с электрическим приводом следующие: в 2-3 раза меньше масса на единицу мощности, меньше габариты, что значительно улучшает условия эксплуатации, создает меньшую утомляемость рабочего и способствует повышению производительности труда; могут работать длительное время без перерыва, выдерживают значительные перегрузки.

Недостаток пневмопривода – низкий КПД (0,15-0,25); эксплуатационные расходы в 7-8 раз выше.

### 1.2.1 Механизмы, приспособления и инструменты для такелажных работ [1]

Работы по подъему и перемещению оборудования в процессе монтажных, ремонтных и погрузочно-разгрузочных работ, а также по удержанию на весу деталей и узлов при закреплении их или снятии с оборудования называют *такелажными*.

Оборудование подают в цехи со складов железнодорожным и автомобильным транспортом, волоком на салазках или стальных листах, транспортируемых тракторами.

В зависимости от массы грузы подразделяются на *легковесные* (не более 250 кг), *тяжеловесные* (от 250 кг до 50 т), *весьма тяжелые* (свыше 50 т) и *мертвые*. Мертвые грузы – это грузы с известной массой, зарытые в землю, примерзшие к ней или прижатые другим грузом. Поднимать такие грузы крапом категорически запрещено.

В зависимости от формы и размеров грузы бывают *габаритные* и *негабаритные*.

Груз, размеры которого не превышают габариты подвижного состава железных дорог, а для автомобильного транспорта не превышают норм, установленных правилами движения по улицам и дорогам, называют *габаритным*.

Грузы крепят к грузоподъемным механизмам с помощью *строп*. Перед строповкой груза, предназначенного для подъема или перемещения, стропальщик должен знать его массу. Массу оборудования обычно указывают на заводской табличке, прикрепленной к станине или раме механизма. Если груз упакован, то его масса записана на ящике или обшивке.

При подъеме и перемещении грузов следует соблюдать следующие правила погрузки и выгрузки:

- строповку машин и механизмов необходимо производить за самые надежные места, в первую очередь за проушины, крючки, имеющиеся на оборудовании; машины и оборудование, снабженные инструкциями и паспортами, в которых указаны места захвата груза, стропятся согласно предписанной технологии;

- если несколько механизмов смонтировано на общей раме, то весь узел необходимо поднимать за раму;

- при строповке оборудования и механизмов особое внимание необходимо уделять устойчивости и равновесию их во время подъема, транспортировки и установки на место;

- для подъема листового металла, поступающего в пакетах, применяют специальные подхваты, подвешенные на траверсе; при строповке профилированного металла (уголки, швеллеры) применяют универсальные стропы, причем под острые углы, образуемые в месте соединения каната с пакетом металла, устанавливают подкладки.

При разгрузке оборудования с автомашин запрещается применять лежни-спуски разной длины, а рабочим находиться напротив лежней-спусков. При погрузке оборудования на автомашины грузы укладывают таким образом, чтобы они не могли сдвинуться при транспортировке. Особенно прочно закрепляют грузы, имеющие большую высоту.

Вне цеха (на открытых площадках) такелажные работы выполняют при помощи мачт, мачтово-стреловых, башенных или передвижных кранов.

В цехе такелажные работы производят в основном с помощью блоков и лебедок на салазках и катках. В качестве катков обычно используют отрезки стальных труб диаметром 80-100 мм или гладкие деревянные бревна. По пути перемещения груза укладывают направляющие из досок толщиной 40-50 мм.

Для выполнения такелажных работ используют канаты (тросы), цепи, стропы, блоки, полиспасты, крюки, проушины, стяжки, коуши, зажимы и другие устройства, которые называют *оснасткой*.

Применяют канаты пеньковые, капроновые, перлоновые и стальные (тросы).

Пеньковые канаты бывают смольные и бельные. Смольные канаты изготавливают из пеньковых нитей, пропитанных смолой, а бельные – из несмольных. Бельные канаты гибки и удобны в работе, но подвержены загниванию, при намокании их прочность резко снижается. Поэтому на монтажных работах используют преимущественно смольные канаты. В механизмах с машинным приводом пеньковые канаты не применяют.

Стальные канаты подразделяют по ряду признаков: по форме поперечного сечения – на круглые и плоские; по конструктивному признаку – на канаты одинарной, двойной и тройной свивки. Канаты одинарной свивки изготавливают из отдельных проволок. При двойной свивке сначала свивают отдельные проволоки в пряди, а затем из готовых прядей свивают канат. Канаты двойной свивки бывают одно-, двух- и трехслойными. Канаты тройной свивки называются *кабелями*.

По материалу различают канаты с органическим сердечником, с металлическим мягким сердечником из проволоки, с металлическим сердечником из канатной проволоки, с сердечником из пластмасс.

По способу свивки различают канаты обыкновенные (раскручивающиеся) и нераскручивающиеся.

По направлению свивки канаты бывают правого и левого направления.

По виду покрытия поверхности проволок и каната различают канаты из светлой проволоки и канаты из оцинкованной проволоки.

По типу прядей канаты бывают с точечным касанием отдельных проволок (ТК), с линейным касанием проволок (ЛК) и с точечным и линейным касанием проволок в пряди (ТЛК).

Условные обозначения канатов нормируются ГОСТом, например стальной канат двойной свивки типа ТК конструкции 6Х19 (1+6+12)+1 означает следующее. Буквы ТК означают, что канат по роду свивки проволок изготовлен с точечным касанием отдельных проволок между слоями прядей; цифра 6 – количество прядей в канате; цифра 19 – количество проволок в каждой пряди кана-

та;  $(1+6+12)$  – сечение пряди, где 1 – количество проволок в первом слое пряди, 6 – во втором слое и 12 – в третьем (наружном) слое пряди; 1 означает следующее – один органический сердечник.

Для производства монтажных работ рекомендуется применять канаты двойной свивки типа ЛК и ТЛК с органическим сердечником. При отсутствии таких канатов используют канаты двойной свивки с точечным касанием отдельных проволок между слоями прядей.

Нагрузка, под действием которой канат разрывается, называется *разрывным усилием каната*. Оно зависит от его конструкции и количества проволок.

Для канатов, применяемых в качестве грузовых, определяют запас прочности, срок службы, а также наименьший допускаемый диаметр барабана или блока, огибаемого стальным канатом. Стальные канаты рассчитывают на прочность по формуле

$$P = \sigma k,$$

где  $P$  – натяжение каната, Па;  $k$  – коэффициент запаса прочности каната;  $\sigma$  – наибольшее допускаемое натяжение каната, Па.

Наибольшие допускаемые коэффициенты запаса прочности ( $k = 3,5 - 9$ ) установлены правилами Госгортехнадзора (обеспечивает государственный контроль за соблюдением правил, норм и инструкций, разработкой и проведением профилактических мер по правилам безопасности и охране недр) в зависимости от назначения и условий работы.

Долговечность работы стальных канатов зависит от диаметров блоков или барабанов лебедок, которые они огибают при работе: чем меньше диаметр барабанов и блоков, тем короче срок службы. В процессе эксплуатации канатов их проволоки изнашиваются, рвутся, перетираются и канат становится менее прочным. Стальные канаты бракуют по числу обрывов проволоки на длину шага свивки в соответствии с нормами Госгортехнадзора.

Канаты крепят к оборудованию с помощью петель или различных узлов. Для быстрого соединения концов троса или образования петли применяют *сжимы* (рисунок 1.6, а). Их устанавливают не менее трех. Расстояние между сжимами должно быть не менее шести диаметров каната. Чтобы предохранить петлю от перетирания и изгиба, в нее закладывают *коуш* (рисунок 1.6, б). Кроме канатов, при стропке и подвязывании грузов применяют также сварные или пластинчатые цепи. Для натяжения канатов или цепей (особенно для натяжения оттяжек при установке мачт) используют винтовые стяжки – *талрепы* (рисунок 1.6, в). Стяжка представляет собой раму с двумя винтами (один с правой резьбой, другой с левой). При вращении рамы винты сближаются или расходятся.

**Стропы.** Отрезки канатов, соединенные в кольца или снабженные специальными подвесными приспособлениями, обеспечивающими быстрое, удобное и безопасное закрепление грузов, называют *стропами*. По конструкции стропы бывают *гибкие* и *жесткие*.

Гибкие стропы, изготавливаемые из отдельных кусков каната или цепей, подразделяют на простейшие, универсальные, облегченные и многоветвевые (рисунок 1.7).

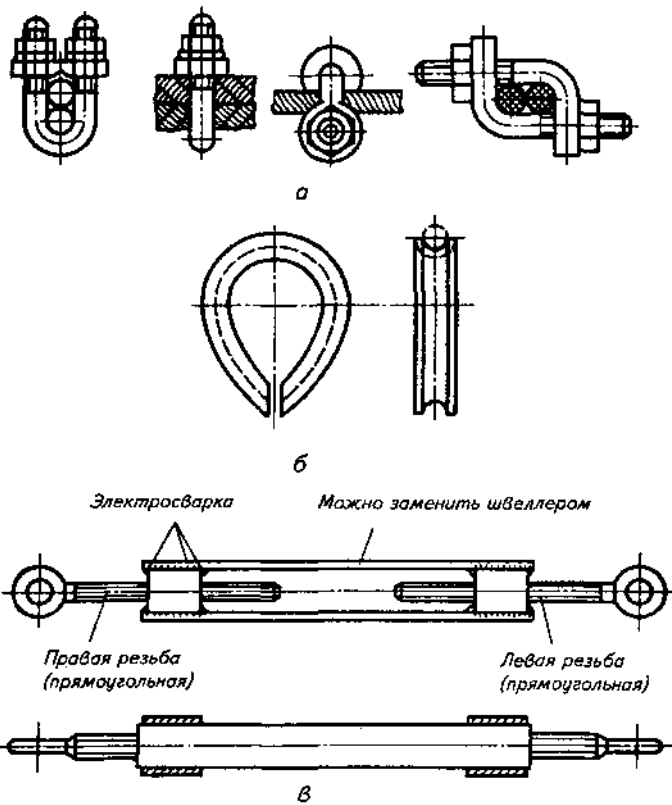


Рисунок 1.6 – Оснастка канатов:  
*a* – сжимы; *б* – коуш; *в* – винтовая стяжка (талреп)

Распределение усилий в ветвях стропа зависит от угла наклона ветви к вертикали и определяется по формуле

$$S = Q / (z \cos \alpha),$$

где  $S$  – усилие в одной ветви стропа, Н;  $Q$  – сила тяжести поднимаемого груза, Н;  $z$  – число ветвей стропа;  $\alpha$  – угол наклона ветвей стропа, град.

Жесткие стропы разделяют на захваты и траверсы (рисунок 1.7, *з*, *д*).

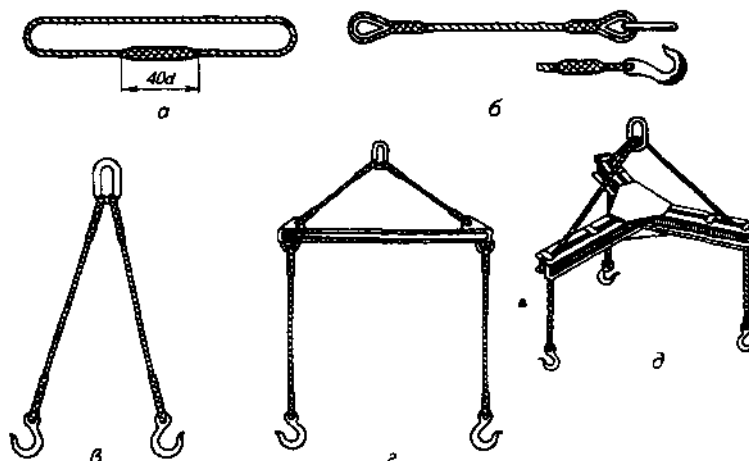


Рисунок 1.7 – Приспособления для строповых устройств  
 и монтажных блоков:

*a* – универсальное; *б* – облегченное; *в* – многоветвевое;  
*з* – захват; *д* – траверса

**Блоки и полиспасты.** Блоки – это простейшие механизмы для подъема грузов. Они входят в состав большинства грузоподъемных механизмов. В зависимости от числа роликов различают одно- и многороликовые блоки. Однороликовые блоки, служащие только для изменения направления каната или цепи, называют угловыми, или отводными блоками. Диаметр ролика в блоке должен составлять не менее 16-20 диаметров каната, а глубина ручья ролика должна превышать диаметр каната не менее чем на 4-5 мм. Это учитывают при выборе блока.

Систему, составленную из подвижных и неподвижных блоков, через ролики которых пропущен канат или цепь, называют полиспастом (рисунок 1.8). Для оснастки полиспаста рассчитывают длину каната по формуле

$$L = m(l + \pi r + h) + b,$$

где  $L$  – рабочая длина каната, м;  $m$  – число ветвей полиспаста;  $l$  – наименьшая высота двух блоков, м;  $r$  – радиус роликов блоков полиспаста, м;  $h$  – высота подъема груза,  $b$  – расстояние от верхнего блока до блока лебедки с учетом поворота каната на отводных блоках и длины каната, навитого на барабан лебедки, которая должна составлять не менее 5 оборотов барабана (и не менее 2 м), м.

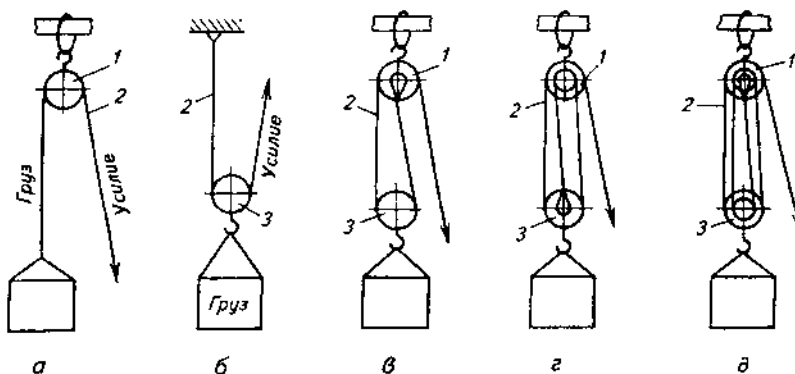


Рисунок 1.8 – Схема оснащения блоков:

- а* – неподвижный блок, позволяющий изменить направление каната;
- б* – подвижный блок, позволяющий уменьшить тяговое усилие в 2 раза;
- в, г, д* – полиспасты, обеспечивающие выигрыш тягового усилия соответственно в 3, 4 и 5 раз; *1* – неподвижный блок; *2* – канат; *3* – подвижный блок

Тяговое усилие на конец каната, сбегаящего с блока полиспаста, определяют по формуле

$$S = mg/(ni\eta),$$

где  $S$  – тяговое усилие, Н;  $m$  – масса груза, кг;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $n$  – число рабочих ветвей каната;  $i$  – число роликов в обоих блоках;  $\eta$  – КПД ролика (при подшипнике скольжения  $\eta = 0,96$ , при подшипнике качения  $\eta = 0,98$ ).

Коэффициент запаса прочности полиспаста обычно принимают равным 5.

**Ручные и электрические тали.** При монтажных и такелажных работах для подъема и опускания грузов на высоту до 3 м применяют ручные и элек-



трические тали грузоподъемностью от 1 до 10 т (рисунок 1.9). Ручные тали бывают червячные и шестеренчатые. Тяговым органом у ручных талей служат пластинчатые и калиброванные цепи. Для увеличения зоны действия таль подвешивают к подвижной тележке – *кошке*. Кошка имеет два или четыре ходовых колеса, с помощью которых она перемещается по монорельсу.

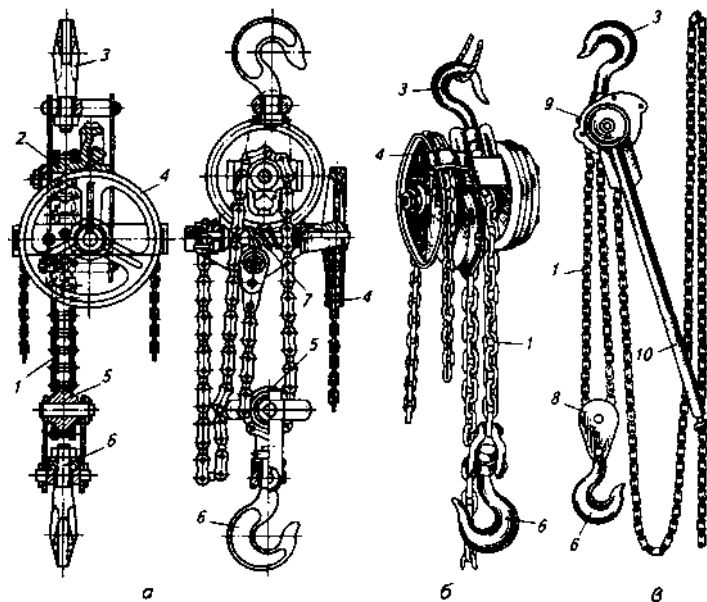


Рисунок 1.9 – Тали:

а – червячные; б – с зубчатыми колесами; в – рычажные; 1 – цепь; 2 – ведущая звездочка; 3 – крюк подвешивания талей; 4 – приводное колесо; 5 – нижняя подвижная звездочка; 6 – грузовой крюк; 7, 9 – приводные механизмы; 8 – серьга; 10 – рычаг

**Лебедки.** Основным механизмом для подъема грузов с помощью блоков или полиспастов являются лебедки. В зависимости от привода различают лебедки с ручным (рисунок 1.10, а) и электрическим (рисунок 1.10, б) приводом.

В зависимости от конструкции лебедки с ручным приводом бывают барабанные и рычажные. Тяговое усилие их 0,5-10 т. Монтажные лебедки устанавливают на металлических рамах, которые крепят к якорям или конструкциям зданий. Иногда для торможения лебедки на ее раму накладывают груз. Лебедку устанавливают на расстоянии не менее 20 длин барабана от отводного блока.

Для правильной укладки витков каната на барабане необходимо, чтобы канат наматывался снизу барабана. Направление каната должно быть перпендикулярно оси барабана.

**Домкраты.** Для подъема тяжелых деталей или конструкций на небольшую высоту (при регулировке по высоте и уровню) применяют домкраты. Различают домкраты клиновые, реечные, винтовые и гидравлические.

*Клиновые домкраты* служат для подъема базовых деталей на нужную высоту перед укладкой постоянных подкладок. Грузоподъемность их 3, 5 и 10 т.

Клин перемещается вращением винта.

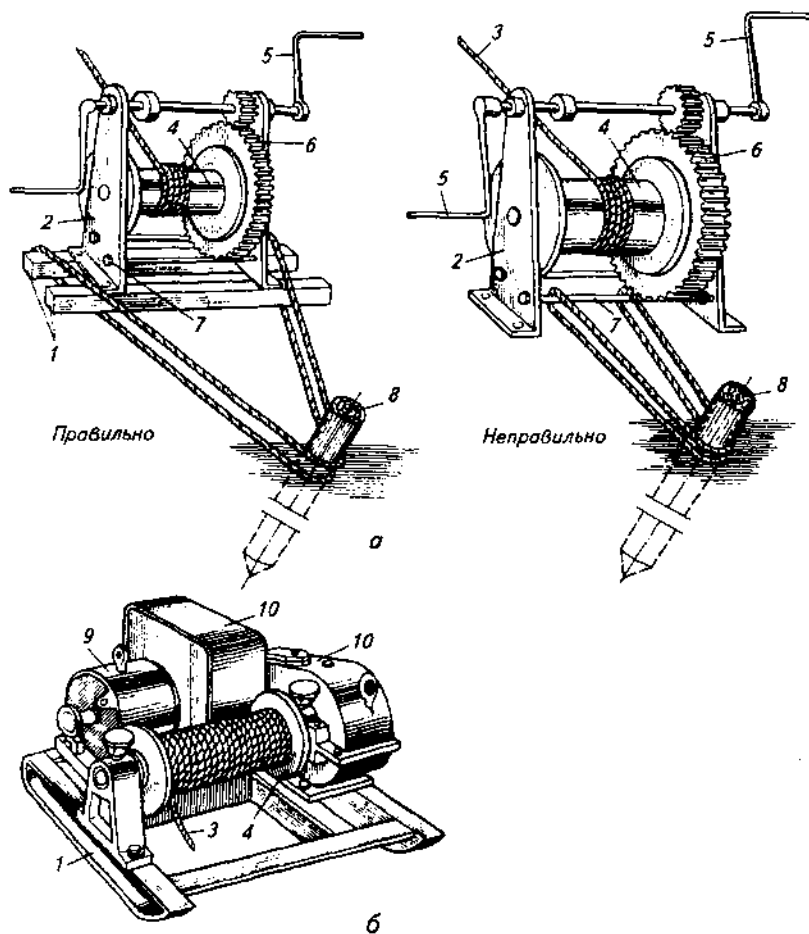


Рисунок 1.10 Лебедки:

*а* – с ручным приводом; *б* – с электрическим приводом: 1 – рама лебедки; 2 – боковины; 3 – стальной канат; 4 – барабан; 5 – рукоятка ручного привода; 6 – зубчатая передача; 7 – стяжные шпильки; 8 – якорь (мертвяк); 9 – электродвигатель; 10 – редукторы

*Реечные домкраты* (рисунок 1.11, *а*) грузоподъемностью 3; 5 и 6 т и высотой подъема 300-390 мм при монтаже применяют редко из-за ненадежного способа удержания груза в поднятом положении.

*Винтовые домкраты* (рисунок 1.11, *б*) имеют грузоподъемность 3; 5; 10; 15 и 20 т и высоту подъема 100-300 мм. Поднятый груз не опускается произвольно благодаря самоторможению винта.

*Гидравлические домкраты* имеют грузоподъемность 5; 10; 20; 50; 100; 200 т и высоту подъема 100-200 мм. Они работают от отдельно стоящих или встроенных насосных приводов. В качестве рабочей жидкости используют воду с глицерином или масло.

**Опорные конструкции.** Для подъема груза при помощи тали или полиспаста их подвешивают на необходимой высоте к конструкциям, способным выдержать массу поднимаемого груза. При монтаже оборудования в здании тали и полиспасты обычно подвешивают за строительные конструкции здания, узлы ферм и перекрытия. Однако во многих случаях для этой цели необходимо устанавливать вспомогательные приспособления – опорные конструкции, например монтажные мачты. Монтажной мачтой называют простое грузоподъемное

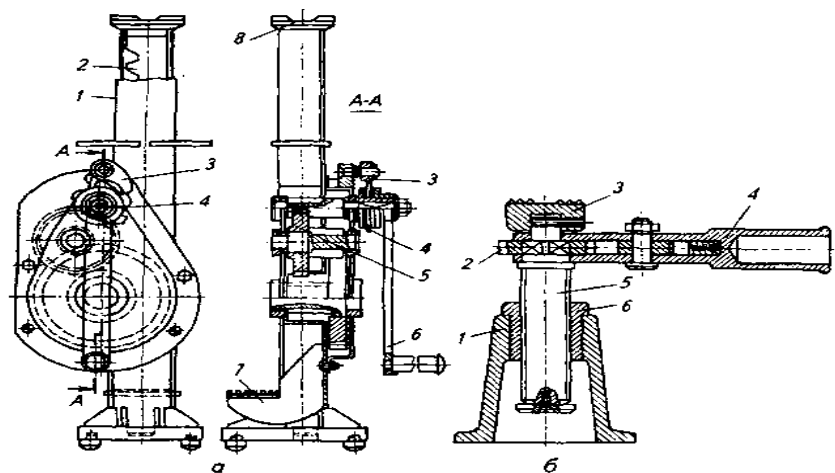


Рисунок 1.11 – Домкраты:

*а* – реечный: 1 – корпус; 2 – рейка; 3 – собачка; 4 – храповое колесо; 5 – зубчатое колесо; 6 – рукоятка; 7 – нижняя лапа; 8 – опорная вилка; *б* – винтовой: 1 – корпус; 2 – храповое колесо; 3 – опорная пятка; 4 – рукоятка; 5 – винт; 6 – гайка

сооружение, состоящее из металлической стойки, удерживаемой в вертикальном или наклонном ( $10-20^\circ$ ) положении при помощи 4-5 оттяжек или вант. Опора мачты (башмак) представляет собой массивную плиту, к которой крепят стойку. К вершине (головке) мачты подвешивают блок или полиспаст, а у основания мачты крепят отводной блок (рисунок 1.12).

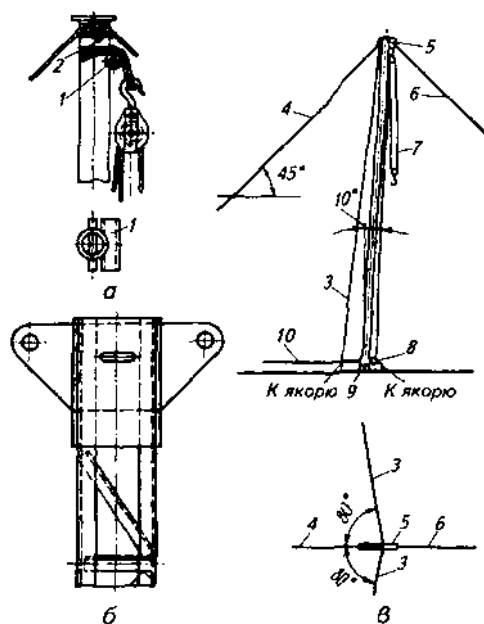


Рисунок 1.12 – Верхние части (головки) мачты и схема ее установки:

*а* – головка трубчатой мачты; *б* – головка решетчатой мачты; *в* – схема установки мачты: 1 – деревянная пробка; 2 – штырь; 3 – боковые расчалки; 4 – задняя расчалка; 5 – головка мачты; 6 – передняя расчалка; 7 – грузовой полиспаст;

8 – отводной блок; 9 – пята мачты; 10 – грузовой трос на лебедку

Оттяжки или ванты, удерживающие мачту, разводят под углом не более  $45^\circ$  к горизонту и крепят к анкерам (якорям).

Анкеры представляют собой отрезки бревен или бетонных свай, забитых в грунт под некоторым углом на глубину не менее 1,5 м. Их усиливают горизонтальными ригелями. Кроме того, применяют якоря, составленные из двух-трех бревен, горизонтально зарытых в землю, и бетонные якоря, выполненные в виде кубов.

Мачты высотой 15-20 м целесообразно поднимать при помощи передвижных кранов. Более высокие мачты поднимают посредством вспомогательных мачт.

Стрела отличается от мачты тем, что ее вылет может изменяться при изменении наклона. Комбинированную конструкцию, состоящую из мачты и стрелы, называют *мачтово-стреловым краном*, или *деррик-краном*.

Малогабаритные детали поднимают на небольшую высоту при помощи тали, прикрепленной к вершине переносной треноги или козлам, которые изготавливают из отрезков труб. Чаще применяют металлические треноги временного типа, изготовленные из труб диаметром 75-150 мм. Напряжение, возникающее в опоре, определяют по формуле

$$\sigma_c = S/(\varphi F),$$

где  $\sigma_c$  – напряжение, Па;  $S$  – сила сжатия, действующая на одну опору, Н;  $\varphi$  – допускаемый коэффициент понижения напряжений ( $\varphi = 0,7-0,8$ );  $F$  – площадь сечения трубы, м<sup>2</sup>.

$$F = (\pi/4) (d_H^2 - d_B^2),$$

где  $d_H$  – наружный диаметр трубы, м;  $d_B$  – внутренний диаметр трубы, м.

Разновидностью треноги является *шевр*, состоящий из двух стоек или труб, соединенных под углом, а иногда связанных поперечинами. Шевр устанавливают с небольшим наклоном при помощи оттяжек, а к вершине его крепят блок, полиспасть или таль.

**Самоходные подъемные механизмы.** При монтаже оборудования широко используют автопогрузчики, самоходные подъемники, автомобильные краны, стреловые монтажные краны на пневмоколесном или гусеничном ходу и телескопические вышки. Самоходные подъемные механизмы выбирают в зависимости от проекта производства работ, массы и габаритных размеров монтируемого оборудования, высоты, на которую его поднимают, и местных условий. Правильный выбор грузоподъемных механизмов в сочетании с использованием различных приспособлений обеспечивает высокую степень механизации монтажных и такелажных работ.

### 1.2.2 Инструменты, приспособления и приборы для разметочных работ [1]

При монтаже оборудования предприятия пищевой промышленности, находящегося во взаимной коммуникационной и технологической связи, большое значение имеет правильность и точность разметки. При ошибках в размет-

ке происходит биение, задевание рабочих органов оборудования о неподвижные поверхности; подготовленные отверстия и проемы в стенах и перекрытиях не совпадают и их приходится пробивать, вырезать или просверливать заново.

**Строительная и монтажная разметки.** При выполнении механомонтажных работ в объектах с железобетонными перекрытиями для установки оборудования проводят последовательно две разметки – *строительную* и *монтажную*.

Перед разметкой строители тщательно проверяют расположение колонн, прогонов, поперечных балок, полов, стен и потолков в плане и их *высотные отметки (реперы)*, а также расположение монтажных отверстий.

Во время возведения зданий цехов и устройства в них междуэтажных перекрытий строители производят *строительную разметку*. Ее выполняют на опалубке перед армированием и бетонированием для правильного расположения фундаментов под оборудование и размещения закладных элементов для образования монтажных отверстий (для крепежных болтов, выпускных патрубков, самотечных трубопроводов и материалопроводов).

В процессе разметки строители разбивают главную продольную ось помещения, привязанную к осям колонн или прогонов. *Главную ось* – ориентир, который должен совпадать с *геометрической проектной осью*, следует фиксировать, например, с помощью двух металлических скоб, заделанных в противоположных стенах помещения на высоте 2-2,2 м, и натяжением тонкой стальной проволоки или шнура. Концы проволоки или шнура прикрепляют к скобам. К скобе крепят только один конец, а другой натягивают с помощью груза, перекинутого через блок. Место размещения проволоки фиксируют на скобах рисками. Расположение обеих скоб, между которыми натянута проволока в одной горизонтальной плоскости, выверяют геодезическим инструментом или с помощью гидростатического уровня.

Главную ось при строительной разметке следует перенести на все выше- и нижележащие этажи объекта и таким же способом на каждом этаже зафиксировать вспомогательную ось, находящуюся в одной вертикальной плоскости с главной осью и строго параллельную ей. Главную и вспомогательную оси принимают за основные оси симметрии. От них откладывают и разбивают рабочие *монтажные* оси отдельных машин, механизмов, опор, фундаментных болтов и коммуникаций.

Систему осей и высотных отметок называют *геодезическим обоснованием монтажа*.

Монтажную разметку производят монтажники в подготовительный этап монтажного периода после распалубки перекрытий, стен и колонн и приемки от строителей помещений под монтаж оборудования.

*Монтажная разметка* включает: проверку правильности расположения главной, вспомогательных и рабочих осей, измеренных строителями, сверку их расположения с проектом и натурой и внесение необходимых поправок; разбивку и фиксирование общих монтажных осей для рядов оборудования на каждом этапе, строго увязанных с размеченными главной и вспомогательными

осями; разметку рабочих монтажных осей и дополнительных отверстий для каждой из устанавливаемых на этих этажах машин или другого оборудования.

**Инструменты, приспособления и приборы для разметочных работ.** Простейшими инструментами общего назначения для разметочных работ являются металлические уровни (для проверки горизонтальности коротких осей), гидростатические уровни (для проверки размещения скоб на одном уровне и горизонтальности длинных осей), отвесы (для проверки нахождения осей в общей вертикальной плоскости и переноса осей из одной плоскости в другую), деревянные угольники, циркули и линейки длиной до 1,5-2 м (для разметки параллельных и перпендикулярных осей), рулетки и лазерные линейки (для определения размеров по длине, ширине и высоте), транспортиры (для проведения осей под заданным углом), геодезические инструменты теодолит и нивелир (для разбивки, проверки и уточнения главной и вспомогательных осей рядов машин, составляющих технологическую линию, а также высотных отметок – *реперов*), шаблоны и различные устройства (для разметки отверстий крепежных болтов оборудования и разбивки параллельных и перпендикулярных осевых линий).

В качестве вспомогательных материалов при разметке используют: для отвесов - льняной или шелковый шнур толщиной 0,3-0,6 мм, для натяжения горизонтальных осей - стальную проволоку или шелковый шнур и скобы из круглой или полосовой стали.

### 1.2.3 Ручной электроинструмент [1]

Ручной электроинструмент [1, с. 40-53] конструктивно предназначен для работы одной или двумя руками. С помощью различных приспособлений может использоваться как настольный или напольный.

Рассмотрим основные понятия и определения, применимые к ручному электроинструменту.

**Одноручный электроинструмент** (не путать с количеством рукояток!) допускает выполнение рабочих операций одной рукой, **двуручный электроинструмент** – только двумя руками.

**Класс электроинструмента** – это условное понятие предусматривает деление его на профессиональный и бытовой.

**Профессиональный электроинструмент** позволяет проводить рабочую операцию с интенсивной нагрузкой без снижения своих технических характеристик и возможностей. Это обеспечивается применением специальных материалов для корпусов и электродвигателей, дополнительных конструктивных решений (теплоотводы, продувочные каналы). Поэтому стоимость профессионального инструмента всегда выше бытового.

**Бытовой инструмент** обладает всеми функциональными возможностями профессионального, но рассчитан на более «щадящую» эксплуатацию. Это сказывается на стоимости материалов и делает изделие более доступным по цене.

**Цвет электроинструмента** зависит не только от приверженности фирмы-производителя, но и от «классовой» принадлежности: окраска профессионального, как правило, отличается от бытового.

**Шпиндель** (рабочий вал) служит для передачи крутящего момента от электродвигателя на рабочий орган, а также для крепления зажимного патрона или рабочего органа.

**В прямом электроинструменте** ось вращения рабочего вала расположена параллельно оси вала электродвигателя, в угловом – под углом  $90^\circ$ . Это отражается в названии инструмента, например, прямая шлифмашина, угловая дрель.

**Рабочий орган** – приспособление, средство (сверло, метчик, бур, долото, абразивный или отрезной круг, шлифовальная или полировальная пластина, цепь пилы), непосредственно служащие для осуществления операции.

**Инструмент ударного действия** – понятие по отношению к дрели означает, что основное вращательное движение рабочего органа, при необходимости может быть дополнено возвратно-поступательным движением вдоль собственной оси, создающим эффект удара.

**Крепление сменного рабочего органа** осуществляется несколькими способами: в патроне, на шпинделе и в шпинделе.

*Крепление в патронах* реализуется в быстрозажимных и обычных (ключевых) патронах. В быстрозажимном патроне рабочий орган заменяется без применения ключа (от руки), в обычном такая замена осуществляется только с ключом.

В настоящее время распространен трехкулачковый тип патронов. Крайне редко встречаются двухкулачковые патроны, редко – цанговые.

Самое распространенное *крепление рабочего органа на шпинделе* – с помощью резьбовой гайки.

*Во внутреннем канале шпинделя крепление рабочего органа* осуществляется за счет разнообразной конфигурации его наконечника.

**Предохранительная муфта** (по терминологии зарубежных каталогов – защитная муфта, муфта отключения или расцепления) – прерывает передачу вращения (крутящего момента) от электродвигателя через шпиндель на рабочий орган в случае его заклинивания в материале. Тем самым предотвращается поломка узлов инструмента.

**Отключение вращения** – прекращение передачи крутящего момента на рабочий орган от двигателя через шпиндель.

**Блокировка вращения** – прекращение передачи крутящего момента на рабочий орган от двигателя через шпиндель с полным стопорением шпинделя, предотвращающего его проворачивание.

**Отключение ударов** – прекращение передачи ударного воздействия на шпиндель. Блокировки ударов (как блокировки вращения) не предусмотрено.

**Защита от случайного включения** – предотвращение самопроизвольного или случайного включения электроинструмента путем дополнительных конструктивных решений. В их числе могут быть: сложный ход кнопки включения – двойной или тройной (под усилием в разных направлениях) – или включение от основной кнопки лишь после включения дополнительной, как правило, вто-

рой рукой. Такая защита предусматривается на электромашинах, случайное включение которых может привести к тяжелым травмам.

**Предварительная установка числа оборотов** – ограничение числа оборотов (установка ниже максимальных) в зависимости от обрабатываемого материала. Осуществляется с помощью электронного регулировочного устройства.

**Плавное увеличение числа оборотов** – постепенное наращивание оборотов электромашины усилием нажатия на кнопку включения.

**Дрель односкоростная** – с одной ступенью передачи вращения от двигателя на рабочий орган.

**Дрель двухскоростная** – с двумя ступенями передачи вращения путем механического изменения передаточного числа в шестеренчатом редукторе.

**Реверс** – изменение направления вращения на противоположное за счет электрического переключения в обмотках двигателя.

**Пылеулавливатель** – устройство для удаления пыли из рабочей зоны с помощью промышленного или бытового пылесоса, реже автономного пылесоса, встроенного в саму машину.

**Способы питания** – электроинструмент разделяется на два основных вида: сетевой и аккумуляторный.

**Сетевой электроинструмент** питается от сети переменного тока 220 В частотой 50 Гц. Отличается мощностью потребления и формой штепсельной вилки российского или европейского стандарта.

**Аккумуляторный электроинструмент**, обладая всеми функциями сетевого, питается от встроенных или съемных аккумуляторных батарей, является полностью автономным. Имея достаточную производительность, действует при удалении от электросети и, что немаловажно, в помещениях повышенной опасности: сырых, полужатопленных.

**Производительность аккумуляторного электроинструмента** – количество последовательно выполненных рабочих операций при питании от полностью заряженной батареи. Дополнительная съемная батарея позволяет быстро привести инструмент в исходное рабочее состояние.

**Аккумуляторная батарея** представляет собой малогабаритный источник питания многократного использования. Современные материалы и технологии позволили создать аккумуляторы, способные полностью зарядиться от зарядного устройства за 1-3 часа и выдержать до 3000 циклов заряд – разряд. Основная масса батарей выпускается с рабочим напряжением от 3,6 до 24 В и емкостью от 1,2 до 2 А/ч.

**Зарядные устройства** питаются от сетевого переменного напряжения 220 В 50 Гц, предназначены для быстрого заряда аккумуляторных инструментальных батарей и различаются по выгодному напряжению – от 3,6 до 24 В.

**Выбор электроинструмента** осуществляется с расчетом на долгие годы эксплуатации, поэтому, в первую очередь, принимается во внимание его основная рабочая функция. Большинство современных электроинструментов имеет ряд дополнительных функций, что дает возможность расширить область их применения.



Кроме функциональных возможностей, следует обратить внимание и на наличие сервисных центров фирм-производителей этого инструмента, предлагается ли при продаже гарантийный талон (с указанием адреса мастерской), имеет ли изделие сертификат соответствия.

**Дрель** односкоростная и двухскоростная. Комплектуется двумя типами патронов. Обороты шпинделя плавно нарастают по мере усиления нажатия на кнопку включения, обеспечивая точность центрирования сверла в самом начале сверления. Предварительно устанавливается оптимальное число оборотов.

Дрели такого типа, но со значительным числом оборотов холостого хода (до 4000 в минуту при номинальном 2600), широко используется для сверления большого количества отверстий малого диаметра.

Дрели с минимальным числом оборотов обладают максимальным крутящим моментом на валу. Такой инструмент имеет самый большой вес и максимальную мощность.

Оснащенная реверсом, дрель может действовать как шуруповерт и резьборез, а чтобы патрон не отвинчивался при левом вращении, он фиксируется центрирующим винтом. Наличие предохранительной муфты гарантирует четкое, без срывов заворачивание шурупов.

В некоторых труднодоступных местах просверлить отверстие или завернуть (отвернуть) шуруп можно, только воспользовавшись угловой дрелью с высотой головки в пределах 74-100 мм. При малых габаритах она реверсивна. Предельное число оборотов можно установить предварительно.

**Ударная дрель** (одно- или двухскоростная ударного действия). Переключение передач в ней осуществлять лучше при остановке, так как на ходу вероятно поломка деталей. Число оборотов устанавливается предварительно.

Удар отключается механически. В комплекте предлагается ограничитель глубины сверления и пылеулавливатель со шлангом. Предохранительная муфта защищает детали дрели от поломок при перегрузках. Запас мощности двигателя дает возможность пользоваться специальными мешалками для приготовления различных технических смесей.

**Перфоратор.** С его помощью удастся просверлить, а точнее пробить, отверстие даже в тяжелом бетоне и самом твердом камне.

Если в перфораторе блокируется вращение шпинделя, инструмент работает в режиме долота или молотка (в комплект поставки могут входить бойки для забивания анкеров и гвоздей). При отключении удара перфоратор работает в режиме сверления или ввертывания (вывертывания) шурупов. Предохранительная муфта предотвращает перегрузку или поломку деталей перфоратора, работающего обычно в жестких условиях.

Регулирующим устройством устанавливают предварительно определенное число оборотов, ударов рабочего органа или силу удара в зависимости от вида обрабатываемого материала.

На перфораторах весом более 4 кг имеется устройство следящего действия, дающее увеличение мощности при скачке нагрузки (для постоянного числа оборотов). Дополнительные операции осуществляются рабочими органами, установленными через переходник (адаптер).

Перфораторы образуют при работе пыль, которую удаляют промышленными или бытовыми пылесосами, но имеются образцы со встроенными пылесосами.

**Резьборез.** Имеет замедленный прямой ход, что дает возможность полностью контролировать введение метчика в материал, и быстрый обратный выход, позволяющий не тратить время на вспомогательную операцию. Резьборез укомплектован переходником для шпинделя с резьбой 1/2 дюйма на внешний конус B12 для предохранительной роликовой муфты.

Глубина нарезаемой резьбы в глухих отверстиях устанавливается ограничителем.

**Шуруповерт** (винтоверт). Обязательно оборудован предохранительной муфтой, которая исключает повреждение шлица шурупа с окончанием ввертывания. Так же как и в дрелях, имеется регулятор предварительной установки числа оборотов, а обороты шпинделя плавно нарастают по мере нажатия на кнопку включения.

**Гайковерт.** При небольшом весе обладает достаточно высоким крутящим моментом (от 70 до 1000 Н·м). Оснащен устройством для регулирования величины крутящего момента. Реверс позволяет ослабить имеющееся резьбовое крепление и полностью отвернуть гайку. Можно использовать гайковерт в качестве шуруповерта, применив переходник.

Конструкция механизма передачи крутящего момента такова, что обеспечивает минимальный реактивный момент в конце закручивания гайки, то есть минимальную отдачу. Это снижает утомляемость работающего и положительно сказывается на продолжительности срока службы инструмента.

Ударные гайковерты выполняют в виде ручных машин, которые оператор держит в руках в течение всего рабочего цикла. Практическое отсутствие реактивного момента при работе ударных гайковертов позволяет применять их для сборки соединений больших размеров. Ударные гайковерты используют при моментах затяжки свыше 50 Нм.

Ударные гайковерты имеют высокую производительность, которая практически удовлетворяет всем видам производства (индивидуальному, серийному, массовому).

**Шлифовальная машина прямая** (прямошлифовальная машина) в основном применяется для точного шлифования сложных поверхностей, но может использоваться для других операций.

В качестве оснастки используются:

- пальцевые шлифовальные штифты;
- шлифовальные круги;
- конические шлифовальные насадки;
- витые круглые щетки.

Машины, предназначенные для работы с шлифкругами, комплектуются защитным кожухом. Специально расположенный выключатель предохраняет от случайного включения. В зависимости от модели машины имеют функции электронного управления: плавный пуск, установка и постоянство числа оборотов. Как правило, они выпускаются в профессиональном исполнении. В каче-

стве дополнительного приспособления применяются насадки для фрезерования кромок. Шлифовальные круги могут крепиться быстрозажимной гайкой.

**Шлифовальная машина угловая** (углошлифовальная машина) создана для обработки сварных швов, но благодаря различной оснастке выполняет работы по шлифованию, обдирке, резанию металла, камня и стройматериалов.

В качестве оснастки используются:

- обдирочные и отрезные круги по металлу и камню;
- шлифовальные тарелки с фибровыми шлифовальными листами или с верной шкуркой;
- твердосплавные чашеобразные круги для шлифования пластмассы, древесины, газобетона, силикатного кирпича;
- круглые и чашеобразные металлические щетки.

Шпиндель может блокироваться нажатием кнопки для смены оснастки. Защитный кожух, в зависимости от модели, поворачивается до 360°.

В качестве дополнительных приспособлений применяются:

- приспособление для резки камня алмазными дисками;
- кожух с окантовкой из ворсинок для удаления пыли;
- отрезной стол для крепления машины – служит для резки металлического профиля под разными углами.

**Полировальная машина** разработана на базе углошлифовальных машин и по техническим характеристикам близка к ним, но благодаря более низким оборотам основной ее функцией является полирование любых поверхностей.

В качестве оснастки используются:

- полировальные губки, фетры, войлок, шерстяные колпаки с адаптерами для крепления;
- чашечные шлифовальные круги;
- оснастка, аналогичная используемой на углошлифовальных машинах.

**Точильный станок** с надежно защищенным от пыли электродвигателем и цельнолитым корпусом. Исключено проникновение пыли внутрь выключателя. Поворотные стекла предохраняют от искр. Обрезиненная опорная площадка гасит вибрацию. На некоторых моделях предусмотрено устройство балансировки шлифовальных кругов. Выпускается преимущественно в профессиональном исполнении.

**Шлифовальная машина эксцентриковая** обладает высокой производительностью съема материала за счет колебательного движения и одновременного вращения шлифовальной подошвы. При наличии регулятора оборотов возможно выполнение полировальных работ. Отсос пыли производится прямо через шлифовальную подошву в мешок для пыли, что обеспечивает чистоту на рабочем месте и повышает срок службы шлифовальной шкурки. Возможно подключение внешнего пылесоса. Оснастка крепится к подошве липучим соединением.

В качестве оснастки используются:

- эластичная шлифовальная подошва для шлифовки выпуклых и вогнутых поверхностей;
- шлифовальная шкурка различной зернистости;

- шлифующий нетканый материал;
- войлок для полировки;
- губка для нанесения мастики и воска;
- шерстяной чехол вместе с адаптером для крепления.

В зависимости от модели имеет функции электронного управления: плавный пуск, установка и постоянство числа оборотов.

**Шлифовальная машина вибрационная** с прямоугольной подошвой, совершающей вибрирующее движение для быстрой и аккуратной обработки плоских поверхностей.

В качестве оснастки используется подошва треугольной формы для обработки труднодоступных мест. В зависимости от модели машина имеет функции электронного управления – плавный пуск и установку числа колебаний.

**Шлифовальная машина дельтовидная** по принципу работы схожа с вибрационной шлифовальной машиной, но предназначена для обработки нешироких фасонных поверхностей, труднодоступных мест, углов и кромок. Дельтовидная шлифовальная подошва может быстро заменяться или поворачиваться с шагом 120°. Предусмотрен отсос пыли с помощью внешнего пылесоса.

Шлифовальная шкурка крепится к подошве липучим соединением. Для обработки наиболее узких мест используются пластинчатые овальные шлифовальные шкурки. В зависимости от модели машина оснащается функцией электронного управления - бесступенчатую установку числа оборотов.

**Шлифовальная машина ленточная** производит съём материала абразивной лентой, движущейся по направляющим роликам, благодаря чему обладает самой высокой производительностью при плоском шлифовании среди рассматриваемых машин. Предусмотрен внутренний отсос пыли или с помощью внешнего пылесоса.

В качестве дополнительных приспособлений применяются:

- рамка для гарантированно ровного шлифования поверхностей;
- параллельный наклонный упор для стационарного прямого и наклонного шлифования.
- станина-упор для стационарного шлифования.

**Вариошлифовальная ленточная машина** отличается от ленточной шлифовальной машины тем, что диаметр переднего направляющего ролика у нее во много раз меньше заднего. Благодаря этому она имеет две шлифующие поверхности и обеспечивает эффективную обработку поверхности даже в труднодоступных местах. Предусмотрен отсос пыли с помощью внешнего пылесоса. Замена шлифующей ленты осуществляется без помощи вспомогательного инструмента.

**Рубанок** в современном исполнении имеет переднюю ручку, обеспечивающую не только его удержание, но и бесступенчатую установку глубины строгания даже во время работы. Выброс стружки – направо или налево. Предусмотрено подключение внешнего пылесоса. Для строгания используют прямые, закругленные и волнистые ножи.

В качестве дополнительных приспособлений применяются:

- упоры для регулировки ширины и глубины выбираемого паза;

- параллельный упор и угловой упор для срезания кромок;
- фуговально-рейсмусовое приспособление для переоборудования в рейсмусовый станок для точной обработки дерева.

Выключатель оснащен блокировкой от случайного включения. В зависимости от модели рубанок имеет функции электронного управления - плавный пуск, установку числа оборотов, защиту от перегрузки и быструю остановку.

**Пистолет горячего воздуха** (термовоздуходувка), помимо основных операций, пригоден для паяльных и лудильных работ, сварки пластмассовых профилей. В качестве оснастки применяются:

- плоские, угловые и рефлекторные форсунки;
- защитная форсунка для стекла;
- набор для удаления краски;
- насадки для сварки пластмассовой проволокой;
- устройство для контактной стыковой сварки пластмассовых профилей и труб.

На некоторых моделях предусмотрена установка потока воздуха, бесступенчатая регулировка и светодиодная индикация температуры.

**Ножницы по металлу листовые** имеют гильотинные ножи, предназначенные для резки листового металла (преимущественно по краям для листов большой толщины). Выпускаются в электросетевом и аккумуляторном исполнении.

**Ножницы по металлу высечные** оснащены для резания матрицей и пуансоном. Могут резать как листовой, так и профилированный металл без деформации краев (на некоторых моделях глубина разрезаемого профиля достигает 16 мм). Выпускаются преимущественно в профессиональном исполнении.

**Пила дисковая** осуществляет продольные и поперечные пропилы в дереве. При наличии регулятора оборотов и правильном подборе диска можно резать пластмассу и алюминий. Может работать по направляющим шинам для точного реза по прямой линии. Для безопасности диск пилы закрыт маятниковым защитным кожухом. Глубина и угол пропила (до 50°) плавно регулируются. Предусмотрен как встроенный отвод стружки, так и с помощью внешнего пылесоса. Имеется аккумуляторное исполнение.

**Пила лобзиковая** была создана для высокоточных пропилов любой траектории в дереве, пластике, металле с углом наклона (до 45°) в любую сторону.

В качестве дополнительных приспособлений применяются:

- чехлы на опорную платформу для оптимального скольжения по материалу;
- стол для стационарного крепления;
- параллельный упор (он же циркуль).

В зависимости от модели пилы оснащены электронным управлением установкой числа ходов. Имеется аккумуляторное исполнение.

**Пила ножовочная** с двумя полотнами встречного хода, которые двигаются по жесткой направляющей шине, предназначена для точного резания дерева, пластика, гипсокартона, пенобетона. Пила обладает способностью внедрения в материал без предварительного сверления отверстия. Предусмотрен отвод пыли

внешним пылесосом. Практически на всех последних моделях полотна заменяются без использования дополнительного инструмента.

В зависимости от модели пилы оснащены электронным управлением плавным пуском и установкой числа ходов.

**Пила ножовочная с одним полотном** (сабельная) предназначена для резки дерева, металла, труб и профилей на глубину до 150 мм. На последних моделях пильные полотна совершают маятниковое движение и заменяются без использования дополнительного инструмента.

В качестве оснастки применяются:

- напильник;
- рашпиль;
- металлическая щетка.

Дополнительные приспособления:

- зажим для резки труб;
- подставка для пиления древесины.

В зависимости от модели пилы имеется электронное управление плавным пуском и установкой числа ходов и аккумуляторное исполнение.

Пила цепная осуществляет распилку бревен, брусьев и досок. Дозированная смазка цепи производится автоматически.

В зависимости от модели пила имеет электронное управление - плавный пуск, установка числа оборотов, защита от перегрузки и от отдачи.

#### **1.2.4 Ручные инструменты для сборки резьбовых соединений, демонтажа деталей, резки и гибки труб [1]**

Основными инструментами для сборки резьбовых соединений являются ручные ключи и отвертки [1, с. 53-73].

По способам контроля крутящего момента ключи (отвертки) можно разделить на несколько видов: 1) динамометрические, которые снабжены шкалой и стрелкой (или другим устройством), непрерывно показывающей значение момента, прикладываемого и затяжке резьбового соединения; 2) предельные, отличающиеся тем, что при достижении определенного момента затяжки в резьбовом соединении они отключаются (разновидностью являются ключи с регулируемым моментом); 3) ключи, конструкция которых не предусматривает ограничения крутящего момента.

По способам манипулирования во время работы ключи подразделяются на: переставляемые во время процесса заворачивания (затяжки) резьбовой детали или ключи при работе с которыми необходим перехват руки оператора; не требующие перестановки и перехвата во время процесса затяжки резьбовой детали. По устройству головки (зева) ключи подразделяются на: торцовые; с открытым зевом; с регулируемым зевом; кольцевые (с закрытым зевом); рожковые; трубные (накидные, рычажные, цепные).

Динамометрические ключи используют непосредственно для контролируемой затяжки или для контроля момента затяжки при работе ручными резьбовозавертывающими машинами или гаечными ключами.

### 1.2.4.1 Отвертки

Основными требованиями к отверткам [1, с. 54-63] являются: обеспечение надежного контакта их наконечника с крепежным элементом и передача на него максимально возможного усилия. Для этого разрабатывают новые виды рабочих профилей в головках крепежа (рисунок 1.13) и соответствующего им профиля на наконечниках отверток, а также применяют высокопрочные материалы при производстве инструмента и разрабатывают новые, эргономичные формы ручек.



Рисунок 1.13 – Виды рабочих профилей в головках крепежа:  
1 – шлиц; 2 – крест; 3 – двойной крест; 4 – внутренний шестигранник; 5 – наружный шестигранник; 6 – шестигранник с центрирующим штифтом; 7 – звезда; 8 – звезда овальная; 9 – звезда с центрирующим штифтом; 10 – звезда наружная; 11 – шлицевая звезда; 12 – многогранник внутренний; 13 – квадрат внутренний; 14 – смещенный крест; 15 – смещенный тройной шлиц

Все отвертки можно разделить на три вида: *традиционные, специальные и сборные*.

**Традиционные отвертки** предназначены для работы только с одним видом крепежа (рисунок 1.14) и состоят из стержня и ручки, прочно закрепленной на его хвостовике. Стержень («клинок») в поперечном сечении может иметь круглую, четырех- или шестигранную форму. В нем выделяют три части: наконечник (длина 8-10 мм), на котором сформирован рабочий профиль, передаю-

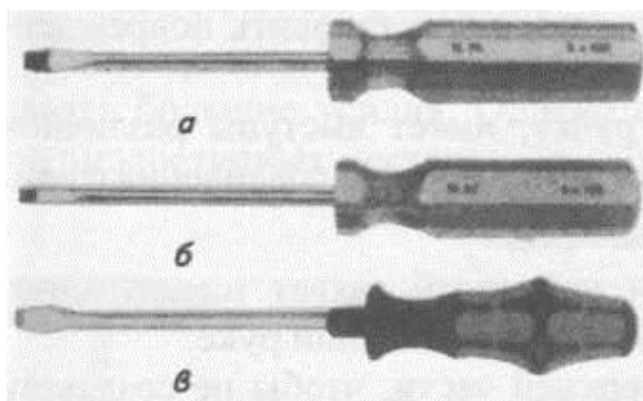


Рисунок 1.14 – Традиционные отвертки:  
а – с расширяющимся наконечником; б – с прямым наконечником; в – с шестигранником «под ключ»

щий усилие на крепеж. Наконечник отвертки для работы с профилем «прямой шлиц» бывает расширяющимся («отвертка механика», рисунок 1.14, а) или прямым («отвертка электрика», рисунок 1.14, б).

**Специальные отвертки** имеют дополнительные функции. Например, *отвертки с Т-образной ручкой* (рисунок 1.15, а) позволяют создавать большие усилия. Однако они могут усложнить работу в труднодоступных местах.

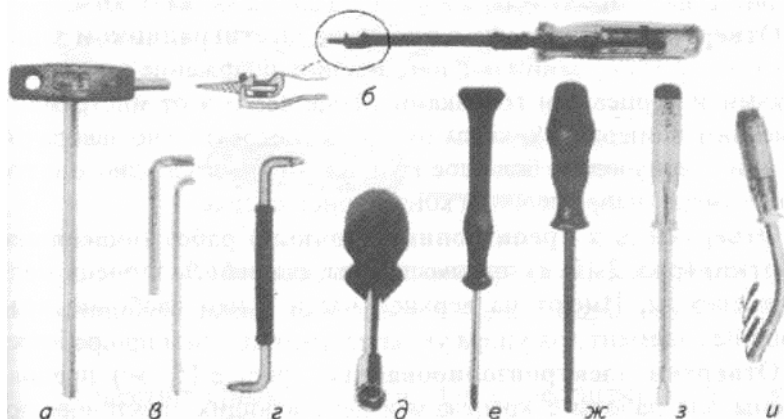


Рисунок 1.15 – Специальные отвертки:

- а – с Т-образной ручкой; б – с приспособлением для удержания крепежа; в – угловые, стандартная и удлиненная; г – двусторонняя угловая;
- д – для крепежа с внешним шестигранником; е – «часовая»; ж – электроизолированная; з – индикаторная для напряжения 100-500 В;

*Отвертки с приспособлениями для удержания винтов* (рисунок 1.15, а) значительно упрощают установку крепежа в местах с ограниченным доступом.

*Угловые отвертки* (рисунок 1.15, в) представляют собой стержень, согнутый под углом  $90^\circ$ , на обоих концах которого сформированы рабочие профили. Отношение размеров короткой и длинной частей составляет примерно 1:3.

*Двусторонние угловые отвертки* (рисунок 1.15, г) выполнены в виде стержня с двумя отгибами под углом  $90^\circ$ . Рабочие профили у них могут быть однотипными, различаясь размерами, или разных типов.

*Отвертки для крепежа с внешним шестигранником* занимают (рисунок 1.15, д) занимают пограничное положение между отвертками и торцевыми головками. Чаще всего этот инструмент применяют в операциях, когда нужно последовательно заворачивать или отворачивать большое количество крепежа одного и того же размера (например, при конвейерной сборке).

*Отвертки для прецизионных (точных) работ («часовые» отвертки)* (рисунок 1.15, е) предназначены для работы с очень мелким крепежом. Имеют на верхней части ручки свободно вращающийся элемент для упора указательным пальцем при работе.

*Отвертки электроизолированные* (рисунок 1.15, ж) предназначены для работы с крепежом в действующих электрических установках, находящихся



под напряжением. По международному стандарту эти отвертки должны защищать от переменного напряжения не менее 1000 В.

*Индикаторные отвертки* (рисунок 1.15, з) служат для контроля наличия электрического напряжения в цепи. Они имеют прозрачный корпус и выпускаются для индикации переменного напряжения в электросети (напряжение от 100 до 500 В).

*Отвертки с гибким стержнем* (рисунок 1.15, и) повышают удобство работы в труднодоступных местах. Гибкий стержень имеет на конце держатель для отверточных вставок на 1/4 дюйма или присоединительный квадрат на 1/4 дюйма для использования торцевых головок. К отверткам этого типа недопустимо прикладывать высокие усилия из-за ограниченной прочности гибкого стержня.

**Сборные отвертки** представляют собой отвертки с набором различных стержней или насадок, например *отвертки со сменными стержнями* (рисунок 1.16) круглого или шестигранного сечения. На одном конце стержней сформирован рабочий профиль, на другом – лапки (у круглых стержней), предотвращающие его проворот внутри ручки.

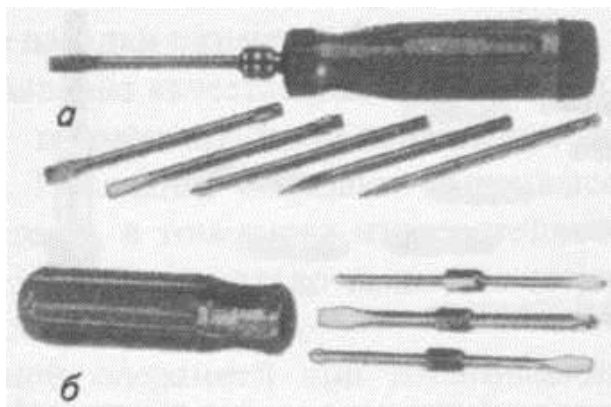


Рисунок 1.16 – Отвертки со сменными стержнями:  
а – круглого сечения с выступами; б – с шестигранником  
в середине стержня

щающие его проворот внутри ручки.

*Отвертки со сменными насадками* (рисунок 1.17) имеют стержень с шестигранным отверстием в торце для фиксации насадок. В комплект входит набор насадок наиболее распространенных профилей.

Для хранения насадок в ручке имеется магазин под съемной крышкой или выдвижные ящички. В последнем случае в ручке сделан еще один фиксатор насадок, позволяющий использовать его как рычаг для создания повышенных усилий.

Отверточные насадки представляют собой стержень, на одном конце которого сформирован рабочий профиль, на другом – шестигранный хвостовик для фиксации в ручке.

Адаптеры (переходники) для фиксации насадок в инструментах делают с шестигранным отверстием размером 1/4 дюйма под отверточную вставку и с хвостовиком под монтаж в инструменте. Фиксация в адаптере осуществляется

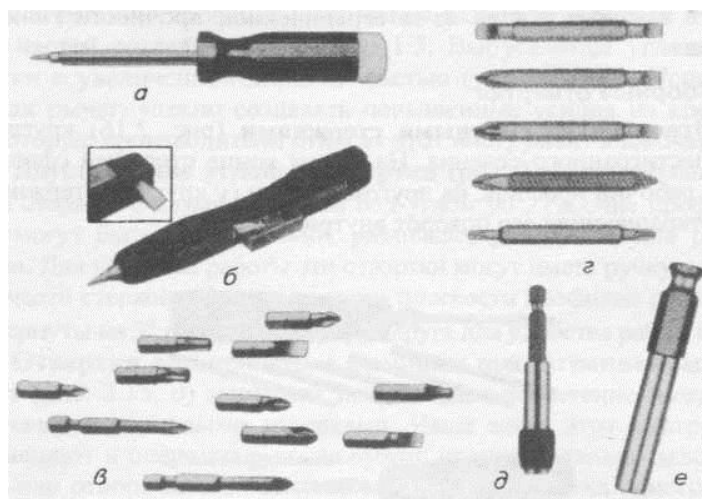


Рисунок 1.17 – Отвертки со сменными насадками и принадлежности к ним: *а* – отвертка с магазином для насадок под крышкой ручки; *б* – отвертка с «ящичком» в ручке; *в* – отверточные насадки с одним рабочим профилем; *г* – насадки с двумя рабочими профилями; *д* – адаптер для насадок

постоянным магнитом, кольцом или сдвижной головкой. Недостатком магнитного адаптера является то, что в нем накапливается металлическая стружка, которую трудно удалить.

*Отвертки с храповым механизмом* позволяют работать с крепежом без перестановки инструмента. Механизм имеет три положения: заворачивание, отворачивание и нейтральное, в котором «храповик» блокируется. Хранение насадок может осуществляться в ручке. Выпускаются отвертки с ручкой, поворачивающейся на 90° от продольной оси для создания повышенных усилий.

*Отвертки ударно-поворотные* предназначены для отворачивания крепежа ударом за счет преобразования его энергии в поворот насадки (приблизительно на 20°). Присоединительный квадрат на отвертке может иметь размер 3/8 или 1/2 дюйма. В стандартную комплектацию этой отвертки обычно входят: переходник с присоединительного квадрата на шестигранник для насадок и четыре насадки размером 5/16 дюйма.

Качественный инструмент должен отвечать следующим требованиям:

- стержень отвертки должен иметь прочное, без люфтов, соединение с ручкой;
- наконечник отвертки или насадки должны иметь правильную геометрическую форму без малейших изъянов в покрытии;
- защитное покрытие стержня также не должно иметь дефектов;
- ручка отвертки должна удобно «лежать» в руке, не вызывая неприятных ощущений;
- на отвертке должны быть нанесены ясно читаемые обозначения (название изготовителя, размер рабочего профиля);
- комплектность сборной отвертки должна соответствовать документации;
- сменные стержни (или насадки) должны фиксироваться в ручке (или в адаптере) без люфтов;

- у отверток с храповым механизмом должна быть четкая фиксация переключателя направления вращения;
- храповый механизм должен работать четко, без пропусков и хруста;
- посадка крышки магазина для насадок на верхней части ручки должна быть плотной;
- на насадке желательны (но не обязательны) ясно читаемые обозначения – название производителя, размер рабочего профиля.

#### 1.2.4.2 Гаечные ключи

**Гаечный ключ** – слесарно-монтажный инструмент, предназначенный для отворачивания или заворачивания резьбовых элементов крепления (болтов, гаек) за счет приложения мускульной силы [1, с. 63-71].

**Рабочее усилие** – усилие, прилагаемое для заворачивания или отворачивания элемента крепления.

**Момент затяжки** равен произведению величины рабочего усилия на плечо (расстояние от точки приложения усилия до оси крепежа). Например, для создания момента затяжки 10 Н м необходимо приложить усилие в 10 Н на плече 1 м от оси крепежа. Момент, необходимый для отворачивания («срыва») элемента крепления, как правило, выше момента затяжки.

**Рабочий профиль ключа** – совокупность поверхностей, предназначенных для передачи рабочего усилия от инструмента к головке резьбовой крепежной детали, например, шестигранной головке болта.

**Головка гаечного ключа** – часть инструмента, в которой сформирован рабочий профиль.

**Тело гаечного ключа** – часть инструмента, предназначенная для приложения рабочего усилия.

**Ряд размерностей гаечных ключей (типоряд)** – последовательность геометрических размеров рабочих профилей инструмента от минимального до максимального. Он определяется международными и национальными стандартами – ISO, ГОСТ Р, DIN, ANSI, BS. (помимо рядов размерностей стандарты определяют типы гаечных ключей, требования к ним).

**Метрические гаечные ключи** предназначены для работы с крепежом метрической системы, основной единицей измерения которой является миллиметр (мм). Ряд размерностей составляет от 2,5 до 230 мм.

**Дюймовые гаечные ключи** предназначены для работы с крепежом дюймовой системы, единицей измерения которой является британский дюйм (дюйм = 25,4 мм). Ряд размерностей составляет от 1/8 до 9 1/8 дюйма.

Рассмотрим основные типы гаечных ключей.

**Рожковые гаечные ключи** (рисунок 1.18), использующиеся в настоящее время, подразделяются на следующие виды:

- *двусторонний* – имеет две головки различных размеров, рабочий профиль которых состоит из двух параллельных губок (открытый зев). Как правило, внутренние размеры головок «соседствуют» в типоряде (например, 12 и 13 мм). Продольная ось головок отклонена от оси тела на 15° для удобства работы. В

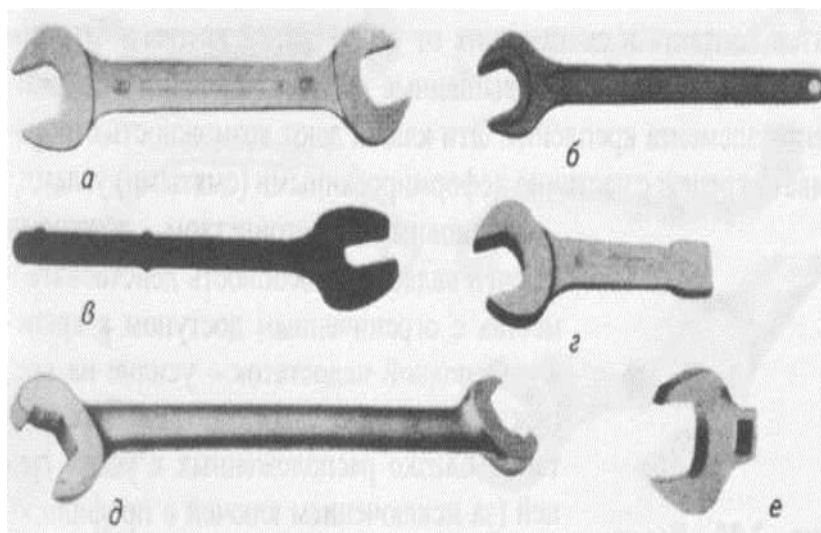


Рисунок 1.18 – Рожковые гаечные ключи:

*a* – двусторонний; *б* – односторонний; *в* – односторонний затяжной;  
*г* – ударный; *д* – быстродействующий; *е* – «воронья лапа»

некоторых моделях ключей отклонение составляет 22,5°; 30°; 60°; 70° и 75°;

- *односторонний* – одна головка и удлиненное тело, что позволяет создать больший момент затяжки на крепеже. Используются в основном на сборочных конвейерах, где приходится работать с крепежом одного размера;

- *односторонний затяжной* – тело в виде цилиндрического хвостовика с шариковым фиксатором. При работе с крепежом больших размеров для создания больших моментов на инструмент надеваются специальные трубчатые удлинители;

- *ударный* – состоит из одной головки и короткого тела, имеющего на конце прямоугольный прилив («наковальню»), по которому ударяют молотком или кувалдой. Этот инструмент предназначен для крепежа больших размеров, где необходимый момент не может быть создан мускульным усилием, приложенным к ключу;

- *быстродействующий* – имеет измененную форму рабочего профиля и одну короткую губку, что позволяет быстро переставлять инструмент на крепеже. Для изменения направления вращения ключ переворачивают на 180°;

- «воронья лапа» – представляет собой отдельную головку. В ней есть отверстие в виде квадрата размером 1/4, 3/8 или 1/2 дюйма для различных видов приводов (удлинителя, привода с шарниром, угловой рукоятки), которые используются с торцевыми головками. Этот инструмент применяют для работы в местах с очень ограниченным доступом;

- *с профилированными губками* (рисунок 1.19) – имеет выступы на рабочих поверхностях, которые увеличивают количество пятен контакта и смещают их от углов граней крепежа. Это позволяет прикладывать повышенные рабочие усилия без повреждения элемента крепления. Эти ключи дают возможность отворачивать крепеж с частично деформированными (смятыми) углами.

Основным достоинством рожковых ключей является способность действовать в местах с ограниченным доступом к крепежу. Основной недостаток – усилие на крепеж передается только в двух пятнах контакта, близко распо-

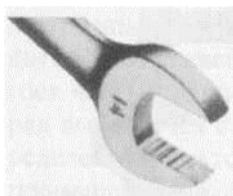


Рисунок 1.19 – Рожковый гаечный ключ с профилированными губками

женных к углам граней (за исключением ключей с профилированными губками). Поэтому при приложении значительных рабочих усилий губки рожкового ключа могут деформировать углы крепежа.

**Накидные гаечные ключи** (рисунок 1.20) представляют собой инструмент, рабочие профили которого находятся внутри двух колец (или одного кольца), надевающихся (накидывающихся) на крепеж. Производят следующие виды накидных гаечных ключей:

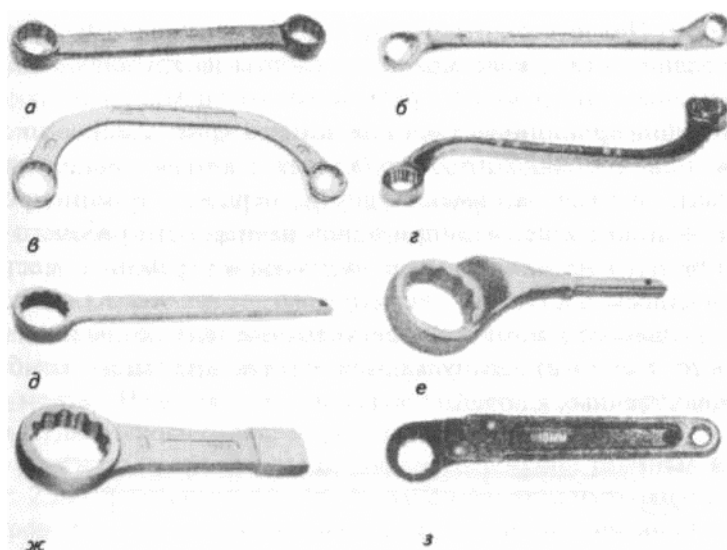


Рисунок 1.20 – Накидные гаечные ключи:

- а* – двусторонний с отгибом колец  $15^\circ$ ; *б* – двусторонний «коленчатый»;
- в* – двусторонний стартерный; *г* – двусторонний S-образный;
- д* – односторонний; *е* – односторонний затяжной;
- ж* – ударный; *з* – односторонний с разъемным кольцом;
- и* – двусторонний с храповыми механизмами

- *двусторонний* – может быть плоским (оба кольца находятся в одной плоскости с телом), иметь кольца, отогнутые на угол  $15^\circ$ ;  $22,5^\circ$ , или с коленообразным соединением кольцевых частей с телом («коленчатый» накидной ключ);

- *двусторонний «стартерный»* – тело инструмента изогнуто в виде полумесяца;

- *двусторонний S-образный* – тело ключа выполнено в форме латинской буквы S;

- *односторонние с удлиненным телом, затяжной и ударный* – имеют конструкцию тела, сходную с аналогичными рожковыми ключами, и предназначены для тех же целей;

- с *разъемным кольцом* – его механизм позволяет раскрыть и закрыть кольцо (обычно 12-гранное) для надевания на длинные резьбовые соединения и трубопроводы. Под нагрузкой кольцо затягивается, а при обратном ходе ослабляется;

- с *храповым механизмом («трещоткой»)* – для более быстрой работы внутри кольца встроен механизм, передающий усилие только в одну сторону, который может быть ступенчатым («звездочка») или бесступенчатым («фрикцион»). Направление вращения изменяется рычажным переключателем на ключе или поворотом инструмента на 180°. Ключи могут быть одно- и двусторонними. Кольца располагаются в одной плоскости с телом или под углом 15°. Этот вид ключей недопустимо применять для ослабления («срыва») и окончательного затягивания крепежа во избежание повреждения храпового механизма.

Достоинства накидных ключей – возможность прикладывать крепежу значительные моменты (за исключением инструмента храповым механизмом) и работать в местах с ограниченным доступом. Недостаток – неудобство работы на длинных резьбовых соединениях и невозможность работы на трубопроводах (за исключением инструмента с разъемным кольцом).

**Комбинированные гаечные ключи** (рисунок 1.21) – инструменты, одна

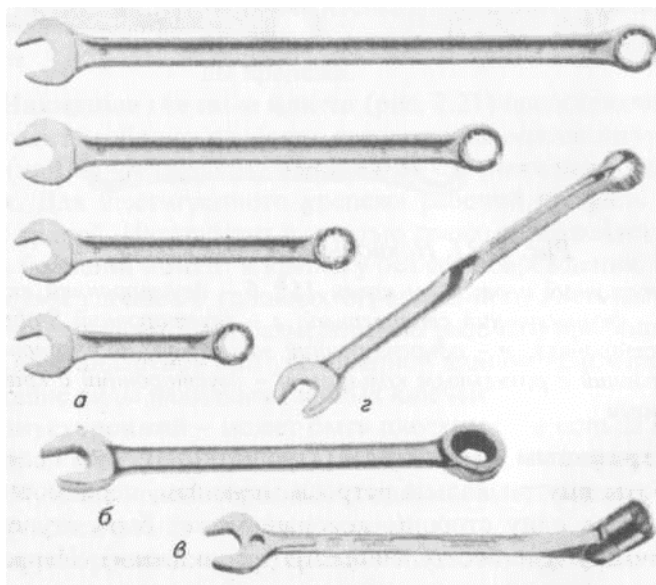


Рисунок 1.21 – Комбинированные гаечные ключи:

*а* – различной длины (сверхдлинные, удлиненные, стандартные, укороченные); *б* – с храповым механизмом в накидной головке;

*в* – с шарнирной торцевой головкой; *г* – твистер

головка которого рожковая, а другая – накидная или торцевая. Обе головки имеют одну размерность. Комбинированные ключи по длине тела (при одной размерности рабочего профиля) делятся на четыре вида: укороченные (работа в местах с ограниченным доступом), стандартные, удлиненные (для создания повышенного момента), сверхдлинные (для создания максимального момента).

Выпускаются следующие виды комбинированных гаечных ключей:

*рожково-накидной* – на одном конце головка рожкового, на другом – накидного ключа. Накидное кольцо может иметь 6 или 12 граней. Рожковая часть распо-

ложена в одной плоскости с телом или отогнута на  $15^\circ$ , а кольцевая на  $15^\circ$ ;  $22,5^\circ$  или через небольшой коленчатый изгиб на  $15^\circ$ . Этот ключ может иметь в накидной части храповой механизм ступенчатого или бесступенчатого типа;

- *рожково-торцевой* – вместо накидного кольца имеет торцевую головку (6 или 12 граней), присоединенную на шарнире;

- *твистер* – инструмент, тело которого скручено на  $90^\circ$  по продольной оси. Это позволяет увеличить примерно на 40% усилие, прилагаемое к ключу, так как рука воздействует на плоскость тела, а не на его ребро.

Комбинированные ключи получают все большее распространение благодаря объединению достоинств разных типов инструмента. Недостатком является то, что ключ предназначен только для одного размера крепежа.

**Накидные прорезные («трубопроводные») гаечные ключи** (рисунок 1.22) предназначены для работы с крепежом на различных трубопроводах. Два массивных накидных кольца увеличенной высоты должны обеспечивать целостность крепежа при высоких моментах затяжки или отворачивания. Кольца могут иметь 6 или 12 граней, располагаться в одной плоскости с телом или быть отогнуты на  $15^\circ$ . В каждом кольце выполнена сквозная прорезь под углом  $45^\circ$ ,  $30^\circ$  или  $60^\circ$  к продольной оси тела ключа. Ширина прорези зависит от диаметра трубопровода. Не рекомендуется применять «трубопроводные» ключи для других работ, чтобы не повредить рабочий профиль инструмента, что в дальнейшем обязательно скажется на качестве работы с «трубопроводным»

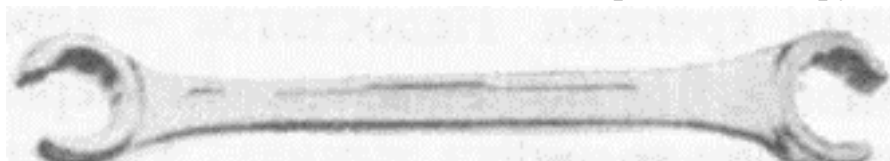


Рисунок 1.22 – Накидной прорезной гаечный ключ

крепежом.

**Разводные гаечные ключи** (рисунок 1.23) – инструменты с регулируемыми «под крепеж» размерами рабочего профиля. Выпускаются два вида раз-

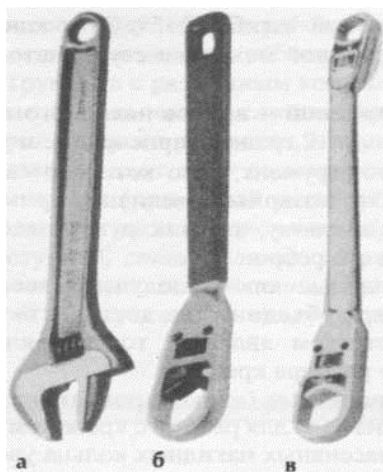


Рисунок 1.23 – Разводные гаечные ключи:

*а* – рожковый; *б* – односторонний накидной;

*в* – двусторонний накидной

водных ключей:

- *рожковый* – имеет неподвижную и подвижную губки, последняя перемещается винтовым механизмом;

- *накидной* – внутри головки, отогнутой от тела ключа на  $15^\circ$ , расположен ползун, перемещаемый винтовым механизмом для изменения рабочего размера.

Достоинство разводных ключей – возможность работать с разными размерами крепежа. Недостаток – вероятность люфта подвижного элемента, что может привести к срыву с крепежа, а также к деформации его граней.

### 1.2.4.3 Съемники

**Механические съемники** предназначены для демонтажа деталей, установленных с натягом, когда для деталей требуется незначительные усилия.

Они имеют 2 варианта сборки – для внутреннего и внешнего захвата детали; кроме того – с двумя или тремя захватами.

*Съемники-хомуты* предназначены для демонтажа шестерен, подшипников, колес, муфт, крыльчаток, шкивов и других деталей, посаженных с натягом, которые могут быть повреждены обычными съемниками.

**Гидравлические съемники** предназначены для демонтажа различных деталей и узлов (шкивы, шестерни, втулки), имеющих посадку с натягом.

**Универсальные съемники** предназначены для демонтажа деталей, установленных с натягом, таких как шестерни, колеса, муфты, крыльчатки, а также тонкостенных и установленных в отверстия деталей (обойм, подшипников), которые могут быть разрушены при снятии механическими съемниками.

**Хомуты-съемники с гидроусилителями** обеспечивают возможность приложения тягового усилия к внутреннему кольцу подшипника – нагрузка не передается через тела качения, что сводит к минимуму риск повреждения подшипника. Они имеют большую длину захвата (до 860 мм). Гидроусилители существенно облегчают демонтаж и создают тяговое усилие до 8 тонн.

**Автономные съемники с регулируемой глубиной захвата** и со встроенными насосами для снятия деталей с усилием до 15 тонн. Они позволяют проводить регулировку глубины захвата для более точного позиционирования съемника относительно снимаемой детали и оснащены штампованными лапами из высокоуглеродистой стали.

### 1.2.4.4 Труборезы и трубогибы

**Труборезы ручные.** Уникальная конструкция позволяет производить резку с минимальным усилием, а малый угол поворота трубореза позволяет производить резку в труднодоступных местах, а также на высоте. Предназначены для резки водогазопроводных труб;

**Разгонщики фланцевых соединений** позволяют отказаться от устаревших методов разгонки фланцевых соединений трубопроводов при замене уплотнительных прокладок, установке заглушек, замене вентилях, клапанов на магистральных газопроводах, теплоцентралях, сантехсистемах.



Они оснащены двумя клиньями, обеспечивающими эффективное и безопасное раздвижение фланцев.

**Гидравлические трубогибы** предназначены для гибки водопроводных труб в холодном состоянии. Они выпускаются в двух исполнениях – с закрытой и открытой рамой и комплектуются набором пуансонов в соответствии с диапазоном гибки труб.

Максимальный угол изгиба  $90^\circ$ . Некоторые модели оснащены для контроля точности гибки угловым индикатором.

**Легкий трубогибочный станок** предназначен для гибки труб различных видов в холодном состоянии.

Выносной электрический насос позволяет проводить серийную гибку с высокой скоростью и минимальными усилиями.

Модели оборудованы размыкаемой рамой облегчающей закладку сгибаемой трубы в трубогиб.

Сменные пуансоны для широкого диапазона диаметров труб обеспечивают сгиб до  $90^\circ$ .

Легкая и мобильная конструкция оборудована роликами для облегчения перемещений.

## **1.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ МОНТАЖЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **1.3.1 Подготовка монтажной площадки**

Комплекс производственных и бытовых зданий с дорогами и коммуникациями называется *монтажной площадкой*. При организации монтажной площадки особое внимание уделяют требованиям безопасности – ограждению опасных зон, освещению монтажной площадки, наличию пожарного инвентаря и аптечек.

К началу монтажных работ должны быть выполнены работы нулевого цикла: подготовка подъездных путей и проездов, изготовление фундаментов, покрытие монтажных площадок сборными железобетонными плитами, обеспечение площадок водопроводом, электроэнергией, канализацией. Организация площадки включает установку бригадных и прорабских домиков, оборудование инструментальных кладовых и ремонтных мастерских с наждачными и сверлильными станками, слесарными верстаками, оборудование площадки укрупнительной сборки и площадки для хранения оборудования.

Рабочие места сварщиков ограждают брезентовой палаткой, которую укрепляют на боковой стенке передвижной сварочной будки, или брезентовыми тентами.

### **1.3.2 Прием, хранение и расконсервация оборудования**

Заказ оборудования по спецификациям, разработанным проектной организацией, контроль за его отгрузкой и доставкой, выгрузка из транспортных средств, доставка на приобъектные склады и хранение в них входит в обязанность заказчика (дирекция строящегося предприятия).

Завод-изготовитель отвечает за комплектность и исправность отгружаемого им оборудования и соответствие последнего заказу и отгрузочным документам. До отгрузки все оборудование должно быть проверено и испытано заводским отделом технического контроля (ОТК); оно должно соответствовать утвержденным техническим условиям (ТУ) и снабжено техническими паспортами и сертификатами (документом, удостоверяющим качество товара). Завод-изготовитель отвечает за работу оборудования в течение гарантийного срока (обычно 12-18 мес. со дня отгрузки). Он обязан исправить дефекты и доукомплектовать оборудование недостающими деталями и механизмами в течение указанного срока.

Монтажная организация отвечает за сохранность оборудования с момента его приемки от заказчика или генерального подрядчика до сдачи смонтированного оборудования заказчику; в остальной период ответственность за оборудование лежит на заказчике.

В случае длительного хранения оборудования на складе заказчик через каждые 9 мес. должен осматривать и реконсервировать основные узлы оборудо-

дования, при этом очищают от коррозии, покрывают незащищенные места антикоррозийными покрытиями.

С момента изготовления до пуска в работу после монтажа оборудование должно пройти следующие стадии осмотра, проверки и приемки-сдачи.

*1-я стадия* – полный технический осмотр и испытание производит заводской ОТК на стенде перед отгрузкой. Результаты испытания заносят в паспорт (сертификат).

*2-я стадия* – наружный осмотр без распаковки, проверку пломб, упаковки и количества мест производит заказчик (грузополучатель) вместе с представителем транспортной организации на станции назначения по прибытии оборудования. В случае обнаружения дефектов или недостачи оформляют коммерческий акт и предъявляют претензию транспортной организации.

*3-я стадия* – общий внешний осмотр производит заказчик вместе с монтажниками на складе хранения (с частичной распаковкой) в 20-дневный срок после получения для проверки комплектности, общего технического состояния оборудования и соответствия проектной и заводской документации. Результаты оформляют актом предварительного осмотра с предъявлением при необходимости рекламаций заводу-отправителю груза.

*4-я стадия* – внешний осмотр оборудования производит монтажная организация совместно с заказчиком и генподрядчиком на складе хранения при приемке оборудования для монтажа с оформлением акта приемки.

*5-я стадия* – полный технический осмотр оборудования производит монтажная организация вместе с заказчиком и генподрядчиком на месте установки оборудования в процессе монтажа. Эта стадия включает распаковку и полную проверку соответствия оборудования ТУ завода-поставщика и паспорту. В случае обнаружения недостатков составляют дефектный акт и предъявляют рекламацию поставщику.

Технологическое оборудование, поступившее на монтажную площадку, осматривают в соответствии с требованиями технических условий заводов-изготовителей и инструкции о хранении оборудования. Оборудование, запломбированное на заводе-изготовителе, разборке не подлежит.

Консервирующую смазку снимают химическим и механическим способами. Так же очищают детали от коррозии.

Мелкие детали обезжиривают на решетках в вентилируемых ваннах, после чего промывают в горячей воде, просушивают и промасливают. Обработанные поверхности крупных деталей обезжиривают паром или керосином, протирают, просушивают воздухом и смазывают маслом. Для выявления пятен коррозии, трещин, забоин, раковин и других видимых дефектов промытые детали просматривают. При наличии коррозии детали очищают керосином с помощью проволочных щеток, лакокрасочные покрытия растворяют смесью 70% толуола и 30% ацетона. Применение механизированной промывки деталей оборудования на монтажной площадке позволяет повысить производительность труда на этой операции в 2-3,5 раза.

При поступлении оборудования с консервационным покрытием в виде краски, для ее снятия применяют ручные машины.

После промывки, а если проводилась ревизия, то по окончании ревизии, выполняют сборку оборудования с целью объединения нескольких узлов в монтажные блоки такой массы, которую возможно транспортировать имеющимися грузоподъемными средствами.

*6-я стадия* – проверка работы смонтированного оборудования рабочей комиссией в процессе приемки-сдачи объекта с оформлением соответствующего акта на пуск оборудования, с высылкой (при необходимости) заводу-поставщику соответствующей выписки из этого акта.

### 1.3.3 Выверка оборудования на фундаменте

Технологическое оборудование устанавливают и выверяют, совмещая оси машин с монтажными осями, закрепленными на фундаментах под оборудование. Оборудование можно устанавливать непосредственно на фундаменте без подливки или с подливкой цементным раствором, на подкладках с последующей подливкой цементным раствором, на металлических плитах или рамах, установленных и выверенных на фундаменте при помощи подкладок, закрепленных фундаментными болтами и залитых цементным раствором. При этом должны быть выдержаны заданные проектом размеры между траекторией движения обрабатываемой продукции и уровнем пола цеха, для чего на планах цехов наносят *основные продольные и поперечные оси машин* и привязывают их к *продольным и поперечным осям колонн зданий цеха*. При выверке технологического оборудования используют *базовые детали машин*.

Базовыми деталями являются крупные, опорные части машин (станины, плиты, рамы, корпуса), располагаемые в первую очередь непосредственно на фундаментах или другие основания (металлоконструкции). Базовые детали устанавливают в проектное положение, выверяя по трем координатам: двум взаимно перпендикулярным осям в плане и по высоте. В каждом агрегате фиксируют две основные оси – *продольную* всего агрегата и *поперечную ось*. К *вспомогательным осям* относят поперечные оси каждой машины, а в крупных машинах, кроме того, оси приводов машины.

Положение базовых деталей в плане проверяют в натуре по осям-ориентирам, выполненным в виде струн, натянутых вдоль монтажных осей агрегата. Положение базовых деталей в вертикальной плоскости регулируют с помощью расположенных между опорными плоскостями базовых деталей и поверхностью фундамента башмаков с клиновыми домкратами с последующим размещением металлических подкладок.

Применяют преимущественно плоские подкладки прямоугольной формы, реже – клиновые с уклоном 1:20. По назначению подкладки делят на *установочные* и *регулирующие*. К первым относят подкладки толщиной 5-100 мм, а ко вторым – толщиной 0,5-5 мм. Подкладки устанавливают с каждой стороны фундаментного болта на возможно близком от него расстоянии (50-100 мм), обеспечивая плотное прилегание их к бетону фундамента.

Нижние опорные подкладки выбирают в зависимости от диаметра и затяжки фундаментных болтов и массы машины. Промежуточные подкладки, необ-

ходимые для обеспечения требуемой высоты машин, принимают по площади на 30-40% меньше опорных. Опытами установлено, что подливка после упрочнения бетона также принимает на себя внешнюю нагрузку.

Подкладки в пакетах должны быть плотно собраны (прихвачены сваркой) и при затянутых болтах не сдвигаться от удара молотком.

При установке машин с помощью клиньев, позволяющих быстрее регулировать выверку их по высоте и в горизонтальной плоскости, клинья закрепляют сваркой после окончательной выверки (рисунок 1.24, а).

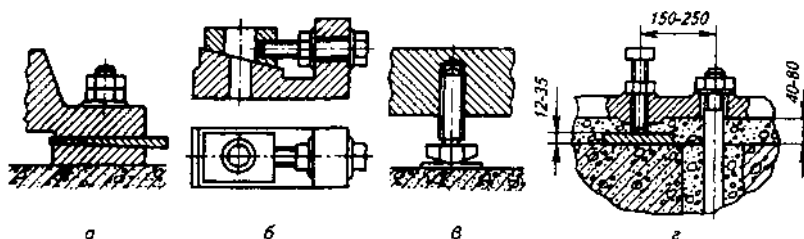


Рисунок 1.24 – Приспособления для выверки расположения машины по высоте

Станины крупного оборудования, требующего периодической регулировки положения в процессе эксплуатации, устанавливают на башмаках с клиновыми домкратами (рисунок 1.24, б), на винтах, опирающихся на молотообразные головки (рисунок 1.24, в), или на подкладках (рисунок 1.24, г).

Быстроходные машины устанавливают на монолитных подкладках, изготовленных по временным подкладкам с точностью до 0,05 мм, и надежно закрепляют.

После выверки координат в плане, базовые детали выверяют по высоте, оставляя припуск 1-2 мм на усадку пакета подкладок, делают предварительную затяжку фундаментных болтов, проводят вторичную проверку, включая проверку на горизонтальность с помощью контрольной линейки и уровня, и окончательно затягивают фундаментные болты. Качество затяжки определяют при помощи щупа толщиной 0,05 мм, который не должен проходить на глубину более 5 мм в стыки между гайкой и шайбой и между шайбой и базовой деталью, а в особых случаях измеряют удлинение болта.

Подливку детали делают с одной стороны бетонным раствором на быстрохватывающемся цементе марки не ниже 150 без перерыва не позднее, чем через 48 ч после установки детали. Монтаж прерывают до схватывания бетона (обычно на 72 ч).

### 1.3.4 Крепление оборудования

Оборудование к фундаментам крепят фундаментными болтами из высокопрочной стали. Болты делят на глухие, закладные и съемные. Применяют болты диаметром 12; 20; 24; 30; 36; 42 мм, длина болтов от 20 до 40 диаметров болта. Оси болтов привязывают к основным осям оборудования.

*Глухие заливные болты*, используемые преимущественно для крепления легких и средних машин, изготавливают диаметром до 42 мм. Их заделывают наглухо в процессе бетонирования фундамента (рисунок 1.25, *а*), поэтому устанавливают до бетонирования с высокой точностью: болты диаметром до 24 мм устанавливают по шаблонам, диаметром 24 мм и выше – по специальным стальным *кондукторам*, фиксирующим положение болтов как в плане, так и по высоте. Кондукторы состоят из стоек, горизонтальных элементов (отрезков швеллеров или стальных листов с рассверленными в них отверстиями) и связей. Болты подвешивают к кондукторам при помощи гаек и шайб, выверяют по чертежам, фиксируют и вторично выверяют положение болтов.

Чертежи кондукторов входят в состав рабочих чертежей фундаментов. Их разрабатывает проектная организация, ведущая проектирование цеха. Кондукторы и фундаментные болты устанавливают с участием монтажной организации.

*Закладные болты* располагают в специально оставляемые в теле фундаментов колодцы. Затем колодцы заливают бетоном марки не ниже 150.

*Съемные фундаментные болты*, применяемые для крепления тяжелого оборудования, устанавливают в процессе монтажа оборудования в специально предусмотренные для них колодцы и закрепляют в анкерных плитах. Колодцы после закрепления болтов закрывают крышками. Эти болты (рисунок 1.25, *б*) имеют преимущества по сравнению с заливными: их можно смещать при установке машины, т.е. ориентировать относительно отверстия в станине машины, а также опускать при перемещении машины по фундаменту в процессе монтажа и демонтажа; они лучше воспринимают толчки и удары, частично смягчают их

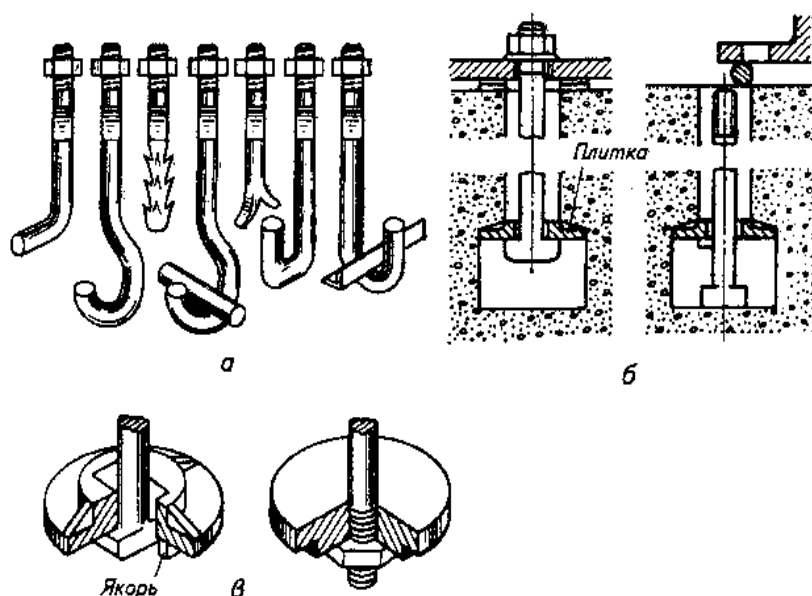


Рисунок 1.25 – Фундаментные болты:

*а* – заливной; *б* – фундаментный; *в* – варианты крепления нижнего конца фундаментного болта

и в ослабленном виде передают на фундамент.

Чаще всего используют фундаментные болты с молоткообразной или нарезной головкой (рисунок 1.25, в). Болт опускают головкой в прорезь плиты и поворачивают до упора в специальные приливы в плите.

При холостом и рабочем опробовании машин ослабевшие болты подтягивают.

Новым видом крепления является крепление с применением *фундамент-*

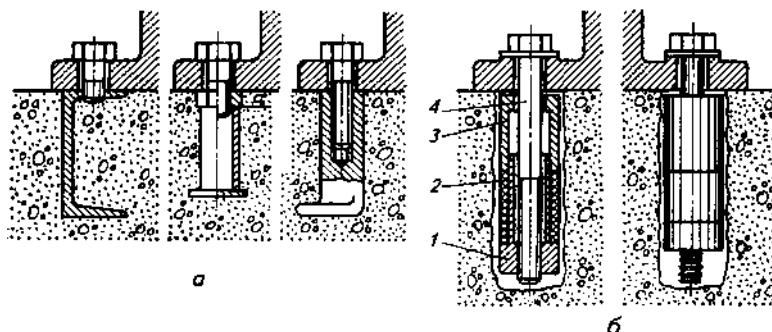


Рисунок 1.26 – Новые виды креплений:

*а* – фундаментные гайки; *б* – разжимная резиновая втулка: 1 – хвостовая часть; 2 – резиновая втулка; 3 – нажимная втулка; 4 – болт

*ных гаек* (рисунок 1.26, *а*), которые более дешевы, чем заливные болты, позволяют легко перемещать оборудование, по цеху. Все гайки заделывают в фундамент заподлицо.

В некоторых случаях машины закрепляют винтами с резиновой втулкой (рисунок 1.26, *б*). Собранный крепеж вставляют в отверстие фундамента. При завинчивании болта резиновая втулка сжимается по длине и расширяется в стороны, плотно прилегая к стенкам отверстия и закрепляясь в нем. При отвинчивании болта резиновая втулка разжимается и все крепление можно вынуть из фундамента. Данный способ не требует заделки фундаментных гаек, достаточно просверлить бетон.

### 1.3.5 Виброизоляция оборудования

Фундамент работающей машины передает колебания от оборудования в толщу грунтов. Для уменьшения вибраций проектируемого фундамента и их воздействия на соседние сооружения и установки машины рационально размещают в помещении. Целесообразно предварительно уплотнить и укрепить грунты. В необходимых случаях используют различные средства для гашения колебаний и их амортизации.

Колебания фундамента гасят, присоединяя к нему некоторую массу, например консольные увеличения фундамента, устроенные у его подошвы. Для гашения горизонтальных колебаний эффективно использовать плиту, уложенную на поверхности грунта и соединенную с вибрирующим фундаментом гибкой связью. В некоторых случаях для удобства присоединяемую к фундаменту плиту выносят за пределы стен здания. Иногда применяют динамические гаси-

тели в виде массы, присоединенной к фундаменту пружинами. Динамические гасители требуют специального расчета и настройки при монтаже.

Для уменьшения динамического воздействия машины на фундамент применяют амортизаторы, что обосновывают динамическим расчетом. При этом выявляют условия режима, обеспечивающие минимальную частоту и амплитуду колебаний оборудования и его фундамента. Если эти условия окажутся нарушенными, то амортизатор из глушителя колебаний становится резонатором и колебания фундамента значительно усилятся.

Прогрессивным способом установки технологического оборудования является установка без фундаментов и заливки цементом – с помощью специальных упругих опор. Такой способ имеет следующие преимущества: сокращает продолжительность монтажа машин до 80%; упрощает и ускоряет перестановку оборудования при перестройке технологических процессов и при переходе на производство новых изделий; существенно снижает шум и запыленность воздуха в цехах.

Виброопоры можно классифицировать по типу упругого элемента: резиновые, резинометаллические, цельнометаллические, виброизоляционные опоры из фетра и пробки.

**Резиновые опоры.** Для виброизолирующих опор используют натуральную и синтетическую резину. Натуральная резина имеет хорошие низкотемпературные свойства, однако быстро теряет прочность при температуре более 65°C, разрушается под действием масел, под действием солнечного света уменьшается прочность. Поэтому широкое применение получили синтетические, особенно силиконовые резины (они выдерживают температуру от -55° до 200°C).

При использовании резины в опорах для установки оборудования важными свойствами являются старение и ползучесть. Старение заключается в том, что в готовом резиновом изделии продолжают вулканизационные процессы, из-за чего твердость резины постепенно повышается. Ползучесть резины заключается в том, что при воздействии на нее длительной статической нагрузки происходит непрерывное увеличение деформации, т.е. резина «ползет».

Одним из важнейших качеств виброизолятора является демпфирование. Оно зависит от твердости резины, формы упругого элемента и от вида деформации. Так, например, виброизоляция в горизонтальных направлениях для резиновых блоков более эффективна, так как модуль упругости резины на сдвиг в 3-6 раз меньше модуля упругости на сжатие (в зависимости от конфигурации резинового блока).

Наиболее простыми видами опор, в которых резина работает на сжатие, являются подкладки и ковры. Их преимущество заключается в том, что под оборудование оперативно ставят пластину соответствующей площади, что по сравнению с другими видами виброопор намного дешевле. Однако при использовании подкладок и ковров к качеству пола предъявляют очень высокие требования, так как выверка оборудования по высоте при такой установке затруднена.

Наиболее простыми являются гладкие сплошные резиновые подкладки. Из-за большой жесткости их используют только при изоляции шумов и высо-



кочастотных колебаний. Для тяжелого оборудования применяют ковры и подкладки из сплошной резины с рифленой поверхностью (рисунок 1.27, *a*). Для виброизоляции очень больших ударных нагрузок, высокочастотных вибраций и шумов используют тканевые подкладки, пропитанные специальными синте-

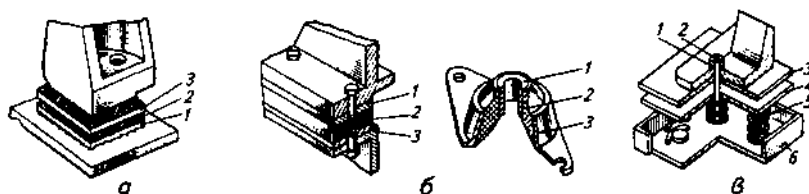


Рисунок 1.27 – Виброзащитные устройства:

*a* – установка машин на упругих подкладках: 1, 3 – виброустойчивые подкладки; 2 – вулканизированная резина; *б* – трехслойные подкладки: 1, 3 – металлические детали (кольца, пластины); 2 – вулканизированная резина; *в* – пружинные амортизаторы: 1 – винт с правой и левой резьбой; 2 – гайка; 3, 4 – пластины; 5 – пружины; 6 – основание

тетическими резинами.

**Резинометаллические опоры.** Кроме резиновых подкладок и ковров часто применяют резинометаллические опоры, в которых резиновый упругий элемент скреплен с металлической арматурой. Преимущества этих опор следующие: их можно надежно прикреплять как к машине, так и к опорной поверхности для исключения смещения машины при сильных вибрациях и ударах; с (помощью арматуры можно защитить резиновый элемент от попадания масла, растворителей, агрессивных жидкостей, солнечного света, что увеличивает срок их службы; возможность регулировки устанавливаемой машины по высоте.

Различные резинометаллические виброопоры показаны на рисунке 1.27, *б*. Резинометаллические виброопоры работают на сжатие, так как при растяжении трудно обеспечить надежные условия закрепления из-за опасности разрыва резины при наличии даже небольших поверхностных повреждений.

**Цельнометаллические опоры.** Цельнометаллические виброопоры имеют ряд преимуществ перед резинометаллическими: позволяют получать очень большие деформации и, следовательно, низкие собственные частоты колебаний; могут работать в широком диапазоне температур (практически без изменения характеристик); их деформация мало увеличивается со временем при постоянно прилагаемой номинальной нагрузке; упругие характеристики их можно точно рассчитать; стоимость их ниже, чем резинометаллических.

Существенным недостатком цельнометаллических виброопор является то, что они хорошо передают колебания высоких частот (звук) и требуют в ряде случаев дополнительно вводить какой-либо звукоизолирующий элемент.

Цельнометаллические виброопоры классифицируют по форме упругого элемента на три группы: опоры со спиральными пружинами, с листовыми пружинами (рессоры) и из объемной металлической сетки.

В спиральной пружине демпфирование весьма мало, поэтому в ней могут возбуждаться высокочастотные колебания. В опоры со спиральными пружинами обычно вводят демпферы и звукоизолирующие наполнители.

На рисунке 1.27, в показана опора, демпфирование в которой осуществляется вязкой жидкостью (битумной массой), причем степень демпфирования может регулироваться вязкостью жидкости и площадью движущихся в жидкости деталей.

Рессоры позволяют получить значительные деформации при весьма больших допускаемых нагрузках. Демпфирование в них происходит из-за трения между листами и сравнительно велико. Рессоры имеют большую податливость только в одном направлении. Поэтому их применяют только для виброизоляции в вертикальном направлении.

Опоры из объемной металлической сетки разработаны сравнительно недавно и представляют «подушки», сплетенные из тонкой холоднотянутой хромоникелевой проволоки, обжатой в пресс-форме до нужного размера и формы.

Металлические плетеные упругие элементы имеют большие преимущества перед другими материалами: могут одинаково эффективно осуществлять виброизоляцию во всех трех направлениях, динамические перегрузки для них могут превышать допускаемые статические в 8-10 раз; комбинированные плетеные элементы имеют хорошие звукоизоляционные качества.

**Виброизоляционные опоры из фетра и пробки.** Фетровые маты толщиной 6-70 мм делают при сжимающей нагрузке из различных сортов шерстяного фетра. Фетр нечувствителен к действию масел, консистентных смазок, органических растворителей, холода, влажности, озона, солнечного и ультрафиолетового света.

Шерсть, из которой изготовлен фетр, содержит в себе маслянистые вещества (ланолин). Поэтому при относительном движении волокон при колебаниях возникает значительное демпфирование. Фетровые маты преимущественно используют для звукоизоляции небольших и средних машин.

Ячеистая структура виброизоляционных опор из пробки обеспечивает очень высокое демпфирование при подавлении высокочастотных вибраций и шумов.

В тех случаях, когда в виброопорах нужно сочетать высокие эластичные свойства одних материалов и большие значения демпфирования других материалов, применяют комбинированные подкладки для виброопор. Для виброизоляции тяжелых машин и строительных конструкций используют свинцово-асбестовые подкладки.

### 1.3.6 Расчет фундаментной площадки

#### 1.3.6.1 Статический расчет фундаментной площадки

Вначале производится проверочный расчет удельной нагрузки на перекрытие [3]  $P_1$ , Па:

$$P_1 = \frac{(G_M + G_{III})}{\alpha \cdot F} \leq [R_n] \quad (1.1)$$

где  $G_M$  – вес машины в рабочем состоянии (при заполнении продуктом), Н;

$G_{III}$  – вес площадки, Н;

$\alpha$  – коэффициент уменьшения динамичности,  $\alpha = 0,8$ ;

$F$  – площадь подошвы площадки,  $m^2$ ;

$[R_n]$  – допускаемое давление на перекрытие, Па (для предприятий пищевой промышленности  $[R_n] = 15000$  Па).

Вес машины в рабочем состоянии  $G_M$ , Н, определяем по формуле [3]:

$$G_M = M_M \cdot g, \quad (1.2)$$

где  $M_M$  – масса машины в рабочем состоянии, кг (например,  $M_M = 358,6$  кг);

$g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$  ( $9,81$   $m/c^2$ ).

Для примера имеем:

$$G_M = 358,6 \cdot 9,81 = 3517,87 \text{ Н.}$$

Площадь подошвы площадки  $F$ ,  $m^2$ , определяем по формуле [3]:

$$F = (a + 2\Delta) \cdot (b + 2\Delta), \quad (1.3)$$

где  $a$  и  $b$  – расстояния между осями фундаментных болтов, м;

$\Delta$  – припуск, м. Для примера примем  $a = 1,327$  м,  $b = 0,394$  м и  $\Delta = 0,15$  м, тогда

$$F = (1,327 + 2 \cdot 0,15) \cdot (0,394 + 2 \cdot 0,15) = 1,13 \text{ м}^2.$$

Вес фундаментной площадки  $G_{III}$ , Н, определяем по формуле [3]:

$$G_{III} = V \cdot \gamma, \quad (1.4)$$

где  $V$  – объем площадки,  $m^3$ ;

$\gamma$  – удельный вес материала,  $H/m^3$  (для бетона  $\gamma = 20000$   $H/m^3$ ).

Объем площадки  $V$ ,  $m^3$ , определяем по формуле [3]:

$$V = F \cdot h, \quad (1.5)$$

где  $h$  – высота площадки, м (для примера примем  $h = 0,15$  м), тогда

$$V = 1,13 \cdot 0,15 = 0,1695 \text{ м}^3,$$

$$G_{III} = 0,1695 \cdot 20000 = 3390 \text{ Н.}$$

Проверка условия (1):

$$P_1 = \frac{(3517,87 + 3390)}{0,8 \cdot 1,13} = 7641,45 \text{ Па} < 15000 \text{ Па.}$$

Условие выполнено.

### 1.3.6.2 Динамический расчет фундаментной площадки

Определяем фактическое давление на грунт [3]  $P_d$ , Па, при наличии динамической составляющей по формуле:

$$P_{\text{д}} = \frac{(G_M + G_{\text{III}} + P_Z)}{\alpha \cdot F} \leq [R_n], \quad (1.6)$$

где  $P_Z$  – вертикальная составляющая неуравновешенных сил инерции, Н, в случае проектных расчетов  $P_Z = G_M = 3517,87$  Н, тогда для нашего примера

$$P_{\text{д}} = \frac{(3517,87 + 3390 + 3517,87)}{0,8 \cdot 1,13} = 11532,7 \text{ Па} < 15000 \text{ Па}.$$

Условие (6) выполнено.

### 1.3.6.3 Расчет параметров вынужденных вертикальных колебаний

Определяем амплитуду вынужденных вертикальных колебаний  $A_Z$ , м, которая должна удовлетворять условию [3]:

$$A_Z = k \frac{P_Z}{G_O \cdot (N_Z - n^2)} \leq [A_Z], \quad (1.7)$$

где  $k$  – коэффициент (принимаем  $k = 90$  м/мин<sup>2</sup>);

$G_O$  – вес фундаментной площадки и машины, Н;

$N_Z$  – частота вертикальных колебаний, мин<sup>-1</sup>;

$n$  – частота вращения рабочего органа, об/мин (примем  $n = 56,16$  об/мин);

$[A_Z]$  – допускаемая амплитуда вертикальных колебаний, м ( $[A_Z] = 0,0002$  м).

Вес фундаментной площадки и машины  $G_O$ , Н, определяем по формуле [3]:

$$G_O = G_M + G_{\text{III}} = 3517,87 + 3390 = 6907,87. \quad (1.8)$$

Частоту вертикальных колебаний  $N_Z$ , мин<sup>-1</sup>, определяем по формуле:

$$N_Z = k_1 \sqrt{c_Z \cdot \frac{F}{G_O}}, \quad (1.9)$$

где  $k_1$  – коэффициент ( $k_1 = 9,55$  мин<sup>-1</sup>);

$c_Z$  – коэффициент упругости грунта, Н/м<sup>2</sup>.

Коэффициент упругости грунта  $c_Z$ , Н/м<sup>2</sup>, для нашего примера определяем по формуле [3]:

$$c_Z = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{F}} = \frac{3,2 \cdot 10^4}{\sqrt{1,13}} = 30103, \quad (1.10)$$

тогда

$$N_Z = 9,55 \sqrt{\frac{30103 \cdot 1,13}{6907,87}} = 21,19 \text{ мин}^{-1},$$

$$A_Z = 90 \frac{3517,87}{6907,87 \cdot (21,19 - 56,16^2)} = -0,014 \text{ м} < 0,0002 \text{ м}.$$

Условие (1.7) выполнено.

### 1.3.6.4 Расчет параметров вынужденных горизонтальных колебаний

Определяем амплитуду вынужденных горизонтальных колебаний  $A_x$ , м, которая должна удовлетворять условию [3]:

$$A_x = k \frac{P_x}{G_o \cdot (N_x^2 - n^2)} \leq [A_x], \quad (1.11)$$

где  $P_x$  – горизонтальная составляющая неуравновешенных сил инерции, Н, (в нашем случае  $P_x = P_z = 3517,87$  Н);

$N_x$  – частота горизонтальных колебаний, мин<sup>-1</sup>;

$[A_x]$  – допускаемая амплитуда горизонтальных колебаний, м ( $[A_x] = 0,0002$  м).

Частоту горизонтальных колебаний  $N_x$ , мин<sup>-1</sup>, определяем по формуле [3]:

$$N_x = k_1 \sqrt{c_x \cdot \frac{F}{G_o}}, \quad (1.12)$$

где  $c_x$  – коэффициент упругости грунта при сдвиговых смещениях, Н/м<sup>2</sup>.

Коэффициент упругости грунта при сдвиговых смещениях, Н/м<sup>2</sup>, для нашего примера определяем по формуле [3]:

$$c_x = 0,5 \cdot c_z = 0,5 \cdot 30103 = 15051,5, \quad (1.13)$$

тогда

$$N_x = 9,55 \sqrt{\frac{15051,5 \cdot 1,13}{6907,87}} = 14,99 \text{ мин}^{-1},$$

$$A_x = 90 \frac{3517,87}{6907,87 \cdot (14,99^2 - 56,16^2)} = -0,016 \text{ м} < 0,0002 \text{ м}.$$

Условие (1.11) выполнено.

### 1.3.6.5 Проверка системы «фундамент – машина» на резонанс

При проверке на резонанс находят отношение вынужденных и собственных колебаний системы «фундамент – машина», которое не должно лежать в пределах [3]:

для вертикальных колебаний  $0,7 \leq \frac{n}{N_z} \leq 1,3$ ;

для горизонтальных колебаний  $0,7 \leq \frac{n}{N_x} \leq 1,3$ .

$$\frac{n}{N_z} = \frac{56,16}{21,19} = 2,65; \quad \frac{n}{N_x} = \frac{56,16}{14,99} = 3,75.$$

Таким образом расчет показал, что система «фундамент – машина» не работает в зоне резонанса.

## 1.4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ МОНТАЖЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 1.4.1 Монтаж трубопроводов [1, 2]

Различные вещества (газ, пар, жидкость) перемещаются по трубопроводам как под давлением, так и без давления. Если они передаются под давлением, трубопроводы называются *напорными*, если без давления, – *безнапорными* (подача жидкостей самотеком). Напорные трубопроводы делятся на 4 категории в зависимости от величины давления, температуры и среды.

Стальные трубы по способу изготовления могут быть *цельнотянутыми* (без шва), *сварными* или *катаными* (со швом). Цельнотянутые трубы изготавливают из нержавеющей, легированных и жароупорных сталей. Цельнотянутые трубы применяют для особо ответственных участков: в паровых магистралях высокого давления и в холодильных установках.

На трубопроводы, по которым транспортируются вязкие и загустевающие среды, устанавливают плавные угловые повороты. Так, для передувочных трубопроводов необходимо использовать гнутые (без складок) отводы с радиусом закругления, равным 4-6 диаметрам трубы.

При монтаже трубопроводов большое значение имеет соблюдение предусмотренных проектом уклонов, зависящих от транспортируемой среды.

Трубы соединяют между собой и с арматурой. Трубные соединения можно разделить на неразъемные и разъемные. К первым относятся соединения сваркой, пайкой и склеиванием, ко вторым – резьбовые и фланцевые. Промежуточное положение занимает раструбное соединение, которое может быть разобрано только путем разрушения элементов, заполняющих раструб. Различные соединения трубопроводов представлены на рисунке 1.28.

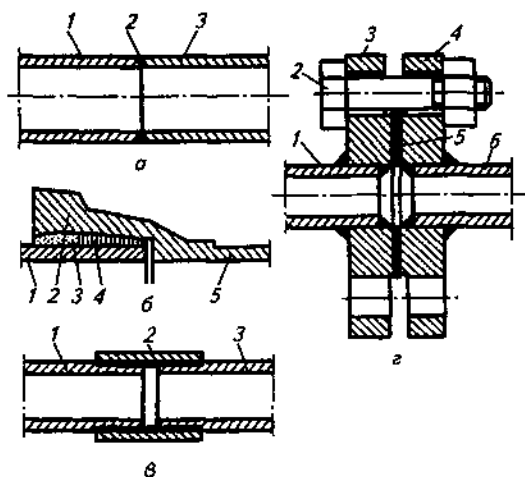


Рисунок 1.28 – Соединения трубопроводов:

- a* – сварной встык: 1, 3 – трубы; 2 – сварка; *б* – раструбное соединение чугунных водопроводных труб: 1, 5 – трубы; 2 – раструб; 3 – цемент; 4 – пенька; *в* – резьбовое: 1, 3 – трубы; 2 – муфта; *г* – фланцевое: 1, 6 – трубы; 2 – болт; 3, 4 – фланцы; 5 – прокладка

**Крепление трубопроводов.** Опоры и приспособления для крепления трубопроводов должны быть выполнены с соблюдением следующих условий:

- подвески и кронштейны должны опираться непосредственно на кирпичную кладку или бетон, а не на штукатурку;
- установку кронштейнов выверяют по уровню;
- тяги подвесок трубопроводов, не имеющих перемещений под воздействием тепла, необходимо устанавливать отвесно, а имеющих перемещения – с наклоном;
- хомуты неподвижных опор должны плотно прилегать к трубе;
- подвижная опора под действием тепловых напряжений должна свободно перемещаться вместе с трубой;
- сварные стыки и фланцевые соединения не должны находиться под опорами или над ними.

Расстояние между опорами трубопроводов определяют по формуле

$$L = \sqrt{12\sigma_{II}W/(100S)}, \quad (1.14)$$

где  $L$  – длина пролета, м;  $\sigma_{II}$  – допустимое напряжение на изгиб, Па;  $W$  – момент сопротивления прокладываемой трубы, м<sup>3</sup>;  $S$  – сила тяжести 1 м трубопровода, наполненного водой и покрытого изоляцией, Н/м.

Примеры крепления трубопроводов показаны на рисунке 1.29.

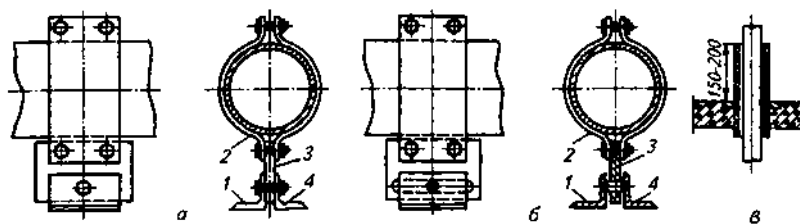


Рисунок 1.29 – Конструкции опор трубопроводов:

*а* – неподвижная; *б* – подвижная; *в* – гильза; 1, 4 – опорные уголки; 2 – хомут; 3 – башмак

**Монтаж запорной арматуры, контрольно-измерительных и регулирующих приборов.** Запорная арматура, контрольно-измерительные и регулирующие приборы предназначены для включения и отключения, регулирования и контролирования параметров как системы трубопроводов в целом, так и отдельных ее участков. Запорную арматуру, контрольно-измерительные и регулирующие приборы монтируют в местах, указанных в проекте, при выполнении следующих условий: удобства пользования и технического обслуживания около рабочих мест обслуживающего персонала; обеспечение надежности и правильности в работе и оформление с точки зрения промышленной эстетики. Арматуру и контрольно-измерительные приборы устанавливают в соответствии с их техническими данными, например, задвижку, предназначенную для водяных линий, нельзя ставить на паровые линии.

Приборы с круглыми шкалами при расстоянии от рабочего места до приборов до 2 м устанавливают с диаметром шкалы не менее 100 мм, при расстоянии 2-5 м – не менее 160 мм, при расстоянии более 5 м – не менее 250 мм. При-

боры должны быть хорошо освещены, расположены строго вертикально или с наклоном на 30° вперед, иметь четкую шкалу с отметками в виде рисок (обычно красного цвета) предельно допустимого давления или температуры. Высота установки приборов 0,6-1,5 м. Если приборы и арматура установлены высоко, монтируют специальные площадки с лестницами для их обслуживания.

**Монтаж на трубопроводах термокомпенсаторов.** Все трубопроводы подвержены температурным колебаниям в зависимости от времени года, температуры транспортируемой среды и состояния изоляции. При повышении или понижении температуры трубопровода, не закрепленного жестко в опорах, он претерпевает изменения длины и имеет возможность перемещаться.

При монтаже паропроводов, конденсаторов и трубопроводов для горячей воды, которые под воздействием температуры расширяются, ставят специальные компенсаторы, воспринимающие удлинение трубопроводов, вызванное большой разностью температур (на участке трубопровода длиной 1 м удлинение при изменении температуры составляет 1,2 мм на каждые 100°С). Устанавливают сальниковые, линзовые, лирообразные и П-образные компенсаторы.

**Испытания смонтированных трубопроводов.** После окончания монтажа линий или участка технологического производства (установки постоянных опор и подвесок, монтажа арматуры, производства врезок для подсоединения контрольно-измерительных приборов, а также выполнения продувок спускных линий) производят наружный осмотр их, испытание на прочность и плотность, промывку или продувку (при наличии указания в проекте), а в некоторых случаях – дополнительное пневматическое испытание на плотность с определением падения давления за время испытаний. Трубопроводы 1, 2 и 3-й категорий регистрирует и освидетельствует инспекция Госгортехнадзора [согласно СНиП трубопроводы делят на пять групп (А, Б, В, Г, Д), а внутри каждой группы классифицируют на пять категорий]. Гидравлическое испытание трубопроводов на прочность и плотность производят одновременно. Давление при испытании должно быть равно 1,25 максимального рабочего давления, но не менее 20 Па для стальных, чугунных, винипластовых, полиэтиленовых и стеклянных трубопроводов, 10 Па для трубопроводов из цветных металлов и сплавов, 5 Па для фаолитовых трубопроводов.

В высших и низших уровнях испытываемого трубопровода должны быть установлены вентили для выпуска воздуха и слива жидкости. Воду заливают в трубопровод из водопровода или насосом, при этом создаваемый напор (с учетом высоты подачи) не должен превышать давления испытания.

Испытываемый трубопровод присоединяют к гидравлическому прессу, насосу или сети, создающим необходимое давление, через два запорных вентиля. После достижения определенного давления трубопровод отключают от пресса, насоса или сети. Давление, при котором испытывают трубопровод, должно быть выдержано в течение 5 мин, после чего его снижают до рабочего. При этом давлении осматривают трубопровод. Стеклянные трубопроводы выдерживают под давлением в течение 20 мин.

Сварные швы стальных трубопроводов при осмотре обстукивают молотком не более 1,5 кг, трубопроводы из цветных металлов и сплавов – деревян-



ным молотком массой не более 0,8 кг. Трубопроводы из других материалов обстукивать не разрешается. Патрубки для выхода воздуха после проведения испытания должны быть открыты и трубопровод полностью освобожден от воды.

Результаты гидравлического испытания признаются удовлетворительными, если во время испытания не произошло падения давления, а в сварных швах, фланцевых соединениях и сальниках не обнаружены течь и отпотевание.

**Тепловая изоляция трубопроводов.** Покрытие трубопровода тепловой изоляцией преследует следующие цели:

- предохранить водяной пар, протекающий по трубопроводу, от конденсации (конденсация снижает теплосодержание пара, т.е. является чистой потерей; кроме того, конденсат, подхваченный проходящим по трубопроводу с большой скоростью паром, может вызвать гидравлический удар);

- сократить потери тепла протекающего по трубопроводу продукта или сохранить его температуру, необходимую для проведения технологического процесса, предупредить застывание продукта в трубопроводе при охлаждении, не допустить замерзания воды;

- устранить конденсацию содержащихся в воздухе водяных паров на холодных стенках трубопроводов, проходящих в теплом помещении (например, на водопроводных трубах);

- предохранить помещение от нагрева, а обслуживающий персонал – от ожогов.

Толщина изоляционного слоя зависит от диаметра трубы и разности температур окружающей среды и теплоносителя (таблица 1.3).

Таблица 1.3

Разность температур, °С	Толщина изоляционного слоя (в мм) при наружном диаметре труб, мм							
	18-33	35-63	70-83	89-121	18-33	35-63	70-83	89-121
	Асбозурит				Шлаковая вата			
50	15	15	25	25	20	20	20	20
100	25	45	50	60	20	20	20	20
150	35	70	85	90	20	20	20	20

**Окраска трубопроводов в условные цвета.** Все трубопроводы, за исключением стеклянных, керамических и фарфоровых, по окончании монтажа и испытания окрашивают масляной или другой стойкой краской. Трубопроводы, покрытые изоляцией, могут окрашиваться клеевой краской.

Цель окраски заключается не только в защите труб от атмосферной коррозии и в придании им опрятного вида. Цвет трубопровода зависит от того, для транспортировки каких сред он предназначен (окраска регламентирована инструкциями).

Отличительные знаки и цвета окраски, приводимые в правилах безопасности для взрывоопасных химических производств, указаны ниже.

Азот	Черный с коричневыми полосами
Аммиак	Желтый
Вакуум	Белый с желтыми полосами
Вода горячая	Зеленый с красными полосами
Вода обратная (условно-чистая)	Зеленый с коричневыми полосами
Вода питьевая (хозяйственная)	Зеленый без полос
Вода производственная	Черный без полос
Воздух сжатый	Синий
Канализация	Черный с желтыми полосами
Кислоты крепкие	Красный с белыми полосами
Кислоты разбавленные	Красный с двумя белыми полосами
Конденсат водяного пара	Зеленый с синими полосами
Пар насыщенный	Красный с желтыми полосами
Пожарный водопровод	Оранжевый без полос
Рассол прямой	Темно-коричневый с черными полосами
Рассол обратный	Темно-красный с желтыми полосами
Щелочи крепкие	Вишневый без полос
Щелочи разбавленные	Вишневый с белыми полосами

#### 1.4.2 Монтаж воздухопроводов [1, 2]

При монтаже воздухопроводов необходимо соблюдать следующую последовательность операций: устанавливают подвески и опоры; поднимают узлы воздухопроводов, состоящие из 2-3 звеньев с предварительной фиксацией на проектную отметку; выверяют воздухопроводы по фланцам с выправлением прогибов, при этом фланцы окончательно скрепляют между собой, а трубы крепят к подвескам при помощи хомутов; устанавливают задвижки, люки, дроссель – клапаны и другие детали, предусмотренные проектом.

Подвески для воздухопроводов в основном изготавливают из круглой стали диаметром 10-20 мм (в зависимости от размеров воздуховода). Один конец подвески заделывают в перекрытие, другой крепят непосредственно за стягивающий болт хомута стыковых фланцев. Опоры для воздухопроводов укрепляют в стенах и колоннах хомутами. Расстояние между подвесками или опорами горизонтальных участков воздухопроводов должно быть не более 3-4 м. Вертикальные воздухопроводы в зависимости от их диаметра крепят одинарными или двойными хомутами через каждые 3-4 м.

Во фланцах, соединяющих всасывающий и нагнетающий воздуховоды с вентилятором, устанавливают прокладку из технического войлока, во всех остальных соединениях воздуховодов между фланцами располагают картонные прокладки. Задвижки, люки, дроссель – клапаны и другие детали устанавливают в последнюю очередь. Их располагают в местах, удобных для обслуживания. По окончании монтажа воздуховодов фланцевые стыки промазывают суриковой замазкой.

Испытание, регулирование и паспортизацию аспирационных и вентиляторных сетей производят перед сдачей в эксплуатацию в соответствии с расчетными данными проекта.

Смонтированные воздуховоды должны отвечать следующим техническим условиям: у всех труб и деталей ровные и плотные швы, соединенные в замок с завалкой нижней части шва; швы воздуховодов, идущих под перекрытием, направлены к потолку; швы у труб стояка расположены в одну линию; вибрация воздуховода при работе аспирации не выходит за пределы  $\pm 2$  мм (в случае большой вибрации делаются дополнительные крепления); регулирующие устройства воздуховодов должны легко открываться и плотно закрываться.

## 1.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

### 1.5.1 Монтаж электропроводки [1, 2]

На каждое предприятие пищевой промышленности разрабатывают проектно-сметную документацию, включая сети электроснабжения, силовое и осветительное оборудование, автоматику и связь. Электротехническая часть проекта содержит комплект рабочих чертежей для монтажа внешних и внутренних электросетей, подстанций и других устройств электроснабжения. Рабочие чертежи комплектуют по их назначению: для заготовительных работ, т.е. для заказа устройств и конструкций на заводах или изготовления их в мастерских электромонтажных заготовок, и для монтажа оборудования и сетей.

Трассы прокладки электрических сетей и места установки электрооборудования увязывают с трассами прокладки других технологических и инженерных сетей и с установкой другого оборудования.

Разрабатывают принципиальные и расчетные схемы силового и осветительного оборудования, а при необходимости также чертежи разрезов и узлов прокладки силовых и осветительных сетей и оборудования, чертежи нетиповых конструкций и узлов.

Заказчик передает монтажной организации поступающие с оборудованием установочные и сборочные чертежи, схемы и инструкции по монтажу. Техническую документацию, поступающую на иностранном языке, передает монтажной и наладочной организациям переведенной на русский язык.

Техническая документация включает схематическое изображение электропроводки.

*Электропроводкой* называется совокупность изолированных проводов и небронированных кабелей с резиновой изоляцией (например, типы СРГ, ВРГ) мелких сечений (до 16 мм<sup>2</sup>) с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями. По способу выполнения электропроводки могут быть *скрытыми* (проложенными в стенах, полах и других конструктивных элементах зданий) и *открытыми* (проложенными на поверхности стен и потолков, по фермам).

Открытые электропроводки могут быть *стационарными*, *передвижными* и *переносными*, а также *внутренними* и *наружными*. Последние устанавливают по наружным стенам зданий и сооружений, между ними, под навесами, а также на опорах с 3-4 пролетами расстоянием до 25 м.

*Кабельной линией* называется линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких кабелей с муфтами и концевыми заделками.

Открытые беструбные проводки менее трудоемки и более экономичны по стоимости по сравнению со скрытыми электропроводками и проводками в трубах. Они представляют собой изолированные и защищенные провода и небронированные кабели с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией.

Открытую беструбную прокладку можно выполнить различными способами: непосредственно по строительным основаниям с креплением металли-

ческими или пластмассовыми скобами; на проложенных по строительным основаниям металлических полосах, лентах и скобах; на приклеенных к строительному основанию держателях; на лотках и коробах. Первый способ наиболее трудоемок, так как установка креплений на строительных основаниях требует значительных затрат. При прокладке проводов и кабелей по готовой трассе их крепят на полосах и лентах бандажными полосками с пряжками (рисунок 1.30) или пластмассовыми полосками с пряжками и перфорированными лентами с кнопками к заранее установленному закрепу (рисунок 1.30, *г*), а также бандажными полосками к держателям, прикрепленным к строительному основанию. Под металлические полоски и скобы подкладывают эластичные прокладки, которые должны выступать из-под них не менее чем на 1 мм с каждой стороны. После прокладки и закрепления проводов кабелей на трассе производят соответствующую разделку и присоединение к электроприемникам.

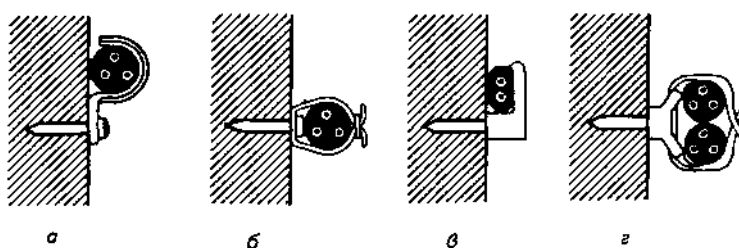


Рисунок 1.30 – Крепление защищенных проводов и кабелей на бетонных и кирпичных основаниях:

*а* – стальной скобой; *б* – полоской – пряжкой; *в* – пластмассовой скобой; *г* – двух кабелей полоской – пряжкой на закрепе

В случае большого количества проводов и кабелей, идущих в одном направлении, производят крепление на лотках. При вертикальной установке их жестко закрепляют на лотках по всей трассе через 500-700 мм. Если же лотки устанавливают горизонтально, то их крепят только на углах и местах соединений лотков. Для креплений используют скобы, бандажи и обоймы.

В настоящее время в промышленных помещениях большое распространение получила скрытая проводка, для которой используют провода с изоляцией из полихлорвинила, полиэтилена и других видов покрытий. Скрытая проводка имеет ряд преимуществ: исключается необходимость выполнения трудоемких работ по установке планок, обеспечивается защита проводов от повреждений и старения. В производственных помещениях для защиты проводов от механических повреждений и изоляции проводов от воздействия активной среды (паров, кислот) осветительные сети располагают в стальных тонкостенных или изоляционных трубах (из твердой резины, полихлорвинила или стекла). Для прокладки в трубах обычно применяют провода АПР, ПР, ПРТО, ПРГ. Перед прокладкой проводов трубы очищают от ржавчины, а затем их поверхности покрывают лаком или краской. Перед затягиванием провода просушивают и натирают тальком. С помощью заранее введенной в трубу проволоки вручную (при малых диаметрах провода) или посредством лебедки (при больших диаметрах провода) затягивают в нее провод. Провода со стальной проволокой со-

единяют различными способами. При этом во избежание повреждения проводов на концы труб надевают пластмассовые втулки с закругленными краями.

При скрытой проводке трубы располагают по кратчайшему расстоянию. При открытой проводке их крепят металлическими скобами на расстоянии 2,5-3,5 м. Для подвода проводов к различным токоприемникам и облегчения затягивания проводов в трубы используют специальные коробки. Трубы укладывают с небольшим уклоном в сторону коробок для стекания образующейся влаги. Изоляционные трубы крепят в бороздах алебастровым раствором до оштукатуривания стен и потолков. Провода затягивают в трубы через 7-10 дней после оштукатуривания. Предварительно их тщательно выпрямляют, протягивая через материал, посыпанный тальком.

В последние годы в производственных помещениях осветительную сеть располагают непосредственно под слоем штукатурки, в полу, в каналах и пустотах строительных конструкций. Провода крепят по кирпичным стенам перед оштукатуриванием алебастровым раствором. Для подвода проводов к токоприемникам применяют пластмассовые и металлические коробки. Для установки розеток, выключателей используют металлические коробки. Выключатели и штепсельные розетки, специально выпускаемые для скрытой проводки, монтируют в эти коробки перед отделкой. Такой способ исключает необходимость разрушения штукатурки при выходе из эксплуатации розетки или выключателя. Металлические коробки устанавливают непосредственно на деревянных розетках или стенах.

### **1.5.2 Монтаж электрооборудования [1, 2]**

*Электрооборудованием* называется совокупность электротехнических устройств или изделий.

*Электротехническим устройством* называется устройство, в котором при его работе преобразуется, передается, распределяется или потребляется электрическая энергия.

*Электрооборудованием общего назначения* называется оборудование, выполненное без учета специфических требований, характерных для определенной отрасли промышленности или для определенного назначения.

*Специальным электрооборудованием* называется электрооборудование, выполненное с учетом требований, специфических для определенной отрасли промышленности, или определенного назначения.

*Электрооборудованием наружной установки* называется электрооборудование, предназначенное для работы вне закрытых помещений или сооружений.

*Электрооборудованием внутренней установки* называется электрооборудование, предназначенное для работы в закрытых помещениях или сооружениях.

*Открытым электрооборудованием* называется электрооборудование, не защищенное от прикосновения к его движущимся и токоведущим частям и от попадания внутрь его посторонних предметов.

*Защитным электрооборудованием* называется электрооборудование, снабженное специальным приспособлением для защиты от случайного прикосновения к его движущимся и токоведущим частям или от попадания внутрь его случайных предметов, жидкости и пыли.

*Водозащитным электрооборудованием* называется электрооборудование, выполненное таким образом, что внутрь него может проникнуть вода в количествах, которые исключают нарушение его работы.

*Брызгозащищенным электрооборудованием* называется защищенное электрооборудование, выполненное так, что внутрь его попадают брызги в количествах, исключающих нарушение его работы.

*Каплезащищенным электрооборудованием* называется защищенное электрооборудование, выполненное так, что внутрь его попадают капли, падающие по вертикали или под углом не более  $60^\circ$  к вертикали в количествах, исключающих нарушение его работы.

*Пылезащищенным электрооборудованием* называется защищенное электрооборудование, выполненное так, что внутрь его попадает пыль в количествах, исключающих нарушение его работы.

*Закрытым электрооборудованием* называется защищенное электрооборудование, выполненное так, что возможность сообщения между его внутренним пространством и окружающей средой может иметь место только через неплотности между частями электрооборудования или через отдельные отверстия.

*Герметичным электрооборудованием* называется защитное электрооборудование, выполненное так, что исключается возможность сообщения между его внутренним пространством и окружающей средой.

*Взрывозащищенным электрооборудованием* называется электрооборудование, в конструкции которого предусмотрены меры для устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды.

*Стационарным электрооборудованием* называется электрооборудование, предназначенное для эксплуатации без перемещения относительно обслуживаемых объектов.

*Передвижным электрооборудованием* называется электрооборудование, предназначенное для эксплуатации при его перемещении относительно обслуживаемых объектов.

*Переносным электрооборудованием* называется электрооборудование, которое предназначено для переноски при его эксплуатации.

*Силовой электрической цепью* называется электрическая цепь с устройствами, назначение которых состоит в производстве электрической энергии, ее передаче, распределении, преобразовании в энергию другого вида или в электрическую, но с другими параметрами.

*Электрической цепью управления* называется электрическая цепь с устройствами, назначение которых состоит в приведении в действие электрооборудования и отдельных электротехнических устройств или в изменении значений их параметров.

*Распределительные устройства*, подстанции и токопроводы монтируют специализированные подрядные организации.

Распределительные устройства и подстанции включают комплекс электрооборудования: силовые трансформаторы, изоляторы, разъединители, выключатели, предохранители, вентильные разрядники, измерительные трансформаторы, конденсаторы.

*Силовые трансформаторы* предназначены для повышения и понижения напряжения переменного тока. Наиболее распространенными в пищевой промышленности являются трехфазные двухобмоточные трансформаторы с масляным охлаждением, понижающие напряжение с 10 или 6 кВ до 0,38 кВ.

*Изоляторы* служат для крепления токоведущих частей и изоляции их от заземленных элементов установки.

*Разъединители* предназначены для создания разрыва в силовых электрических цепях выше 1000 В. Разъединителями производят отключение и включение только холостого хода трансформаторов.

*Выключатели нагрузки* предназначены для отключения и включения электрических цепей выше 1000 В как при отсутствии, так и при наличии тока нагрузки.

*Предохранители* служат для защиты электроустановок переменного тока небольшой мощности от токов короткого замыкания.

*Вентильные разрядники* служат для защиты изоляции электрических машин и электрооборудования от атмосферных разрядов и кратковременных эксплуатационных перегрузок.

*Измерительные трансформаторы* предназначены для включения измерительных и защитных приборов в тех случаях, когда приборы не могут быть включены непосредственно в цепь, в которой необходимо измерить электрические величины.

*Конденсаторы* применяют для компенсации реактивной мощности и повышения коэффициента мощности.

Монтаж распределительных устройств сводится к сборке комплектных камер или блоков из нескольких камер в соответствии с проектом. Монтажные работы согласно СНиП производят в две стадии.

*Первая стадия* – выполнение подготовительных работ по установке закладных частей в строительные конструкции для закрепления электрооборудования, подготовка трасс для внешних электропроводок и прокладка проводников заземления. Монтажные работы первой стадии выполняют одновременно со строительными работами. После производства монтажных работ первой стадии строительная организация заканчивает в помещении для распределительных устройств строительные работы, включая укладку чистых полов и побелку помещений.

*Вторая стадия* – это выполнение сборочных работ: установка отдельных камер или блоков из нескольких камер распределительных устройств, монтаж шинных связей, внешних электропроводок и кабелей.

Ревизию электрооборудования производят в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей на стендах специализированных организаций до его отправки на место монтажа.



При монтаже комплектного крупноблочного оборудования транспортно-такелажные работы выполняют с помощью автомашин или трейлеров и кранов.

К месту установки камеры распределительных устройств доставляют укрупненными блоками – по 3-5 камер, собранных вместе. Если подъем и перемещение комплектных камер производят в упаковке, то строповку при подъеме краном осуществляют способом, указанным заводом-изготовителем. Стropовку камер без упаковки выполняют за соответствующие крюки и рымы. Комплектные камеры перемещают и поднимают всегда в вертикальном положении согласно надписям «Верх» и «Низ». Камеры и электрооборудование распределительных устройств устанавливают на рабочее место на заранее подготовленные основания, закладные части, опорные рамы, выверенные по уровню на проектную отметку.

В комплекс работ по монтажу электрооборудования входит монтаж электродвигателей и пускорегулирующей аппаратуры.

При установке машин смазку в подшипниках качения (роликовых и шариковых) не заменяют.

Перед установкой и креплением электродвигателей проверяют сопротивление их изоляции. Машины, выдержавшие испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока нормальной частоты (50 Гц), допускают к включению в работу.

После установки электродвигателя с насаженной полумуфтой на проектную отметку выверяют его вал.

Для управления работой электрических машин в качестве пускорегулирующих аппаратов применяют *рубильники и переключатели* в сочетании с *предохранителями, комбинированные аппараты* (рубильник – предохранитель), *магнитные пускатели, автоматические выключатели, комплектные станции управления*, на которых собраны схемы ручного и автоматического пуска электрических машин с применением необходимых *контакторов, реле, сопротивлений, магнитных и полупроводниковых усилителей*.

Исполнение пускорегулирующих аппаратов, так же как и самих электрических машин, должно соответствовать условиям окружающей среды и может быть открытым, защищенным, каплезащищенным, брызгозащищенным, закрытым, обдуваемым и взрывозащищенным.

Высокая электроопасность предприятий пищевой промышленности обусловливается наличием большого количества электродвигателей и неблагоприятной промышленной средой во многих цехах (высокая влажность, токопроводящий пол, пыль). Поражение током может произойти по следующим причинам: при соприкосновении с токоведущими частями (посредством токопроводящего предмета и при непосредственном соприкосновении); при соприкосновении с металлическими конструкциями оборудования, случайно оказавшимися под напряжением вследствие аварийных режимов работы; при попадании под шаговое напряжение; при поражении статическим электричеством.

Для предотвращения поражения током при соприкосновении с токоведущими частями электропровода располагают на высоте и изолируют, а токоведущие части электроустановок, доступные для прикосновения, ограждают,

устраивают системы механических и электрических блокировок, предупреждающих возможность соприкосновения человека с электропроводом.

Электрические заряды, появляющиеся на поверхности диэлектриков и удерживающиеся на них в течение длительного времени, получили название статического электричества. Диэлектрики могут оставаться заряженными долгое время. На предприятиях заряды *статического электричества* чаще всего образуются при движении ремней по шкивам, волокнистых материалов по металлическим частям машины; при перекачке по трубам некоторых жидкостей; перемещении по трубам газов; измельчении некоторых твердых веществ в мельницах, дробилках, дезинтеграторах, когда выделяется большое количество пыли; при движении порошков или пыли по воздуховодам (трубам). Возникновение и накапливание статического электричества может явиться причиной взрывов, пожаров или несчастных случаев. Заряды статического электричества удаляют с металлических частей оборудования, аппаратов, трубопроводов и других конструкций при помощи заземляющих устройств. Фильтры со встряхивающимися матерчатыми рукавами прошивают мелкими металлическими, хорошо заземленными сетками.

### 1.5.3 Устройства защитного заземления, зануления и отключения [1, 2]

Для защиты от поражения электрическим током при переходе напряжения на металлические конструкции служат устройства *защитного заземления, зануления и отключения* (рисунок 1.31).

*Защитное заземление* – это соединение с землей (при помощи металлической полосы или стержней, забиваемых глубоко в землю) всех металлических частей машин, механизмов и других конструкций, которые могут оказаться под напряжением в случае нарушения (пробоя) изоляции токоведущих частей. За-

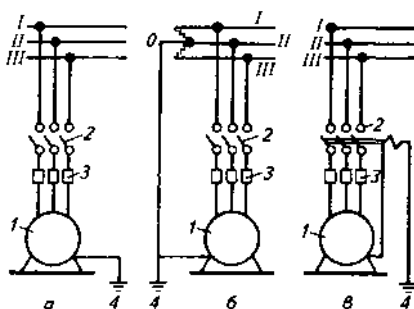


Рисунок 1.31 – Схемы:

*а* – защитного заземления; *б* – защитного зануления; *в* – защитного отключения; *I, II, III* – фазовые провода; *0* – нулевой провод; *1* – токоприемник; *2* – выключатели; *3* – предохранители; *4* – земля

земляют корпуса оборудования, работающего от электродвигателей, корпуса электродвигателей, трансформаторов, генераторов, электроинструментов.

Защитное заземление, устраиваемое на случай нарушения изоляции, не является защитой в случае прикосновения к токоведущим частям. Наоборот, при одновременном прикосновении человека к токоведущим частям оборудования создаются особо опасные условия, так как в этом случае заземляющее устройство и тело человека представляют собой цепь с очень низким сопротивлением.

В сетях с заземлением нулевым проводом вместо защитного заземления применяют *зануление*, представляющее собой соединение металлических частей, подлежащих заземлению, с неоднократно заземленным нулевым проводом. Защитное действие зануления обеспечивается автоматическим обесточиванием оборудования при случайном возникновении на его металлических частях опасного напряжения.

*Защитное отключение* – наиболее совершенный способ защиты людей. Оно достигается установкой автоматических отключателей или специальных реле (УЗО) [1, с. 114]. Реле мгновенно срабатывает при появлении напряжения на зажимах электромагнитной катушки.

Применение УЗО целесообразно и оправдано социальными и экономическими причинами в электроустановках всех возможных видов.

Из всех известных электротехнических средств УЗО является единственным, обеспечивающим защиту человека от поражения электрическим током при прямом прикосновении к одной из токоведущих частей.

Другим не менее важным свойством УЗО является его способность осуществлять защиту от возгорания и пожаров, возникающих при повреждении изоляции электрооборудования.

В странах Западной Европы, Японии и США на каждого жителя приходится в среднем 2-3 УЗО. В этих странах страховые компании при оценке риска, определяющего страховую сумму, обязательно учитывают наличие на объекте страхования УЗО и их техническое состояние. Принцип действия УЗО изложен в источнике [1, с. 114].

## 2 НАЛАДКА И ПУСК ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1 ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО НАЛАДКЕ И ПУСКУ ОБОРУДОВАНИЯ

#### 2.1.1 Проектно-техническая документация пускового комплекса [1, 2]

*Наладкой и пуском оборудования* называют совокупность технологических операций по подготовке, оснастке и регулированию оборудования (машин, автоматических линий).

Наладка оборудования включает ревизию (проверку) и настройку кинематических цепей, установку и регулирование приспособлений, инструментов и других устройств для обеспечения нормальной работы оборудования в заданных условиях на протяжении определенного времени (смена, сутки, время настройки инструмента или обработки продукции). Кроме того, наладка – это часть технологического процесса при техническом обслуживании оборудования.

В зависимости от характера и объема пусконаладочных работ, а также от квалификации кадров эти работы производят *хозяйственным* или *подрядным* способом.

Организацию пусконаладочных работ начинают с изучения проектно-технической документации объекта специалистами – наладчиками до начала монтажных работ или в начальной стадии.

Основная задача, которую ставят перед пусконаладочной организацией, – это выполнение всего состава работ по наладке и пуску предприятия, начиная с ревизии оборудования, обкатки на холостом ходу, комплексного испытания оборудования под нагрузкой на инертной среде и сырье и заканчивая отработкой технологических процессов с достижением принятых проектных режимов, освоением проектных мощностей и обучением производственного и эксплуатационного персонала заказчика, занятого на технологических операциях, обслуживании и ремонте оборудования.

Составление сметы и заключение договоров с заказчиками на выполнение пусконаладочных работ производится задолго до начала непосредственного производства этих работ, т.е. на стадии окончания основных строительных работ и начала монтажных работ.

Для квалифицированного и качественного проведения пусконаладочных работ по технологическому оборудованию тщательно изучают техническую документацию пускового комплекса (пусковой комплекс, утвержденный соответствующей организацией; проектное задание с дополнениями и изменениями; технологический проект с дополнениями и изменениями, с полным набором рабочих чертежей и нормалей; проекты теплотехнических, сантехнических и других трубопроводов, обеспечивающих работу технологического оборудования, на стадии рабочих чертежей; заводские паспорта на оборудование, подлежащее пуску), которую передает заказчик пусконаладочной организации после заключения договора на производство пусконаладочных работ.

Все выявленные неточности и упущения проекта, обнаруженные в результате тщательного изучения и анализа проектно – технической документации, которые могут отрицательно повлиять на нормальную работу предприятий, необходимо устранить и внести соответствующие изменения.

Кроме того, необходимо выяснить, согласована ли с проектной организацией замена одного оборудования другим, если это приводит к изменению производительности и вызывает сомнения в надежности и прочности несущих конструкций.

Изучая проектно-техническую документацию пускового комплекса, проверяют наличие заводских паспортов на оборудование, подлежащее пуску, а также комплектовочных ведомостей и актов испытаний, сравнивая производительность установленного оборудования с запроектированным.

### **2.1.2 Надзор за качественным выполнением строительных и механомонтажных работ [1, 2]**

При подготовительных и основных монтажных работах наладчики выезжают на объект для оказания технической помощи заказчику в надзоре за качественным выполнением монтажных работ. Они проверяют соответствие проекту, техническим условиям, паспортам и СНиП на оборудование фундаментов и других опорных конструкций под оборудование по расположению, размерам, отметкам и качеству, а также соответствие проекту технических характеристик фактически устанавливаемого оборудования, качество оборудования и его исправность.

На все дефекты, обнаруженные при монтажных работах, а также при ревизии и обкатке оборудования на холостом ходу, наладчики составляют технически обоснованные дефектные ведомости и через заказчика доводят до сведения монтирующей организации для устранения всех дефектов монтажа до сдачи оборудования заказчику под наладку. На дефекты оборудования также составляют соответствующие акты для предъявления рекламаций заводу-изготовителю оборудования.

### **2.1.3 Организационно-технические мероприятия при наладке и пуске оборудования [1, 2]**

**Комплектование бригады наладчиков.** После того как специалистами субподрядной организации из пусконаладочного управления будет признано, что на объекте появился достаточный фронт для производства пусконаладочных работ, приступают к укомплектованию бригады специалистов для командирования на объект. По представлению начальника участка приказом назначается руководитель бригады, который является административно-техническим лицом на объекте и несет ответственность за качественное и своевременное выполнение плановых заданий. Он старший в бригаде, и ему подчинен весь персонал бригады и переданный заказчиком производственный персонал предприятия. Оформляет документы с заказчиком и решает все возникающие во-

просы только руководитель бригады. Он ответствен за соблюдение всеми членами бригады дисциплины, правил внутреннего распорядка, правил охраны труда и пожарной безопасности.

Состав бригады формирует начальник участка или старший прораб. Количественный состав бригады зависит от мощности предприятия, состояния строительных и монтажных работ на объекте, объема и фронта наладочных работ, степени форсирования монтажных работ и сроков ввода объекта в эксплуатацию.

Бригаду необходимо комплектовать из инженерно-технического персонала и высококвалифицированных слесарей-наладчиков, хорошо знающих монтажное и слесарно-сборочное дело.

Бригада специалистов на объекте может доукомплектовываться рабочими заказчика с оформлением их согласно существующему положению.

Особое внимание следует уделять оснащению бригады контрольно-измерительными приборами, слесарным инструментом обычным и специальным в количестве, обеспечивающем выполнение всех слесарно-сборочных операций по наладке оборудования.

До выезда на объект руководитель бригады получает от руководства участка плановое задание и инструктаж; знакомится с договором, программой-сметой и календарным планом; обеспечивает наблюдение за отбором инструмента, приборов и технической литературы, а также своевременный отъезд бригады.

Кроме того, руководитель бригады знакомит бригаду с проектом и технологическим оборудованием объекта; расставляет членов бригады по цехам, линиям, машинам и выдает письменные задания ответственным за цеха, линии и машины; проводит инструктаж по правилам безопасности в бригаде конкретно по каждому рабочему месту и объекту в целом с регистрацией в журнале и с обязательной росписью инструктируемых; оформляет акт на начало работ.

Каждый член бригады ведет журнал (тетрадь) по закрепленному за ним оборудованию с ежедневной регистрацией выполняемой им работы в течение всего периода проведения пусконаладочных работ на объекте.

**Подготовка кадров.** Вопрос о подготовке кадров ставят перед заказчиком одновременно с началом пусконаладочных работ. Заказчиком должны быть подготовлены рабочие соответствующих специальностей в количестве, предусмотренном расчетными данными проекта.

**Организационно-технические мероприятия.** Перед началом пусконаладочных работ на сырье заказчик выделяет ответственных лиц за подачу пара, воды, электроэнергии, сжатого воздуха, а также за соблюдение правил безопасности в пускаемых цехах и отделениях; проводит санитарные мероприятия по подготовке цехов к работе (уборка помещения, мойка оборудования, дезинфекция) и получает от заведующего лабораторией химического и микробиологического контроля предприятия разрешение на начало работы цеха (отделения); расстановливает необходимое нестандартное и вспомогательное оборудование; выделяет необходимое количество тары и транспортное оборудование (тележки, лотки, ящики); подготавливает в необходимом количестве спецодежду, ин-

струменты и дезинфицирующие материалы; выделяет специалистов – химика и микробиолога для экспертизы, взятия проб продукции; после окончания работы цеха (отделения), проводит необходимые санитарные мероприятия; проверяет готовность лаборатории к проведению необходимых анализов по проверке качества готовой продукции.

Заказчик совместно с наладчиками составляет графики выхода рабочих на работу и подачи сырья по времени, по количеству и по виду, а также изготавливает и устанавливает в цехах необходимые таблички и надписи по целевому назначению рукояток, вентилях, задвижек и кранов, предупреждающие таблички с надписями «Не включать» на случай проведения ремонтных работ.

## **2.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ НАЛАДКЕ ОБОРУДОВАНИЯ И ТИПОВЫХ УЗЛОВ МЕХАНИЗМОВ**

### **2.2.1 Ревизия оборудования и запорно – регулирующей арматуры [1, 2]**

**Оборудование.** От ревизии оборудования зависит качество пусконаладочных работ. Ее производят для определения исправности деталей, узлов и машины в целом, правильного сопряжения отдельных деталей и узлов, их взаимодействия и подготовки оборудования к обкатке на холостом ходу.

При наличии соответствующего указания завода – изготовителя оборудование не подвергается ревизии и разборке.

В состав работ по ревизии входит расконсервация оборудования, выявление дефектов отдельных узлов и деталей и составление дефектной ведомости.

О серьезных дефектах, для устранения которых требуются значительные трудозатраты и специальные технические средства, сообщают через заказчика заводу-изготовителю и с его помощью их устраняют. Небольшие дефекты устраняет наладчик без дополнительной оплаты за эти работы.

После ревизии и исправления наладчиками мелких дефектов машину собирают, регулируя зазоры в строгом соответствии с техническими условиями и инструкциями заводов-изготовителей.

**Запорно-регулирующая арматура.** Исправная работа запорно – регулирующей арматуры (кранов, вентилей и задвижек), установленной на технологических трубопроводах к оборудованию и непосредственно на самом оборудовании, имеет важное значение для нормального ведения технологических процессов. Поэтому специалисты – наладчики проводят ревизию запорно-регулирующей арматуры после промывки или продувки трубопроводов.

После ревизии арматура не должна пропускать жидкость или газ при полном закрытии пробки, шибера или клапана, легко открываться и закрываться (без применения дополнительных рычагов), не пропускать жидкость или газ через сальник.

### **2.2.2 Сборка деталей и узлов оборудования [1, 2]**

Сборка оборудования является завершающим этапом в технологическом процессе монтажа, наладки и ремонта. Ее выполняют в ремонтно-механическом цехе или непосредственно в производственном цехе, если машину не снимали с фундамента, а ремонтировали отдельные узлы. Сборку оборудования разделяют на узловую и общую. Начинают сборку с базовой детали, базового узла или агрегата в зависимости от того, что собирается – узел, агрегат или машина.

Под *базовым сборочным элементом* понимают узел (агрегат), являющийся исходным для начала процесса сборки. *Узел* – это соединение базовой детали с другими. Его можно собрать обособленно от других деталей. Узел может состоять как из отдельных деталей, так и предварительно соединенных до уста-



новки в узел. Поэтому, помимо узловой сборки, различают еще подсборку, т.е. простейшее соединение деталей, называемое *подузел*.

В результате соединения базового узла с несколькими узлами и деталями получаем *агрегат*. *Базовый агрегат* – это рама с смонтированными другими агрегатами, узлами и деталями. Базовый агрегат образует готовое изделие – машину.

Схема сборки, дающая представление о взаимосвязи сборочных элементов, показана на рисунке 2.1.

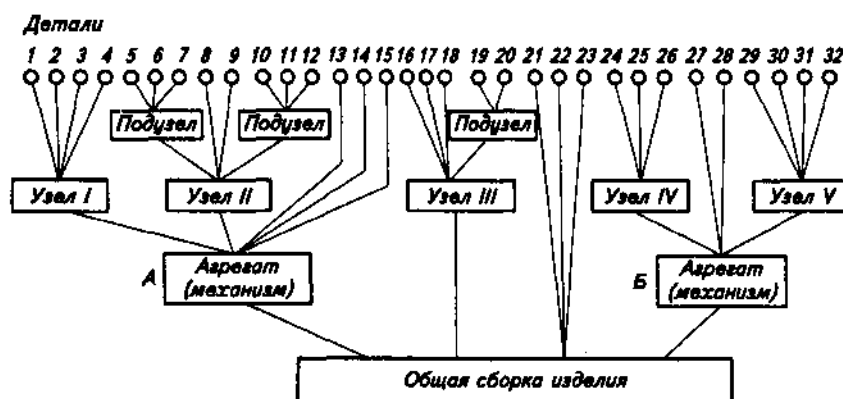


Рисунок 2.1 – Схема сборки

Выбор методов сборки агрегатов и общей сборки машин зависит от производственной программы предприятия и ее однородности в отношении типов и марок оборудования. Наиболее совершенной формой сборки машин и агрегатов является *поточный метод*. Однако его можно осуществить только на специализированных предприятиях при централизованном способе ремонта.

После разработки схемы сборки изделия следует определить отдельные конструктивные особенности каждой детали, обеспечивающие возможность ее транспортирования и ориентации автоматическими механизмами, что облегчит процесс сборки.

### 2.2.3 Установка и ориентирование деталей резьбовых соединений при сборке [1, 2]

Для качественной сборки резьбовых соединений необходимо правильно затягивать болты и гайки. Для обеспечения нужных посадок важно отсутствие перекосов в соединениях, болты и шпильки не должны иметь искривлений, а стопорные устройства, предотвращающие самоотвинчивание, должны быть надежными.

Алгоритм процесса сборки изделия с использованием резьбовых соединений может складываться из совокупности следующих операций: 1) подача деталей собираемого узла; 2) их установка; 3) подача крепежных деталей; 4) их установка; 5) подвод инструмента; 6) предварительное сопряжение резьбовых деталей (наживление), закручивание, затяжка; 7) отвод инструмента; 8) подвод

инструмента; 9) стопорение; 10) отвод инструмента; 11) контроль; 12) маркировка; 13) транспортирование собранного узла на другую позицию.

В указанном процессе только этапы 6, 9, 11 и 12 представляют собственно рабочий процесс сборки, а остальные являются транспортными (перемещение, ориентирование). Время на перемещение и установку деталей и сборочных единиц изделия во многих случаях превосходит время сборочного процесса.

Таким образом, при механизации и автоматизации процесса сборки резьбовых деталей транспортирующие и ориентирующие устройства или в общем случае загрузочные устройства играют первостепенную роль.

#### **2.2.4 Основные направления развития сборочных процессов [1, 2]**

Масштаб производства, в основу которого заложено программное задание, предопределяет тип производства (мелкосерийное, крупносерийное или массовое), а сами методы сборки в значительной степени зависят от типа производства и его организационных форм. Разрабатывают технологический процесс сборки в зависимости от типа производства, размера и характера программного задания. При массовом и крупносерийном производствах процесс сборки разрабатывают детально. При единичном и мелкосерийном производстве, а также при выпуске несложных изделий ограничиваются разработкой плана сборочных операций или маршрутной технологией.

Таким образом, проектирование технологического процесса сборки в основном состоит из следующих этапов: 1) определение сборочного состава изделия; 2) обоснование выбранных организационных форм сборки; 3) расчеты, связанные с технико-экономическим обоснованием выбранного варианта процесса сборки; расчеты режимов, размеров партий, ритмов, количества и загрузки рабочих мест, норм времени и выработки, расчеты, связанные с точностью сборочных работ; 4) установление последовательности сборочных и контрольных операций; 5) проектирование инструмента, оснастки и оборудования в соответствии со степенью механизации и автоматизации процесса сборки; 6) оформление проекта технологического процесса сборки в виде установленного комплекта технических документов.

При разработке процессов сборки по способу оптимизации необходимо учитывать значимость отдельных элементов сборочных работ. Операции завертывания по количеству и нормированной продолжительности являются доминирующими и составляют почти половину общего объема сборки. В этом случае в основу разработки технологии сборки по способу оптимизации должны быть заложены требования, диктуемые операциями завертывания.

Учитывая большой удельный вес резьбовых соединений в сборочном процессе и их все расширяющееся применение, целесообразно создавать универсальные и групповые программы на базе анализа наиболее часто встречающихся конструкций сборочных единиц.

## 2.2.5 Способы затяжки [1, 2]

Резьбовые соединения, к которым при сборке прикладывается внешний крутящий момент, затягивают различными способами, характеризующимися технологическими приемами сборки и контролируемым в процессе сборки параметром, косвенно связанным с усилием затяжки. Это вызвано тем обстоятельством, что в процессе затяжки нельзя непосредственно измерить его усилие. О величине его судят по измеряемому моменту, углу поворота гайки, удлинению болта или деформаций деталей стыка. Соответственно различают способы затяжки по моменту и углу поворота.

Одним из способов, получивших широкое распространение в практических условиях вследствие простоты реализации, является способ затяжки по моменту. Этот способ более производительен по сравнению с другими и позволяет достаточно просто механизировать процесс сборки, кроме того, он наиболее применим для соединений, обладающих малой податливостью.

## 2.2.6 Сборка соединений с подвижной, неподвижной и переходной посадками [1, 2]

**Шпоночные соединения.** Клиновая шпонка должна плотно прилегать к дну паза вала и втулки и иметь зазоры по своим боковым стенкам. Во избежание перекосов уклоны на рабочей поверхности шпонки и в пазах втулки должны совпадать. При сборке пазы припиливают или пришабривают.

Призматическую шпонку устанавливают в паз вала легкими ударами, бокового зазора между шпонкой и пазом не должно быть (проверяют щупом). Затем насаживают шкив, шестерню или втулку. При насадке призматических шпонок должны быть радиальные зазоры.

**Шлицевые соединения.** При шлицевом соединении охватывающая деталь должна быть сцентрирована по поверхности впадин или шлицев. Шлицевые соединения бывают жесткие и подвижные. Последние имеют скользящую, ходовую или легкоходовую посадку. Их собирают вручную. Жесткие соединения имеют глухую, тугую и плотную посадки. Их собирают напрессовыванием охватывающей детали на вал, в жестких шлицевых соединениях после посадки проверяют биение, а в подвижных – люфт.

При сборке ответственных шлицевых соединений проверяют прилегание сопрягаемых поверхностей с помощью краски.

**Прессовые соединения.** Перед запрессовкой тщательно осматривают поверхность соединяемых деталей и покрывают их слоем смазки. Посадку таких соединений производят с натягом под давлением пресса. Пресс может быть ручного действия, а также с механическим, пневматическим или гидравлическим приводом. Детали небольших размеров запрессовывают вручную ударами молотка через прокладку.

**Конусные соединения.** Перед сборкой конусного соединения проверяют плотность прилегания конических поверхностей вала и втулки краской или покачиванием. Запрессовку производят прессами или ударами молотка через про-

кладку. Конусные соединения для надежности фиксируют шпонками или штифтами.

**Установка подшипников.** При наладке приводных устройств оборудования предприятий пищевой промышленности необходимо учитывать условия работы этих устройств: наличие переменных нагрузок на приводные валы, повышенные или низкие температуры на ряде участков работы устройств, агрессивность среды, повышенную влажность. Эти условия требуют особой тщательности при установке и техническом обслуживании подшипников.

**Подшипники скольжения.** До установки подшипников скольжения проверяют правильность разбивки опор для них (по осям и отметкам). Затем их устанавливают в соответствии с требованием проекта. Особо тщательно необходимо выверять соосность подшипников. Например, в двухопорных валах под влиянием нагрузки поворот осей валов допускается в пределах  $1,5^\circ$ , в многоопорных валах с самоустанавливающимися подшипниками –  $1^\circ$ .

В смонтированных подшипниках скользящего трения зазор между поверхностями скольжения вала и подшипника должен соответствовать проектному классу точности, а величина зазора между заплечиками вкладыша и торцом корпуса или крышки должна быть в пределах 0,05-0,1 мм.

Подшипники бывают неразъемные, в виде втулок или отверстий в корпусах, залитых антифрикционным сплавом, и разъемные с вкладышами и без вкладышей.

Сборка неразъемного подшипника заключается в запрессовке втулки в корпус, установке стопора для предотвращения от проворачивания ее и шабрения отверстия по валу.

При сборке и подгонке разъемных подшипников должно быть обеспечено создание масляной пленки между трущимися поверхностями. Величина масляного зазора изменяется в зависимости от диаметра шейки вала, его массы, частоты вращения и равна 0,0018-0,0025 диаметра шейки вала.

**Подшипники качения.** Использование подшипников качения (по сравнению с подшипниками скольжения) значительно упрощает наблюдение за работой машины, снижает расход смазки, повышает коэффициент полезного действия и прочность машины, а также удлиняет межремонтные периоды.

Перед установкой подшипников необходимо проверить прямолинейность вала, овальность и конусность посадочных мест вала, посадочные отверстия в корпусе, перпендикулярность поверхности упорного торца к оси вращения, соосность посадочных отверстий под подшипники, сидящих на одном валу. Радиус галтели у торца вала должен быть меньше радиуса галтели подшипника.

Посадочные места под подшипники не должны иметь коррозии и забоин. Установка каких-либо прокладок в местах посадки недопустима. Неплотная посадка подшипников при эксплуатации может повлечь за собой преждевременный износ вала и смонтированных на нем деталей из-за появления горизонтальных смещений внутреннего кольца подшипника по валу. Слабая посадка колец подшипника приводит к их проворачиванию и как следствие этого к износу мест посадки подшипника.

При установке подшипника должна быть сохранена величина посадочного зазора, обеспечивающего наличие правильного рабочего зазора и исключаящего возможность защемления его элементов (шарики, ролики) при рабочих температурах и перекосах.

При посадке подшипников качения на вал передача каких-либо усилий на элементы качения (шарики, ролики) недопустима, усилие для запрессовки следует прилагать только к кольцу, имеющему допуск на посадку. При посадке подшипников на вал следует передавать усилие запрессовки только через внутреннее кольцо, а при посадке в корпус – только через наружное кольцо. При посадке подшипников одновременно на вал и в корпус усилие передается на оба кольца.

Подшипники, для которых предусмотрена горячая посадка внутреннего или наружного кольца, а также подшипники больших диаметров подогревают в масле до 80-90 °С, после чего производят их посадку.

### 2.2.7 Выверка взаиморасположения валов и муфт [1, 2]

Соосность секций валов проверяют двумя рейсмусами с помощью щупов или индикаторами при четырех положениях вала, сдвинутых на 90° (рисунок 2.2, а, б). При проверке соосности учитывают, что оси валов могут быть смещены параллельно, с перекосом или одновременно параллельно и с перекосом.

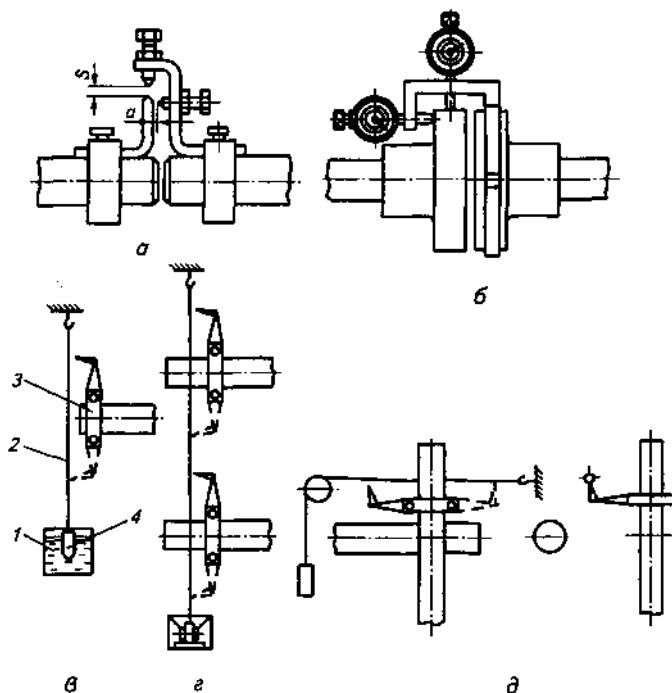


Рисунок 2.2 – Схема проверки валов:

*а* – на соосность центровочными регулируемыми скобами; *б* – на соосность скобой с индикаторами по полумуфтам; *в* – на горизонтальность: 1 – сосуд с маслом для успокоения колебаний нити; 2 – нить отвеса; 3 – рейсмус; 4 – отвес; *г* – на параллельность; *д* – на перпендикулярность

Горизонтальность валов проверяют при помощи уровня, рейсмуса и отвеса (рисунок 2.2, в) или при помощи струны; параллельность валов – двумя рейсмусами и струной (рисунок 2.2, г), перпендикулярность – одним рейсмусом и струной (рисунок 2.2, д). При проверке горизонтальности вала, а также соосности корпусов подшипников с помощью струны необходимо учитывать прогиб (провисание) струны от собственной массы.

Секции валов соединяют между собой муфтами различных конструкций. При монтаже муфт осуществляют следующие операции. Устанавливают полумуфты на концы соединяемых валов и обеспечивают заданный натяг. Прилегание полумуфт к валам проверяют на краску или щупом. При сборке пружинных муфт на валы надевают втулки полумуфт с легкопрессовой посадкой и закрепляют их на шпонках. Предварительно на втулки надевают обоймы корпуса со вставленными уплотнениями и фланцевые крышки. Производят выверку валов и полумуфт: измеряют расстояние между торцами (торцевые зазоры) и определяют несоответствие окружностей полумуфт при четырех положениях валов через  $90^\circ$ .

Механизм включения сцепных кулачковых муфт регулируют так, чтобы в выключенном состоянии полумуфты легко проворачивались одна относительно другой. Стопорное устройство должно исключать возможность самостоятельного включения и выключения муфты.

### **2.2.8 Выверка зубчатых передач [1, 2]**

Зубчатые передачи собирают и испытывают обычно на заводе-изготовителе. Редукторы малой и средней мощности отправляют с завода-изготовителя запломбированными. Мощные редукторы, а также открытые передачи с крупными шестернями поступают для монтажа в разобранном виде.

При сборке зубчатых передач необходимо проверить радиальное и торцевое биение зубчатых колес, межцентровое расстояние, боковой зазор и степень прилегания рабочих поверхностей зубьев.

Радиальное и торцевое биение цилиндрических зубчатых передач проверяют на специальных призмах перед установкой или в центрах после насадки на вал. Биение контролируют рейсмусом или индикатором (рисунок 2.3). Для этого между зубьями колеса помещают цилиндрический калибр диаметром  $1,68m$  (где  $m$  – модуль), на который устанавливают ножку индикатора и фиксируют положение его стрелки. Перекладывая калибр через 2-3 зуба и поворачивая вал, определяют разницу в показаниях индикатора для всего зубчатого колеса. Эта разница является величиной радиального биения по начальной окружности зубчатого колеса. Торцевое биение проверяют индикатором.

Боковые зазоры в зацеплении цилиндрических зубчатых колес контролируют щупом или индикатором (рисунок 2.4). Для этого на валу одного из зубчатых колес крепят поводок, конец которого упирается в ножку индикатора, установленного на корпус узла. Другое колесо закрепляют неподвижно фиксатором. Поводок вместе с валом и колесом поворачивают в одну сторону, затем в другую (это можно сделать лишь на величину бокового зазора). Разницу в по-

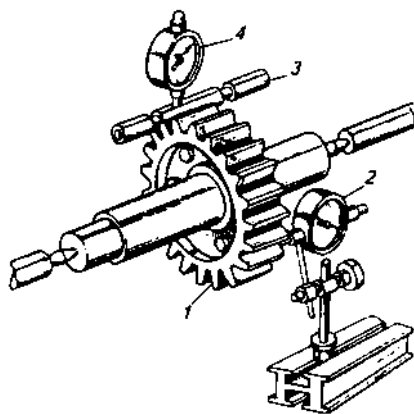


Рисунок 2.3 – Проверка на биение зубчатого колеса, установленного на валу:

1 – колесо; 2, 4 – индикаторы; 3 – цилиндрический калибр

казаниях индикатора при первом и втором положении зубчатого колеса пере-

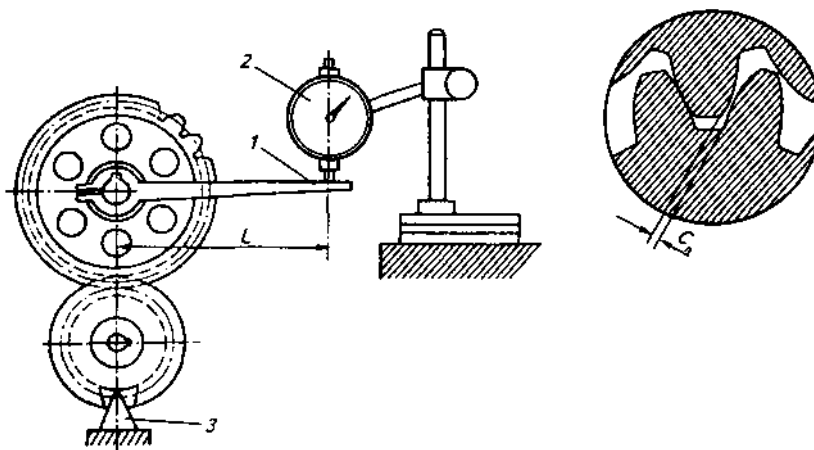


Рисунок 2.4 – Измерение бокового зазора зацепления:

1 – поводок; 2 – индикатор; 3 – фиксатор

считывают на величину бокового зазора по формуле

$$c_{\Pi} = CR/L,$$

где  $c_{\Pi}$  – величина бокового зазора, м;  $C$  – разница в показаниях индикатора при первом и втором положениях зубчатого колеса, м;  $R$  – радиус начальной окружности, м;  $L$  – длина поводка, м.

В технических условиях фиксируют наименьший боковой зазор.

Сборку и выверку цилиндрических зубчатых передач с колесами, у которых модуль выше 6 мм, а также конических и червячных передач проводят по методикам, подробно описанным в источнике [1, стр. 152-156].

### 2.2.9 Выверка ременных и цепных передач [1, 2]

Подготовка ременных передач к монтажу заключается в проверке биения шкивов с помощью рейсмуса или индикатора. Быстроходные шкивы проверяют на сбалансированность. Различают торцевое и радиальное биение шкивов. Для шкивов диаметром 150-600 мм торцевое биение допускается в пределах 0,1-0,4

мм, а радиальное 0,05-0,25 мм. Подробная методика сборки и выверки ременных передач описана в источнике [1, стр. 156-158].

Процесс сборки цепных передач заключается в правильной постановке и закреплении звездочек на валах, надевании и регулировании цепей, проверке параллельности валов и взаимного положения звездочек. Правильность установки звездочек проверяют, контролируя параллельность осей валов и относительное смещение звездочек при параллельных валах. Подробная методика сборки и выверки цепных передач описана в источнике [1, стр. 158-159].

### **2.2.10 Балансировка вращающихся деталей [1, 2]**

Такие крупные детали, как шкивы, маховики, роторы и воздуходувы, вращающиеся с большими скоростями, должны быть хорошо уравновешены во избежание биения, вибрации, нарушения центровки и повышения нагрузки на опорные детали.

Виды неуравновешенности, а также содержание операций статической и динамической балансировки изложены в источнике [1, стр. 159-161].

### **2.2.11 Смазка оборудования [1, 2]**

При пусконаладочных работах тщательно смазывают все трущиеся части оборудования и подшипники. Заполняют соответствующими маслами масленки, пресс-масленки, лубрикатеры и другие средства, обеспечивающие смазку машин, проверяют беспрепятственное поступление смазки к смазываемым поверхностям. Проворачивая машину вручную, проверяют ход и готовность ее к обкатке на холостом ходу.

Бесперебойная работа оборудования в значительной мере зависит от правильного применения смазочных материалов. Их используют в строгом соответствии с инструкциями заводов-изготовителей машин, где указаны сорт и марка масла или смазки, а также режим смазывания (периодичность и расход). На основании этих данных на предприятиях пищевой промышленности составляют рабочие инструкции или паспорта смазки для машин и механизмов, в которых приводят сведения о правильной смазке узлов трения.

Эффективность работы технологического оборудования зависит от вида смазки. Для нормальной эксплуатации оборудования необходимо следить за температурой нагрева смазочных масел, их загрязнением, попаданием в него воды и воздуха, утечкой.

### **2.2.12 Обкатка оборудования на холостом ходу [1, 2]**

Все машины, механизмы и аппараты, имеющие приводы, после проведенных ревизий до пуска их в работу под нагрузкой должны быть обкатаны на холостом ходу. При работе оборудования на холостом ходу выявляются все неисправности, которые должны быть устранены наладчиками. Не должно быть заеданий, рывков, ненормальных стуков и перегрева.



Продолжительность холостой обкатки после устранения всех дефектов 2-12 ч и зависит от сложности оборудования и других причин. Не следует опробовать оборудование под нагрузкой до устранения всех дефектов, выявленных при холостой обкатке. Только при этом условии можно обеспечить надежную работу оборудования на эксплуатационных режимах под нагрузкой и предупредить возможность возникновения аварий.

При холостой обкатке оборудования необходимо выполнять все мероприятия, предусмотренные правилами безопасности и противопожарной безопасности, особенно в отношении подачи и снятия электрического напряжения и ограждения вращающихся узлов; тщательно смазать все трущиеся и вращающиеся детали машины, убрать все посторонние предметы, инструменты во избежание попадания их в приводы, передачи и рабочие органы машины; проверить машину за шкив или муфту вручную. Необходимость приложения значительного усилия свидетельствует о повышенном трении или неправильном зацеплении, что необходимо устранить.

Кратковременным включением мотора определяют правильность направления вращения вала, в случае неправильного направления вращения вала у электродвигателя переключают две фазы. В отдельных случаях, когда от неправильного направления вращения может произойти авария, необходимо проверить правильность направления вращения вала электродвигателя при разъединенных муфтах или при снятых ремнях при клиноременной передаче.

Результаты испытания оборудования вхолостую, выполняемые пусконаладочной бригадой, оформляют актами за подписью представителя заказчика и руководителя наладочной бригады. Если испытания оборудования вхолостую выполняла монтирующая организация, то акт подписывают представители заказчика, монтажной организации и руководитель наладочной бригады.

### **2.2.13 Обкатка оборудования под нагрузкой [1, 2]**

До комплексного опробования оборудования на сырье производят индивидуальное испытание под нагрузкой отдельных машин, агрегатов и линий. Испытания проводят сначала на инертной среде (воде), затем на обезжиренном и полноценном сырье. При испытаниях должны присутствовать технолог и представитель лаборатории химического и микробиологического контроля.

В процессе испытаний на воде выявляют неплотности соединений, устраняют их и испытывают оборудование на рабочих параметрах.

В случае удовлетворительных результатов опробования на воде производят испытания на обезжиренном сырье (обезжиренном молоке или пахте). При этом выявляют отклонения от заданных технологических параметров: температуры, избыточного давления или разрежения, точности дозировки. Кроме того, определяют степень воздействия деталей оборудования и смазочных материалов на обезжиренное сырье путем его органолептической оценки (на вкус и запах). Испытания на обезжиренном сырье проводят для экономии полноценного сырья.

Испытания па полноценном сырье начинают после тщательной мойки и дезинфекции оборудования и трубопроводов. В процессе испытания добиваются постоянства технологических параметров.

При испытании оборудования от малых нагрузок переходят к постепенно возрастающей рабочей нагрузке до проектной. Перед пуском оборудования под нагрузкой тщательно проверяют наличие необходимых элементов защиты (УЗО) и блокировки аварийного отключения электроэнергии, исключающих перегрузку машин и их неисправную работу.

**Организация работ и приемка оборудования в эксплуатацию.** В процессе испытаний и наладки оборудования наладчики должны обучать на рабочем месте эксплуатационный персонал (операторов, аппаратчиков) практическим и безопасным методам и приемам обслуживания оборудования на эксплуатационных режимах.

Приемку оборудования в эксплуатацию после положительных результатов всех видов испытаний производит комиссия в составе: механика завода, механика цеха, лиц, проводивших ремонт или монтаж и наладку, лиц, принимающих машину в эксплуатацию (оператор, аппаратчик и начальник производственного цеха, в котором установлена машина или линия). По результатам испытаний комиссия составляет акт.

#### **2.2.14 Правила безопасности при пусконаладочных работах [1, 2]**

Строгое соблюдение правил безопасности при пуске, испытаниях и регулировании оборудования – одно из основных условий успешного проведения пусконаладочных работ.

Перед опробованием оборудования на сырье убеждаются в соблюдении общих положений и правил безопасности при работе в действующих цехах. Освещение рабочих мест и подходы к оборудованию должны быть достаточными и равномерными, вентиляция и отопление – включены.

Перед началом работы на сырье рабочих обучают правильной эксплуатации оборудования и соблюдению правил безопасности при пуске, работе и остановке машины.

Первые две-три смены рабочие работают под наблюдением специалистов-наладчиков или совместно с ними.

К самостоятельной работе на машинах допускают только тех лиц, которые прошли инструктаж по правилам безопасности, сдали техминимум, освоили управление установкой и самостоятельно (под наблюдением) проработали не менее 6 дней.

Во время пробного испытания и всей последующей работы на сырье специалисты-наладчики и обслуживающий персонал строго соблюдают общие и специальные для каждого вида оборудования правила эксплуатации и безопасности.

## 3 ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ

### 3.1 НАЗНАЧЕНИЕ И СУТЬ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Диагностика* – это установление и изучение признаков, характеризующих состояние машин, приборов, технических систем, для предсказания возможных отклонений и предотвращения нарушений нормального режима работоспособности их в условиях эксплуатации.

#### 3.1.1 Обеспечение работоспособности машин в условиях эксплуатации [1, 2]

В процессе эксплуатации оборудования может происходить частичная или полная потеря ее работоспособности. Это называется *отказ*. Отказы могут быть вызваны множеством причин: особенностями конструкции, отклонениями в технологии изготовления, естественным старением, особенностями управления машиной, физико-механическими свойствами сырья и условиями работы.

Время безотказной работы машины является величиной случайной, так как наработка на отказ каждой сборочной единицы различна и колеблется в широких пределах.

Большой разброс в наработке на отказ деталей и узлов оборудования приводит к затруднению в организации работ по поддержанию машин в работоспособном состоянии.

Устранение отказов и восстановление работоспособности машин как во время плановых технических обслуживаний, так и при аварийных ремонтах, вызывают простой машины. Суммарное время простоя зависит от частоты возникновения отказов, периодичности технических обслуживаний и времени устранения отказа.

Степень использования машин оценивается коэффициентом технического использования  $K_{ТИ}$ :

$$K_{ТИ} = \frac{\sum_1^N t_n}{\left( \sum_1^N t_n + \sum_1^N t_{рем} + \sum_1^N t_{об} + \sum_1^N t_{ож} \right)}, \quad (3.1)$$

где  $\sum_1^N t_n$  – суммарная наработка машины;  $\sum_1^N t_{рем}$  – суммарное время простоев в плановых и аварийных ремонтах;  $\sum_1^N t_{об}$  – суммарное время простоев в техническом обслуживании;  $\sum_1^N t_{ож}$  – суммарное время ожидания технического воздействия.

Основная задача службы технической эксплуатации – обеспечение работы техники с минимальными простоями.

Рассмотрим основные группы простоев.

1. *Простои машин в ожидании технического воздействия* вызваны в основном организационными причинами – отсутствием запчастей, недостаточным количеством оборудования, расстоянием между машиной и ремонтно-эксплуатационной базой, неэффективностью связи.

2. *Простои машин в ремонте и техническом обслуживании* зависят от числа технических воздействий, способа и трудоемкости устранения отказа, уровня организации ремонтных работ и количественного состава ремонтной бригады.

Число и объемы необходимых технических воздействий зависят от интенсивности возникновения отказов и от качества выполненных ранее воздействий. Современный уровень машиностроения позволяет создать машины с высоким уровнем надежности, однако при соответственно больших затратах на изготовление.

На практике используют два пути повышения надежности:

- совершенствование системы технической эксплуатации путем поддержания начального уровня надежности машин во время всего срока эксплуатации;
- повышение начального уровня надежности за счет повышения стоимости машин. Результаты повышения надежности оценивают суммарными удельными затратами на производство машин и на поддержание их в технически исправном состоянии.

Средние суммарные удельные затраты (рисунок 3.1, кривая 3) сначала уменьшаются до минимума при оптимальной наработке  $t_p$ , а затем возрастают. Это вызвано уменьшением удельных затрат на приобретение машины (рисунок 3.1, кривая 2) и увеличением удельных затрат на поддержание машины в работоспособном состоянии (рисунок 3.1, кривая 1).

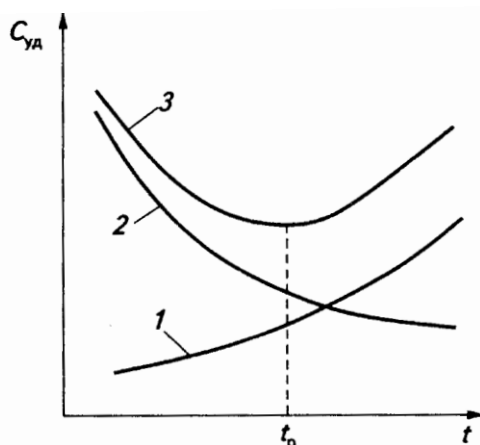


Рисунок 3.1 – Зависимость удельных затрат на приобретение машин и на поддержание их работоспособности от наработки

С увеличением наработки машин возрастают объемы работ по их ремонту и техническому обслуживанию. Необходимо постоянно контролировать техническое состояние сборочных единиц и с помощью комплекса мероприятий тех-

нического обслуживания снижать интенсивность изнашивания элементов машины. Существенную роль в этом играет диагностирование.

При увеличении периодичности обслуживания возрастают удельные затраты на устранение отказов, в то же время уменьшаются удельные затраты на проведение технических обслуживаний.

Сумма затрат позволяет определить оптимальную периодичность проведения технического обслуживания.

Работы по *техническому обслуживанию* и ремонту выполняют с определенной периодичностью, причем ряд работ связан с применением диагностических средств. Нормативная документация предусматривает выполнение *ежедневного* технического обслуживания, *планового* и *сезонного* технических обслуживаний и выполнение плановых, текущих или капитальных работ.

Все работы, входящие в состав технических обслуживаний, разделены на моечные, крепежные, контрольно-регулирующие, заправочные и смазочные. Большинство работ выполняют в обязательном порядке, за исключением крепежных и регулировочных, которые выполняют по потребности. Причем до 50% работ по техническому обслуживанию связаны с выявлением технического состояния машин и их регулировками, то есть диагностированием.

### 3.1.2 Задачи диагностики [1, 2]

Под *техническим состоянием* машин понимается совокупность их внутренних свойств, подверженных изменениям при производстве и эксплуатации, характеризующих соответствие или несоответствие качества машин требованиям, установленным эксплуатационно-технической документацией на данные машины.

*Первая задача* технического диагностирования – определение технического состояния, в результате чего состояние машин относят к одному из возможных технических состояний.

*Вторая задача* – поиск дефектов, нарушивших исправность и работоспособность машины или вызвавших неправильное ее функционирование.

*Третья задача* диагностирования – сбор исходных данных для прогнозирования остаточного ресурса или оценки вероятности безотказной работы машины в межконтрольный период.

В том случае, если есть возможность следить за необратимыми изменениями физико-механических свойств элементов машин, то прогнозирование отказов ведут инструментальными методами, если такой возможности нет, – то статистическими методами.

### 3.1.3 Диагностические параметры [1, 2]

Техническое состояние машин и их сборочных единиц проявляется в различных формах через множество признаков.

Признаки, характеризующие техническое состояние машин и имеющие количественное выражение, относят к *параметрам технического состояния*.

Параметры технического состояния подразделяются на:

- *структурные параметры*, характеризующие структуру машины, сборочной единицы или деталей и сопряжений (зазоры, натяги, несоосность, положения регулируемых элементов и т.д.).
- *функциональные параметры*, характеризующие функционирование машин в целом и их сборочных единиц (мощность, удельный расход энергии; давление жидкости в гидросистеме, продолжительность циклов или операций и т.д.).
- *сопутствующие параметры* процессов, сопровождающих работу машин или их сборочных единиц (параметры шума и вибраций, изменения температуры и т.п.).

Любой из параметров технического состояния, входящих в перечисленные виды, если его используют непосредственно для диагностирования, является диагностическим параметром. Кроме диагностических параметров в процессе диагностирования измеряют также параметры, необходимые для контроля и поддержания заданного *режима работы объекта* диагностирования. К таким параметрам, например, относят температуру рабочей жидкости в гидросистеме, давление и частоту вращения вала гидронасоса при определении его коэффициента подачи.

Основной причиной изменения технического состояния машин является изменение структурных параметров. Технические обслуживания (включающие регулировочные работы) и ремонты направлены на восстановление первоначальных значений структурных параметров сборочных единиц машин. Структурные параметры, используемые в качестве диагностических, называют также *прямыми параметрами*. Возможность их непосредственного измерения без разборки сборочных единиц, как правило, очень ограничена, поэтому на практике чаще всего используют *косвенные* диагностические *параметры* (функциональные и сопутствующие).

По степени локализации диагностические параметры делят на две группы: *обобщенные* и *частные*. Первые характеризуют общее состояние сборочных единиц и машин в целом; вторые – состояние отдельных элементов.

К числу обобщенных диагностических параметров относят мощность электродвигателя, полный КПД его привода, ток холостого хода и т.д.

К частным диагностическим параметрам относят амплитуды расхода мощности электродвигателя, скорость нарастания давления аксиально-поршневого насоса и т.д.

По характеру изменения в процессе диагностирования диагностические параметры можно разделить на *статические* и *динамические*. Первые характерны для диагностирования в установившемся режиме работы оборудования. Вторые характерны для диагностирования переходных процессов.

Выбор диагностических параметров производят разными способами. В качестве обобщенных диагностических параметров чаще всего используют параметры технического состояния сборочной единицы или машины в целом, значения которых регламентированы технической документацией на данный объект. Например, обобщенным диагностическим параметром насоса гидравличе-

ского привода может быть значение полного КПД или коэффициента подачи. Допустимые и предельные значения этих параметров приводятся в паспортах насосов.

При выборе из нескольких параметров учитывают информативность, а также сложность их измерения. В том же примере коэффициент подачи является показателем объемных потерь, а полный КПД учитывает не только объемные, но и механические потери. Но поскольку средства измерения коэффициента подачи в настоящее время разработаны более полно и учитывая, что величина механического КПД в процессе эксплуатации практически неизменна, в качестве параметра диагностирования можно принять коэффициент подачи.

### 3.1.4 Датчики и приборы, применяемые при диагностировании [1, 2]

**Датчики.** Большинство параметров, подлежащих измерению при диагностировании, являются неэлектрическими величинами, и только часть их, связанная с электрическим приводом и электрооборудованием машин, может быть непосредственно представлена электрическими сигналами.

К числу измеряемых при диагностировании неэлектрических величин относят линейные и угловые перемещения, скорости и ускорения, силы и крутящие моменты, давления, расходы жидкостей и газов, температуры, а также временные интервалы.

Измеряемые при диагностировании машин электрические величины включают в себя параметры электрических цепей (активные и реактивные сопротивления, емкости и индуктивности), а также напряжения, токи, их функциональные взаимозависимости и изменения в функции времени.

При измерении неэлектрических величин одной из наиболее важных задач является преобразование всех измеряемых параметров в унифицированные электрические сигналы. Эту функцию осуществляют датчики. Датчики механических величин, как правило, содержат в себе ряд преобразователей – это упругие чувствительные элементы, рычаги, редукторы, турбинки, кривошипно-шатунные механизмы и другие устройства, сигналы которых воздействуют на электрические первичные преобразователи, также входящие в состав датчиков. Электрические преобразователи механических величин и температуры делят на две группы *генераторные*, для которых выходной величиной является ЭДС или ток, и *параметрические* с выходной величиной в виде изменения сопротивления, емкости или индуктивности.

**Промежуточные преобразователи.** К числу промежуточных преобразователей в первую очередь относят электрические схемы, в которые включают датчики. Все датчики с параметрическими первичными преобразователями включают в специальные измерительные схемы (потенциометрические, мостовые, автогенераторные), которые осуществляют преобразование изменений параметров первичного преобразователя в изменения параметров сигнала на выходе схемы. Первичные генераторные преобразователи некоторых типов (например, тахогенераторы) и преобразователи электрических величин (шунты,

трансформаторы тока и напряжения) соединяют непосредственно без промежуточного преобразования с приборами.

Большинство первичных преобразователей отличаются низким уровнем выходных сигналов. С целью повышения уровня сигнала до величины, достаточной для нормального функционирования прибора, применяют масштабные промежуточные преобразователи-усилители.

Промежуточные преобразователи также применяют в средствах технического диагностирования машин – для формирования сигналов по амплитуде и форме, а также селекции по частоте и фазе. Для этого используют аналоговые и частотные пороговые устройства, дифференцирующие и интегрирующие цепи, частотные фильтры и фазовые селекторы.

**Приборы.** К приборам относят все средства измерений, предназначенные для получения информации об измеряемой величине, в форме, удобной для восприятия наблюдателем. Приборы по способам снятия отсчета делят на приборы с *визуальным отсчетом* и *региструющими*. Первые по типу индикации можно разделить на приборы с отсчетом по шкале (шкальные), с цифровым отсчетом (цифровые) и со знаковым представлением информации (компьютеры). Региструющие приборы в свою очередь делят на приборы с открытой формой записи информации (самописцы), осциллографы, цифропечатающие устройства и приборы со скрытой формой записи информации (магнитографы, перфораторы).



## 4 РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ

### 4.1 СИСТЕМА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА (ППР) ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### 4.1.1 Виды работ по техническому обслуживанию и ремонту [1, 2]

*Система планово-предупредительного ремонта (ППР)* предусматривает проведение профилактических осмотров и плановых ремонтов после отработки каждой машиной заданного количества часов. В период между осмотрами оборудование поддерживают в рабочем состоянии путем проведения мероприятий по техническому обслуживанию. ППР основного технологического оборудования предусматривает выполнение следующих работ по техническому обслуживанию и ремонту: межремонтное обслуживание, профилактические осмотры, текущий, средний и капитальный ремонт.

*Техническим обслуживанием оборудования* называют этап эксплуатации, включающий организационные и технические мероприятия, направленные на поддержание надежности и готовности используемого или хранящегося оборудования. В техническое обслуживание входят работы по непосредственному обеспечению работоспособности оборудования (профилактика, текущий ремонт, контрольные мероприятия), а также конкретные мероприятия технической подготовки к работе (регулирование, заправка, экипировка, смазка) и другие работы, большую часть которых выполняют без снятия и разборки отдельных узлов и агрегатов.

*Ремонтом* называют совокупность организационных и технических мероприятий, осуществляемых для восстановления исправности и работоспособности машины. Ремонт подразделяется на *текущий, средний и капитальный*.

*Межремонтное обслуживание* – это звено системы ППР, целью которого является предотвращение случайных поломок деталей машин, их преждевременного износа и обеспечение нормальных условий работы машин. Межремонтное обслуживание выполняют рабочие, обслуживающие машины, и дежурный персонал ремонтной службы цеха во время перерывов в работе без нарушения процесса производства.

В работы по межремонтному обслуживанию входят очистка, промывка, протирка машины; проверка работы привода; состояния пускателей, заземления, передач, ограждений; состояния машины, механизмов управления, систем смазки, охлаждения, подогревания; наличия и состояния доступных для осмотра крепежных деталей, шпоночных соединений, уплотнений, крышек, упорных колец, стопорных винтов; устранение мелких дефектов и неполадок в работе машины, выявленных в течение рабочей смены или при приеме и сдаче смены.

Контроль за выполнением мероприятий по межремонтному обслуживанию возлагается на начальников цехов, мастеров и механиков.

*Профилактический осмотр* – это мероприятие, целью которого является обеспечение бесперебойности работы машины (агрегата) от одного планового ремонта до следующего. Осмотр проводят для определения состояния машин,

устранения мелких неисправностей, наладки и регулировки оборудования, выявления объема работ, подлежащих выполнению при очередном плановом ремонте.

Профилактический осмотр осуществляет ремонтный персонал с привлечением рабочих, обслуживающих данное оборудование. Периодичность проведения осмотров соответствует утвержденному графику, а время приходится на нерабочие смены и дни.

Во время проведения профилактического осмотра предусматривают проверку технического состояния изнашивающихся деталей и узлов; замену деталей, которые не могут проработать до очередного планового ремонта; ремонт систем смазки, охлаждения, подогрева; контроль за состоянием привода, крепежных деталей, зубчатых передач, подшипников, сальниковых уплотнений, электрооборудования; уточнение объема и сроков очередного планового ремонта.

За своевременность и качество проведения осмотра отвечают главный механик и начальник цеха.

По результатам осмотров уточняют годовой план ремонта оборудования и дефектную ведомость машины.

*Текущий ремонт* призван обеспечить нормальную эксплуатацию машины до очередного планового ремонта. Во время текущего ремонта заменяют или восстанавливают изношенные детали и производят регулировку механизмов. Текущий ремонт осуществляют при минимальном количестве разборочно-сборочных работ и производят на месте установки оборудования силами ремонтного персонала.

В состав работ по текущему ремонту входят частичная разборка машин; поддетальная разборка наиболее изношенных и загрязненных узлов; промывка и чистка этих узлов; осмотр и чистка остальных узлов; проверка зазоров между валиками и втулками; замена изношенных втулок; регулировка или замена изношенных подшипников; замена износившихся зубчатых колес; замена изношенных деталей, неспособных выдержать нагрузку до следующего планового ремонта; ремонт системы смазки, охлаждения и подогрева; замена старой смазки; ремонт электрической аппаратуры; выявление деталей, требующих замены при ближайшем среднем или капитальном ремонте. Главный механик руководит текущим ремонтом и отвечает за качество и своевременность проведения ремонтных работ. Объем работ проведенного текущего ремонта заносят в дело машины, а соответствующие выводы и наблюдения, сделанные по ходу выполнения ремонтных работ, – в дефектную ведомость машины.

*Средний ремонт* включает в себя частичную разборку машины; капитальный ремонт отдельных узлов; замену и восстановление основных изношенных деталей; сборку, регулировку и испытание под нагрузкой. Разборка при среднем ремонте должна обеспечивать ремонт всех узлов, за исключением базовых и корпусных. Средний ремонт производят на месте установки оборудования силами ремонтного персонала.

В состав работ по среднему ремонту входят разборка машин; промывка и протирка деталей; тщательная проверка деталей и узлов машины; уточнение

предварительно составленной дефектной ведомости; ремонт отдельных узлов и деталей или замена их новыми; заливка и шабровка подшипников; смена изношенных валов и осей; проточка шеек валов; замена червячных пар; производство ремонтных работ, указанных в содержании текущего ремонта; окраска и шпаклевка наружных поверхностей машин; сборка и регулировка машины; проверка соответствия мощности и производительности техническим условиям.

Руководит средним ремонтом главный механик, он же отвечает за своевременность и качество ремонта. Данные о проведенном среднем ремонте заносят в дело машины.

*Капитальный ремонт* включает в себя полную разборку машины при необходимости со снятием с фундамента; замену всех изношенных деталей и узлов; ремонт базовых и корпусных деталей и узлов; сборку, регулировку и испытание машины под нагрузкой. Одновременно с капитальным ремонтом возможна модернизация машины.

Капитальный ремонт производят как непосредственно на месте установки машины, так и в ремонтно-механическом цехе. Капитальный ремонт может осуществляться как силами ремонтного персонала предприятия, так и силами других организаций. Капитальный ремонт включает полную поддетальную разборку всех узлов машины; замену или ремонт всех износившихся узлов и деталей; полную замену всех крепежных деталей, регулирующих и установочных винтов; ремонт фундаментов, опор, каркасов, трубопроводов; выверку положения станины; центровку и балансировку узлов и деталей машины; испытание машины на холостом ходу и под производственной нагрузкой.

За своевременность и качество капитального ремонта отвечает главный механик предприятия. В результате капитального ремонта все параметры машины восстанавливаются до первоначального состояния.

#### **4.1.2 Структура и продолжительность ремонтных циклов, межремонтных и межсмотровых периодов [1, 2]**

*Ремонтным циклом* называется период работы машины между двумя капитальными ремонтами или период работы от начала ввода ее в эксплуатацию до первого капитального ремонта.

*Межремонтный период* – это период работы оборудования между двумя очередными плановыми ремонтами.

*Межсмотровый период* – период работы оборудования между двумя плановыми осмотрами.

*Структура ремонтного цикла* – это перечень проведения ремонтов и осмотров в ремонтном цикле, который зависит от конструктивных особенностей машины.

Продолжительность ремонтного цикла и межремонтных периодов рассчитывают на основании данных о сроках износа сменных деталей и эффективного фонда времени работы оборудования.

Эффективный фонд времени работы оборудования в год с учетом простоя его в ремонте при работе в одну смену составляет 2000 ч, при работе в две смены - 4000 ч, при работе в три смены – 6000 ч.

Сроки износа сменных деталей устанавливают, исходя из опыта эксплуатации оборудования или на основе теории надежности и долговечности. При определении сроков износа по данным эксплуатации за основу берут фактически отработанное машиной время либо количество переработанного сырья.

При разработке структуры ремонтного цикла сменные детали разбивают по группам в зависимости от сроков износа и с учетом доступности каждой из них при ремонте. Для определения продолжительности ремонтного цикла срок службы (в ч) группы наиболее редко сменяемых деталей, округленный до целого числа лет, делят на эффективный фонд рабочего времени (месячный) и результат округляют до целого числа.

Продолжительность периодов округляют таким образом, чтобы получить равномерные отрезки времени в структуре ремонтного цикла.

### **4.1.3 Категории сложности ремонта, трудоемкость ремонтных работ [1, 2]**

Сложность ремонта и его особенности оценивают величиной, которая называется категорией сложности ремонта. Она зависит от конструктивных и технологических характеристик оборудования. Чем сложнее машина и выше ее технические характеристики, тем выше категория сложности ремонта.

$$R = \frac{t_{кр}}{T_p}, \quad (4.1)$$

где  $R$  – категория сложности ремонта машины;

$t_{кр}$  – трудоемкость капитального ремонта машины, чел.-ч;

$T_p$  – трудоемкость капитального ремонта одной условной ремонтной единицы, чел.-ч ( $T_p = 35$  чел.-ч).

Введение условной ремонтной единицы облегчает планирование и учет ремонтных работ, расчет штатной численности ремонтного и дежурного персонала.

Основанием для определения трудоемкости капитального ремонта служит стенограмма рабочего времени по всем операциям технологического процесса капитального ремонта и операционные нормы времени на слесарные, станочные и другие работы.

### **4.1.4 Расчет потребности в рабочей силе [1, 2]**

Необходимое количество дежурных слесарей для межремонтного обслуживания отдельно по цехам и видам оборудования рассчитывают по формуле:

$$Ч_{.мо} = \frac{\sum R}{D}, \quad (4.2)$$

где  $Ч_{мо}$  – количество явочных рабочих, необходимое для обеспечения межремонтного обслуживания в смену;

$\sum R$  – сумма ремонтных единиц обслуживаемого оборудования;

$D$  – нормы межремонтного обслуживания в условных ремонтных единицах на одного рабочего в смену.

Нормы межремонтного обслуживания ( $D$ ) принимаются:

1. При обслуживании автоматических линий и агрегатов, оборудование с категорией сложности ремонта  $R > 5$ ,  $D = 300$ .

2. Оборудование с категорией сложности ремонта  $R \leq 5$ ,  $D = 500$ .

Потребное количество рабочих для выполнения плановых ремонтов и осмотров определяют на основании годового плана ремонта оборудования по формуле:

$$Ч_p = \frac{(T_{pk} \cdot \sum R_k + T_{pc} \cdot \sum R_c + T_{pm} \cdot \sum R_m + T_{po} \cdot \sum R_o) \cdot K_n}{\Phi}, \quad (4.3)$$

где  $Ч_p$  – необходимое среднегодовое количество явочных рабочих;

$T_{pk}$ ,  $T_{pc}$ ,  $T_{pm}$ ,  $T_{po}$  – нормы трудоемкости на одну ремонтную единицу соответственно для капитального, среднего, текущего ремонта и осмотра, чел.-ч;

$\sum R_k$ ,  $\sum R_c$ ,  $\sum R_m$ ,  $\sum R_o$  – суммарное годовое количество ремонтных единиц соответственно при капитальном, среднем, текущем ремонте и осмотре;

$K_n$  – коэффициент выполнения норм времени предыдущего года;

$\Phi$  – эффективный годовой фонд времени рабочего, ч.

#### 4.1.5 Простой оборудования в работе [2]

Продолжительность простоя оборудования в ремонте зависит от вида ремонта, категории сложности ремонта, количественного и качественного состава ремонтной бригады, технологии ремонта и организационно-технических условий выполнения работ.

Простой оборудования при ремонте исчисляют с момента остановки на ремонт до момента приемки его из ремонта по акту. Продолжительность ремонта оборудования рассчитывают по формуле:

$$A = \frac{T_p \cdot R \cdot K_n}{B \cdot T_c \cdot C}, \quad (4.4)$$

где  $A$  – продолжительность ремонта оборудования, смен;

$T_p$  – норма трудоемкости на ремонт одной условной единицы, чел.-ч;

$R$  – категория сложности ремонта;

$K_n$  – коэффициент выполнения норм времени;

$B$  – количество рабочих, работающих в одну смену;

$T_c$  – продолжительность смены, ч;

$C$  – количество смен при ремонте данного агрегата.

При нормальных условиях проведения ремонтных работ обычно пользуются укрупненными средними нормами простоя оборудования, приводящимися в справочниках.

#### **4.1.6 Планирование ремонтных работ [2]**

Система планово-предупредительного ремонта предусматривает обязательное планирование всех видов работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

Планы ремонта и технического обслуживания оборудования составляют на месяц и на год. В планах отражают наиболее полное и эффективное использование основных фондов предприятия. Выполнение плана ремонтных работ также обязательно, как и выполнение плана выпуска основной продукции.

Объем ремонтных работ определяют в зависимости от фактического состояния оборудования на основе нормативных материалов. Перед составлением годового плана инженер службы ППР заполняет дефектную ведомость на каждую машину. Дефектная ведомость – первичный документ, по которому определяют срок проведения, вид и объем ближайшего ремонта данной машины. Дефектную ведомость составляют в двух экземплярах: один из которых хранится в службе ППР, другой – в том цехе, где установлена машина. На основании дефектной ведомости и личного дела машины отдел главного механика предприятия совместно с механиком цеха на каждую единицу оборудования составляют годовой план ремонтных работ.

На основании утвержденного годового плана ремонтных работ на каждую машину составляют уточненный месячный план. Этим обеспечивают равномерную загрузку ремонтного персонала.

Для уменьшения простоев оборудования ремонтные работы стараются планировать таким образом, чтобы они не совпадали с основным производственным временем работы оборудования (нерабочее время, выходные дни и т.д.).

#### **4.1.7 Организация производства ремонтных работ [2]**

Рациональная организация планово-предупредительного ремонта включает в себя: организационную и техническую подготовки ремонтных работ, обязательное планирование всех видов ремонтных работ, применение прогрессивной технологии ремонта, своевременную подготовку технической документации, запас необходимых сменных деталей и запасных частей, запас ремонтных, механизацию слесарно-сборочных и такелажных работ, максимальное количество смен работы ремонтного персонала, применение прогрессивных форм ремонта – централизованного и узлового.

*Централизованный метод* предусматривает проведение всех видов ремонтных работ (осмотр, текущий, средний и капитальный ремонты), а в некоторых случаях и межремонтное обслуживание силами и средствами ремонтно-механического цеха предприятия.

*Смешанный метод* предусматривает проведение межремонтного обслуживания, осмотров, текущего ремонта силами ремонтного персонала и рабочих производственного цеха, а средний и капитальный ремонт выполняется силами ремонтно-механического цеха предприятия.

*Децентрализованный метод* предусматривает проведение всех видов ремонта и технического обслуживания силами ремонтного персонала цеха.

При производстве ремонтных работ используются следующие методы технологии ремонта: индивидуальный, узловой, последовательно – узловой, агрегатный.

*Индивидуальный метод* проведения ремонта заключается в том, что детали и узлы после снятия с машины ремонтируют и затем вновь устанавливают на эту же машину, за исключением тех деталей и узлов, вместо которых устанавливают новые. Этот метод имеет следующие недостатки: повышенный простой оборудования при ремонте, большая себестоимость ремонта, ограниченная возможность механизации ремонтных работ, требуется высокая квалификация ремонтных рабочих. Индивидуальный метод обычно применяется при наличии на предприятии единичных экземпляров данной модели оборудования.

*Узловой метод* предусматривает замену требующих ремонта узлов машины на заранее отремонтированные, либо приобретенные, либо изготовленные узлы. Снятые узлы ремонтируют, отлаживают, а затем хранят, как запасные. Этот метод чаще всего применяют при ремонте однотипного оборудования, имеющегося на предприятии в больших количествах. Узловой метод имеет следующие преимущества: небольшой срок простоя оборудования во время ремонта, возможность проведения ремонта во время технологических остановок или выходных дней.

*Последовательно-узловой метод* предусматривает ремонт и замену узлов машины по отдельности в разное время в зависимости от срока их службы. Метод чаще всего применяют при ремонте оборудования, имеющего конструктивно обособленные узлы.

*Агрегатный метод* предусматривает замену машины целиком на другую машину такой же модели. Агрегатный метод рекомендуется применять на крупных предприятиях при капитальном ремонте малогабаритного оборудования, которое не требует больших затрат при монтаже и демонтаже. Этот метод имеет следующие преимущества: минимальный срок простоев, возможность высокой механизации ремонтных работ и небольшая стоимость ремонтных работ.

## **4.2 ИЗНОС И НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **4.2.1 Износ оборудования [1, 2]**

Работа машин и их узлов связана с относительным перемещением сопряженных поверхностей деталей и их трением. Вследствие трения возникает износ.

*Износом* называется процесс постепенного изменения размеров деталей и заключается в отделении с поверхностей трения материала и (или) в его остаточной деформации.

Явление сопротивления относительному перемещению, возникающее между двумя телами в зонах соприкосновения поверхностей, называется *внеш-*

ним трением. Различают три вида внешнего трения: *скольжение, качение и качение с проскальзыванием.*

В зависимости от условий смазки трение можно подразделить на:

- сухое трение (без смазки);
- граничное трение;
- жидкостное трение;
- смешанное трение.

*Сухое трение* происходит при движении двух соприкасающихся тел и отсутствии на поверхности трения смазочных материалов.

*Граничное трение* – это трение двух твердых тел при наличии на поверхности трения слоя жидкости, при этом слой жидкости не обладает объемными свойствами.

*Жидкостное трение* – это сопротивление относительно перемещению, возникающее между двумя телами, разделенными слоем жидкости, в котором проявляются ее объемные свойства.

Сопряженные детали работают в условиях установившегося режима трения. Износ деталей можно подразделить на три ярко выраженных участка (рисунок 4.1).

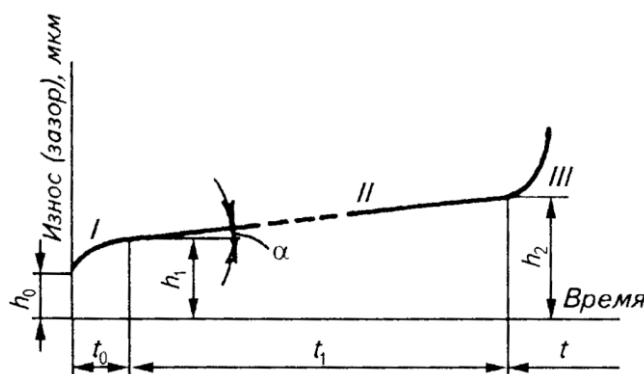


Рисунок 4.1 – Кривая износа пары трения в зависимости от продолжительности работы

Первый участок характеризует процесс приработки трущихся деталей.

Второй участок – нормальный износ поверхности в установившемся режиме.

Третий участок – участок аварийного износа, который характеризуется резким возрастанием интенсивности износа.

Срок службы сопряженных деталей можно выразить следующей зависимостью:

$$\tau = \frac{S_{\text{макс}} - S_{\text{нач}}}{tg \alpha}, \quad (4.5)$$

где  $\tau$  – межремонтный срок службы сопряжений, ч;

$S_{\text{макс}}$  – максимально допустимый зазор в сопряжении, мкм;

$S_{\text{нач}}$  – начальный зазор в сопряжении, мкм;

$tg \alpha$  – величина, характеризующая скорость износа.



Величина износа зависит от ряда факторов: вида смазки; вида трения (без смазки, граничного, жидкостного); рода трения (скольжение, качение, качение с проскальзыванием); вида и величины нагрузки (постоянная, знакопеременная и др.); контакта трущихся поверхностей (линия, точка, сфера и др.); вида движения (вращательного, возвратно-поступательного); скорости перемещения трущихся поверхностей; температуры, при которой работают сопряженные поверхности; вида материала (сталь, чугун, бронза и др.).

Износ деталей можно подразделить на:

1. *Механический износ* возникает в результате механических воздействий деталей друг на друга (трение, внедрение частиц, пластическая деформация и др.)

2. *Молекулярно-механический износ* возникает в результате одновременно механического и молекулярного воздействия.

3. *Коррозионно-механический износ* возникает в результате трения материала, вступившего во взаимодействие со средой.

Коррозионный износ возникает при высокой влажности и температуре и присутствии химически активных сред (водные растворы солей, кислот и щелочей). Коррозионный износ могут вызывать ПАВы, используемые в моющих жидкостях.

Коррозионный износ можно подразделить на:

- *химическую коррозию* – возникает под действием на металл газов или паров при высоких температурах или жидких неэлектролитов (спирт, керосин и др.);

- *электрохимическую (контактную) коррозию* – возникает под действием на металл жидких электролитов (дезинфицирующих и моющих растворов, солевых растворов), также электрохимическая коррозия может возникать при использовании в конструкции разнородных металлов;

- *микробиологическую коррозию* – возникает под действием на металл микроорганизмов.

## **4.3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ**

### **4.3.1 Разборочно-моечные работы [1, 2]**

Разборка оборудования и последующая очистка и мойка деталей от различных загрязнений являются подготовительными операциями к ремонтным работам. От качества этих работ зависит сохранность деталей и возможность их повторного использования.

Особенностями разборочных работ являются их низкая механизация, необходимость применения механизированного инструмента, обеспечивающего крутящий момент в 1,5-2 раза больший, чем момент, необходимый для закручивания этих соединений.

Для мойки деталей оборудования используют щелочные растворы и синтетические моющие средства.

Способы очистки и мойки можно подразделить на механические и физико-химические. К механическим относятся очистка механизированным или ручным инструментом (металлическими щетками, скребками), обдувка косточковой крошкой или металлической дробью, водоструйный способ мойки наружных поверхностей деталей и агрегатов. Недостатком механических способов является то, что с помощью них трудно бывает очистить внутренние поверхности узлов и деталей.

К физико-химическим способам относятся мойка погружением ремонтируемых объектов в ванны, струйная мойка и химико-термическая очистка.

Одно из наиболее перспективных направлений мойки – использование ультразвука для механической очистки.

Для очистки деталей оборудования от ржавчины часто используют пескоструйные и гидropескоструйные аппараты.

#### **4.3.2 Контроль и сортировка деталей [1, 2]**

После мойки и сушки детали контролируют и сортируют:

1. Детали, годные без восстановления.
2. Подлежащие восстановлению.
3. Негодные.

К годным без восстановления относятся детали, износ которых находится в допустимых пределах.

К деталям, годным к восстановлению, относят детали, износ которых выше установленных пределов, но стоимость восстановления значительно ниже стоимости новой детали.

Негодные детали – детали, восстановление которых невозможно либо экономически нецелесообразно.

Контрольные операции проводят визуально и при помощи измерительного и специального инструмента.

Наряду с контролем размеров и геометрической формы деталей проверяют наличие или отсутствие в них скрытых дефектов.

Скрытые дефекты можно контролировать различными методами: гидравлическим давлением (опрессовка), магнитной, люминесцентной и ультразвуковой дефектоскопией.

#### **4.3.3 Восстановление деталей способом ремонтных размеров и дополнительных деталей [1, 2]**

Сущность способа ремонтных размеров заключается в том, что посадку сопряжения восстанавливают, изменяя размеры детали. При этом механическим воздействием снимают наклепанный (изношенный) слой металла для придания правильной геометрической формы и соответствующей шероховатости. У валов уменьшают диаметр, а у отверстий увеличивают.

В ремонтном производстве применяют три вида ремонтных размеров: *стандартные, регламентированные и свободные.*

Регламентированные ремонтные размеры устанавливаются техническими условиями на ремонт. Особенность этой группы ремонтных размеров заключается в том, что основную деталь и входящую с ней в комплект сопряженную деталь обрабатывают под соответствующий регламентированный размер. Способ свободных ремонтных размеров применяют в мелкосерийном и индивидуальном производствах. При этом сопряженную деталь подгоняют к восстановленной детали.

Предельные размеры, до которых можно уменьшать диаметр валов и увеличивать отверстия, определяют исходя из необходимых норм прочности этих деталей.

Сущность метода дополнительной детали заключается в том, что на изношенную поверхность устанавливают (запрессовывают) специально изготовленную дополнительную деталь, изготовленную в виде втулки, кольца и т.п.

#### **4.3.4 Восстановление деталей пластической деформацией [1, 2]**

Метод ремонта деталей пластической деформацией основан на способности металлов изменять свою форму и размеры без разрушения под действием нагрузки за счет пластической деформации.

Пластическая деформация осуществляется несколькими способами:

1. *Осадка* – это увеличение наружного или уменьшение внутреннего диаметра детали за счет небольшого снижения высоты. Деформация детали не совпадает с направлением действия силы.

2. *Раздача* – увеличение размеров наружных рабочих поверхностей деталей, при котором направление действия сил совпадает с направлением деформации.

3. *Обжатие* – уменьшение размеров внутренних рабочих поверхностей деталей, при котором направление действия сил совпадает с направлением деформации.

4. *Рихтовка* – восстановление формы детали методом пластической деформации изогнутых и скрученных валов, осей и других деталей.

#### **4.3.5 Восстановление деталей сваркой, наплавкой и пайкой [1, 2]**

*Сваркой* называют процесс получения неразъемных соединений с помощью сплавления металлов на молекулярном уровне при местном или общем нагреве, при пластической деформации, при совместном действии того и другого.

Чаще всего распространены газовая сварка, электродуговая сварка, сварка в среде защитного газа, наплавка.

Зоной термического влияния называют участок основного металла, прилегающий к сварному или наплавленному шву. В зоне термического влияния из-

меняется структура металла и его механические свойства. Для электросварки зона термического влияния составляет 10-12 мм, а для газовой сварки 25-30 мм. Степень воздействия зоны термического влияния зависит от вида и состава металла. Для углеродистых и легированных сталей производство сварочных и наплавочных работ затруднено.

Для выполнения качественного сварного шва зачастую приходится использовать предварительный нагрев в зоне сварки и контролировать время охлаждения деталей.

*Пайкой* называют процесс, состоящий в том, что детали соединяют в нагретом состоянии с помощью других расплавленных металлов и сплавов, которые служат связующими веществами.

В отличие от сварки основной металл не доводят до расплавленного состояния. Температура плавения припоя всегда значительно ниже температуры плавления основного металла.

#### **4.3.6 Восстановление деталей металлизацией и электромеханическими методами [1, 2]**

*Металлизацией* называется процесс, в котором расплавленный металл под действием напора сжатого воздуха напыляется на поверхность детали. В зависимости от способа распыления металла металлизацию подразделяют на газовую, электродуговую, высокочастотную, плазменную и др. [1, стр. 278; 2, стр. 201].

#### **4.3.7 Восстановление деталей электролитическими покрытиями и химическим осаждением металлов [1, 2]**

Достаточно широко распространены методы ремонта с использованием электрохимической энергии. В качестве примера можно привести *хромирование, меднение, осталивание* или *железнение, никелирование* и т.д. Принцип гальванического наращивания заключается в том, что деталь помещают в качестве катода в электролит, содержащий соли металла, которым она покрывается. При прохождении постоянного тока через анод к катоду из электролита выделяется металл, который осаждается на поверхности детали.

*Хромирование* применяют для восстановления деталей, износ которых не превышает 0,2-0,3 мм, а также для защиты деталей от коррозии. Хром обладает высокой твердостью и износостойкостью. Вместе с тем хромирование имеет ряд недостатков: большая сложность подготовительных операций; длительность процесса; невозможность восстановления деталей, износ которых превышает 0,3 мм; низкий КПД процесса; плохая смачиваемость хромового слоя (плохо удерживает смазку).

При *меднении* анодом служит чистая медь. Меднение чаще всего применяют для наращивания рабочей поверхности подшипников качения, подшипников скольжения, посадочных мест валов, втулок и других деталей; восстанов-

ления поверхности винтовых и червячных передач; в качестве подслоя под хромирование и никелирование.

При *осталивании (железнении)* в качестве анода используют листовую сталь или железо. Осталивание чаще всего применяют для наращивания изношенной поверхности, восстановления посадочных мест и в качестве подслоя перед хромированием.

*Химическое осаждение* металлических покрытий представляет собой процесс восстановления ионов металла из растворов на поверхность деталей. Процесс протекает без воздействия электрического тока.

#### **4.3.8 Восстановление деталей полимерными материалами**

В ремонтном производстве применяют *терморезактивные* и *термопластичные* материалы.

Терморезактивные пластмассы после нагревания отверждаются и теряют свои пластические свойства, термопластичные пластмассы можно подвергать формовке и при вторичном нагреве (эпоксидные смолы – терморезактивные; фторопласты, полиамидные пластмассы и другие – термопластичные) [1, стр. 280; 2, стр. 203].

#### **4.3.9 Ремонт разъемных и неразъемных соединений [1, 2]**

**Резьбовые соединения.** В резьбовых соединениях наиболее часто встречаются следующие виды износа: износ резьбы при наличии частых колебаний; износ резьбы при частой сборке-разборке; смятие рабочих поверхностей резьбы под действием рабочих нагрузок или усилий затяжки; удлинение стержня болта с изменением шага резьбы под действием осевых рабочих нагрузок или усилий затяжки; износ граней болтов и гаек вследствие применения ключей несоответствующих размеров или превышения усилий; износ или смятие простых шайб и поломка или ослабление пружинных шайб.

Болты и гайки чаще всего не ремонтируют, а заменяют новыми.

Резьбовые отверстия в корпусных деталях чаще всего подвергают различным видам ремонта.

Изношенные отверстия под шпильки чаще всего рассверливают и нарезают резьбу большего диаметра либо устанавливают на их место резьбовые втулки.

На деталях сложной конфигурации наружную резьбу восстанавливают, стачивая старую резьбу на токарном станке с последующим напрессовыванием бандаж, на котором нарезают резьбу. Бандаж крепят с помощью электросварки или винта.

**Шпоночные соединения.** В шпоночных соединениях встречаются следующие виды износа: повреждение рабочих поверхностей, граней или головок; срез шпонок под действием сверхдопустимых крутящих моментов, смятие и

выкрашивание рабочих поверхностей шпоночных канавок; износ шпоночных канавок по длине в соединениях со скользящей шпонкой. Поврежденные шпонки чаще всего заменяют новыми.

Шпоночные канавки ремонтируют наплавкой металла либо расширением и углублением шпоночной канавки с изготовлением новой шпонки.

Расширяют и углубляют шпоночные канавки в том случае, когда износы достигают 0,1-0,15 мм. Шпоночные канавки расширяют на 15-20% первоначальной величины. При износе шпоночной канавки от 1 мм и больше ремонтируют наплавлением металла. Сильно изношенные шпоночные канавки заправляют полностью и нарезают заново на новом месте. Если после ремонта получаются шпоночные канавки отверстия и вала разного размера, в этом случае используют ступенчатые шпонки.

**Шлицевые соединения.** В шлицевых соединениях наиболее часто встречаются следующие виды износа: износ рабочих поверхностей шлицев от перемещения ступицы по валу в скользящих шлицевых соединениях; смятие рабочих поверхностей шлицев вследствие воздействия на них сверхдопустимых крутящих моментов; выкрашивание рабочих поверхностей шлицев под действием динамических нагрузок; поломка отдельных зубьев шлица.

Ремонт шлицевых соединений чаще всего заключается в наплавлении или напылении металла с последующей механической обработкой. Иногда шлицы ремонтируют путем раздачи.

В отверстиях шлицы восстанавливают строганием, долблением или протягиванием.

**Заклепочные соединения.** В заклепочных соединениях наиболее часто встречаются следующие виды износа: ослабление заклепок, погнутость стержней заклепки, срез головки, износ заклепочных отверстий.

Поврежденные отверстия чаще всего рассверливают и устанавливают заклепку большего диаметра. Поврежденные заклепки заменяют новыми.

**Сварные и паяные соединения.** Поврежденные сварные и паяные соединения исправляют подвариванием и пайкой. Перед этим старую сварку из дефектных мест удаляют зубилом или напильником с последующей заделкой граней свариваемых деталей, а припой со спаянных швов – шабером. Сварку и припой необходимо удалять на 10-15 мм дальше видимых трещин.

#### **4.3.10 Выбор рационального способа восстановления изношенных деталей**

Одну и ту же деталь можно восстановить различными способами. При выборе способа восстановления необходимо учитывать ряд факторов. Точно учесть все эти факторы очень трудно. Рекомендуют следующий порядок выбора рационального способа восстановления детали [1, стр. 307; 2, стр. 230].

Определяют возможные способы восстановления изношенной поверхности конкретной детали. Например, при восстановлении поверхности валов с малыми величинами износа (до 0,3 мм) нецелесообразно применять автоматическую наплавку под слоем флюса или электрошлаковую наплавку, а следует

использовать методы электроимпульсного наращивания или железнения. Поверхности цилиндрической формы деталей, работающих в различных условиях, можно восстановить способами, приведенными ниже.

После выбора способа подробно разрабатывают технологию восстановления детали и определяют затраты на восстановление по каждому технологическому процессу. Затраты на изготовление детали рассчитывают по формуле:

$$C_{И} = C_{О} + Z_{Н} + C_{М} + H_{Р}, \quad (4.6)$$

где  $C_{И}$  – затраты на изготовление детали;  $C_{О}$  – остаточная стоимость восстанавливаемой детали, руб.;  $Z_{Н}$  – зарплата с начислениями, руб.;  $C_{М}$  – затраты на ремонтные материалы, руб.;  $H_{Р}$  – накладные расходы, руб. (принимаются в процентном отношении к заработной плате).

Таблица 4.1

Способы восстановления цилиндрических поверхностей деталей

Вид сопряжения поверхности детали	Метод восстановления
Неподвижные сопряжения (износ 0,05-0,3 мм)	Электроимпульсное наращивание, электромеханическая обработка, плазменное напыление, осталивание, вибродуговая наплавка, импульсная приварка проволоки, ленты
Подвижные сопряжения (износ 0,3-2 мм)	Вибродуговая наплавка, плазменное напыление, электроконтактное спекание металлических порошков, гальванические покрытия, наплавка под слоем флюса и в газовых защитных средах
Детали, работающие в абразивной среде (износ более 1 мм)	Высокопроизводительные способы наплавки под слоем флюса и в газовых защитных средах, электрошлаковая наплавка, двухэлектродная вибродуговая наплавка, заливка расплавлением металла

При выборе способа восстановления кроме сравнения затрат учитывают коэффициент ресурсности детали после восстановления каждым из способов по сравнению с ресурсом новой детали.

$$K_{Р} = K_{В} / K_{Н}, \quad (4.7)$$

где  $K_{Р}$  – коэффициент ресурсности;  $K_{В}$  – ресурс восстанавливаемой детали;  $K_{Н}$  – ресурс новой детали.

Условие экономической целесообразности восстановления изношенных деталей будет иметь следующий вид:

$$C_{В} / K_{Р} \leq C_{Н}, \quad (4.8)$$

где  $C_{В}$  – затраты на восстановление детали, руб.;  $C_{Н}$  – цена новой детали, руб.

Коэффициент ресурсности деталей, восстановленных различными способами, определяют статистическими и исследовательскими методами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Илюхин В.В., Тамбовцев И.М., Бурлев М.Я. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 500 с.
2. Илюхин В.В., Тамбовцев И.М. Монтаж, наладка, диагностика и ремонт оборудования предприятий мясной промышленности. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 456 с.
3. Красов Б.В. Ремонт и монтаж оборудования предприятий молочной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 240 с.



Гриценко Вячеслав Владимирович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ДИАГНОСТИКА, РЕМОНТ, МОНТАЖ,  
СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ»

Учебно-методическое пособие для студентов  
дневной и заочной форм обучения специальности  
260601.65 «Машины и аппараты пищевых производств»

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 29.04.13. Формат 60x84 /16.  
Усл. печ. л. 6,94. Тираж 30 экз. Заказ 13 1165. Рег. №17.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института  
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.